

# Del “Arte de marear” a la navegación astronómica: Técnicas e instrumentos de navegación en la España de la Edad Moderna

Francisco José GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Real Instituto y Observatorio de la Armada

*“En dos puntos, como sabéis, consiste la ciencia de navegar, que son el conocimiento de la latitud, y el de la longitud, en cada punto del globo en donde se halle la nave”.*

(Antonio de Ulloa, 1795)

## RESUMEN

Las aportaciones españolas a la náutica en la Edad Moderna estuvieron directamente relacionadas con la evolución política y económica del estado moderno organizado por los Reyes Católicos. La etapa de expansión de los grandes descubrimientos coincidió con la redacción de los grandes tratados del arte de navegar que vieron la luz en el siglo XVI y con el perfeccionamiento de los métodos e instrumentos diseñados en la última parte de la Edad Media. Más adelante, la profunda crisis española del siglo XVII también se dejaría sentir en todo lo relacionado con la navegación, en un período en el que España quedaría aislada de la evolución política y científica registrada en el resto de Europa. Por último, el Siglo de las Luces, caracterizado por el impulso económico y por la política de control marítimo auspiciada por la nueva dinastía borbónica, registraría un aumento de las aportaciones españolas a la navegación, especialmente en el último tercio de la centuria.

**Palabras clave:** España-Navegación-Siglos XVI-XVIII / Navegación astronómica / Instrumentos náuticos / Tratados de navegación

## ABSTRACT

Spain's seamanship innovations in the Modern Era bore a direct relationship to the political and economic development of the modern state by the Catholic Monarchs. The expansion stage of the great discoveries coincided with the writing of the great 16th century treatises on the art of navigation and also with the continual honing of the methods and instruments designed in the last part of the Middle Ages. In the seventeenth century navigation suffered along with everything else as Spain slumped into a deep crisis, losing touch with the mainstream political and scientific developments elsewhere in Europe. Lastly came the upturn in the Century of Enlightenment, characterised by economic buoyancy and the maritime control policy brought in by the new Bourbon dynasty; this led to another burst of Spanish contributions to navigation science, especially in the last third of the century.

**Keywords:** Spain-Navigation-16th-17th / Celestial navigation / nautical instruments / navigation treatises.

## LA NAVEGACION OCEANICA EN LA BAJA EDAD MEDIA

### *Las aportaciones de los marinos portugueses*

El océano Atlántico y el mar Mediterráneo constituyen dos áreas marítimas bastante diferentes, sobre todo en lo que se refiere a sus características geográficas, hidrográficas y meteorológicas. Como consecuencia, a finales de la Edad Media, se habían desarrollado en estas dos zonas diferentes métodos de navegación y distintas fórmulas de construcción naval. Las características de la navegación oceánica, propia de las costas atlánticas del norte de Europa, donde la plataforma continental ocupa una amplia superficie, permitieron a los marinos de esta vertiente costera utilizar barcos de vela, navegar sin cartas náuticas y determinar el rumbo con ayuda de sondas y del conocimiento de las mareas. Por el contrario, en el mar Mediterráneo, donde los barcos utilizados, galeras y galeazas, se caracterizaron por disponer de propulsión a remos, los métodos de navegación, basados en el uso de derroteros y portulanos, y en el empleo de la aguja imantada (brújula), fueron tradicionalmente más avanzados<sup>1</sup>.

La síntesis entre ambas vertientes se llevaría a cabo en el Portugal del siglo XV que, por su situación al sur de la Europa atlántica, pudo llevar a cabo importantes avances tanto en la construcción de barcos como en el perfeccionamiento de los métodos de navegación. Por un lado, la tradición oceánica permitió a sus navegantes impulsar el uso de la carabela, una nave que terminaría siendo imprescindible para el éxito de las navegaciones de larga duración. Por otro lado, la cercanía del estrecho de Gibraltar colocó a los portugueses en una situación inmejorable para el contacto con las mejoras técnicas adoptadas por los navegantes del Mediterráneo durante la última parte de la Edad Media.

En los últimos años de la Edad Media, y coincidiendo con el nuevo ambiente científico que anunciaba la llegada del Renacimiento, se hizo habitual en Europa la publicación de una serie de tablas y almanaques cuya elaboración estaba dirigida especialmente a los usos astrológicos y de calendario. Sin embargo, no debemos olvidar que también tenían una cierta utilidad en una ciencia en auge como la astronomía, y en las aplicaciones náuticas de ésta, que cada vez eran más frecuentes<sup>2</sup>.

Los marinos lusitanos fueron pioneros en el estudio de cursos elementales de astronomía, además de ser los promotores de una importante simplificación de los instrumentos náuticos y de las tablas de declinación solar. La adaptación de unas tablas de declinación solar por Abraham Zacut, y la redacción de unos manuscritos con instrucciones para navegar conocidos con el nombre de “*regimentos*”, dotaron a los barcos portugueses, que se aventuraban a realizar viajes de exploración, de los conocimientos científicos básicos para poder extraer algunos resultados fiables de

---

<sup>1</sup> Sobre los orígenes bajomedievales de la navegación astronómica puede consultarse la obra de J. L. COMELLAS, *El cielo de Colón: Técnicas navales y astronómicas en el viaje del Descubrimiento*. Madrid, 1991.

<sup>2</sup> Las tablas astronómicas más usadas por los navegantes en los siglos XV y XVI fueron las de Alfonso X el Sabio (tablas alfonsíes), que fueron impresas por primera vez en 1483. Sobre las numerosas ediciones de estas tablas, véase J. VERNET: *Historia de la ciencia española*. Madrid, 1975.

las observaciones llevadas a cabo con cuadrantes, ballestillas y astrolabios simplificados<sup>3</sup>. De esta forma, pusieron a disposición del resto de los navegantes unos conocimientos astronómicos que hasta entonces habían sido materia exclusiva de un pequeño número de estudiosos. Gracias a ellos, la navegación mediante la observación de los astros fue adoptada en Occidente. A partir de entonces, los progresos en las técnicas náuticas fueron constantes, debido sobre todo a los más frecuentes contactos entre los astrónomos y los navegantes.

TABVLA veri motus Solis & Lunae in vna hora. 155

Lineae		Signa cōia		o		i		z	
numeri		Motus	Motus	Motus	Motus	Motus	Motus	Motus	Motus
commu-		) )		) )		) )		) )	
nes		Minuse		Minuse		Minuse		Minuse	
G	G	m̄	z̄	m̄	z̄	m̄	z̄	m̄	z̄
1	19	1 13	30 18	1 14	30 17	1 15	31 17	1 16	31 17
2	18	1 13	30 18	1 14	30 18	1 15	31 18	1 16	31 18
3	17	1 13	30 18	1 14	30 19	1 15	31 19	1 16	31 19
4	16	1 13	30 19	1 14	30 20	1 15	31 20	1 16	31 20
5	15	1 13	30 19	1 14	30 21	1 15	31 21	1 16	31 21
6	14	1 13	30 19	1 14	30 22	1 15	31 22	1 16	31 22
7	13	1 13	30 19	1 14	30 23	1 15	31 23	1 16	31 23
8	12	1 13	30 20	1 14	30 24	1 15	31 24	1 16	31 24
9	11	1 13	30 20	1 14	30 25	1 15	31 25	1 16	31 25
10	10	1 13	30 20	1 14	30 26	1 15	31 26	1 16	31 26
11	9	1 13	30 21	1 14	30 27	1 15	31 27	1 16	31 27
12	8	1 13	30 21	1 14	30 28	1 15	31 28	1 16	31 28
13	7	1 13	30 22	1 14	30 29	1 15	31 29	1 16	31 29
14	6	1 13	30 22	1 14	30 30	1 15	31 30	1 16	31 30
15	5	1 13	30 23	1 14	30 31	1 15	31 31	1 16	31 31
16	4	1 13	30 23	1 14	30 32	1 15	31 32	1 16	31 32
17	3	1 13	30 24	1 14	30 33	1 15	31 33	1 16	31 33
18	2	1 13	30 24	1 14	30 34	1 15	31 34	1 16	31 34
19	1	1 13	30 25	1 14	30 35	1 15	31 35	1 16	31 35
20	0	1 13	30 25	1 14	30 35	1 15	31 35	1 16	31 35
21	9	1 13	30 26	1 14	30 36	1 15	31 36	1 16	31 36
22	8	1 13	30 27	1 14	30 37	1 15	31 37	1 16	31 37
23	7	1 13	30 27	1 14	30 38	1 15	31 38	1 16	31 38
24	6	1 13	30 28	1 14	30 39	1 15	31 39	1 16	31 39
25	5	1 13	30 29	1 14	30 40	1 15	31 40	1 16	31 40
26	4	1 13	30 30	1 14	30 41	1 15	31 41	1 16	31 41
27	3	1 13	30 31	1 14	30 42	1 15	31 42	1 16	31 42
28	2	1 13	30 32	1 14	30 43	1 15	31 43	1 16	31 43
29	1	1 13	30 33	1 14	30 44	1 15	31 44	1 16	31 44
30	0	1 13	30 34	1 14	30 45	1 15	31 45	1 16	31 45

Additio                      Additio                      Additio  
11                                      10                                      9

Página de las *Astronomicae tabulae* de Alfonso X el Sabio (París, 1545).

La navegación en alta mar con un cierto grado de seguridad exigía poder determinar la posición geográfica de la nave con suficiente exactitud. Para ello hacía falta calcular las dos coordenadas que determinan dicha posición (longitud y latitud). El problema de la determinación de la longitud en alta mar tardaría en encontrar una solución práctica, pues los métodos ideados para ello en el siglo XVI (traslado de la hora y observación de las distancias lunares) exigirían unas mejoras en las técnicas astronómicas e instrumentales que no se desarrollaron hasta bien entrado el siglo XVIII.

<sup>3</sup> Abraham Zacut enseñó matemáticas y astrología en Salamanca y Zaragoza. Su obra más conocida, el *Almanach perpetuum*, fue impresa por primera vez en 1496 en la ciudad portuguesa de Leiria, donde se había refugiado tras la expulsión de los judíos decretada en 1492 por los Reyes Católicos. Sobre la vida y la obra de este personaje pueden encontrarse más datos en J. M. LÓPEZ PIÑERO (et al.): *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Barcelona, 1983.

La situación fue totalmente distinta en el caso de la determinación de la latitud. Teniendo en cuenta que el valor de la latitud de un lugar viene dado por la altura del polo celeste sobre el horizonte de ese lugar, astrónomos y navegantes se ejercitaban en su cálculo mediante la observación de las estrellas conocidas más cercanas al polo celeste: la estrella Polar en el hemisferio norte y la Cruz del Sur en el hemisferio sur. No obstante, estas observaciones sólo podían ser realizadas durante la noche, de ahí que también se hiciera necesaria la utilización del método que obtenía el valor de la latitud mediante la medición de la altura meridiana del Sol.

Como consecuencia, el método astronómico de navegación introducido por los portugueses a lo largo del siglo XV, se basaba esencialmente en el cálculo de la latitud en alta mar mediante la observación de la diferencia de alturas. Para ello, el navegante debía observar la estrella Polar, el Sol y algunas otras estrellas. El sistema utilizado consistía en observar con un cuadrante la altura de la estrella Polar en una determinada posición en la esfera celeste, o bien la altura de una estrella a su paso por el meridiano, antes de del inicio de la travesía. Durante el viaje, se volvía a tomar la altura de la misma estrella en idénticas circunstancias, y con ello se conseguía conocer la variación en grados de dicha altura entre los dos lugares de observación. Obtenido este valor y transformado en leguas, se podía saber la distancia que se había avanzado hacia el Sur o hacia el Norte. También podía ser utilizado el Sol, tomando su altura meridiana cada día y comparando el resultado de la observación con las alturas reflejadas en un juego de tablas especialmente calculadas para dar las alturas del Sol a su paso por el meridiano de los diferentes puertos a lo largo de todo un año<sup>4</sup>.

### *Los instrumentos de los navegantes en los siglos XV, XVI y XVII*

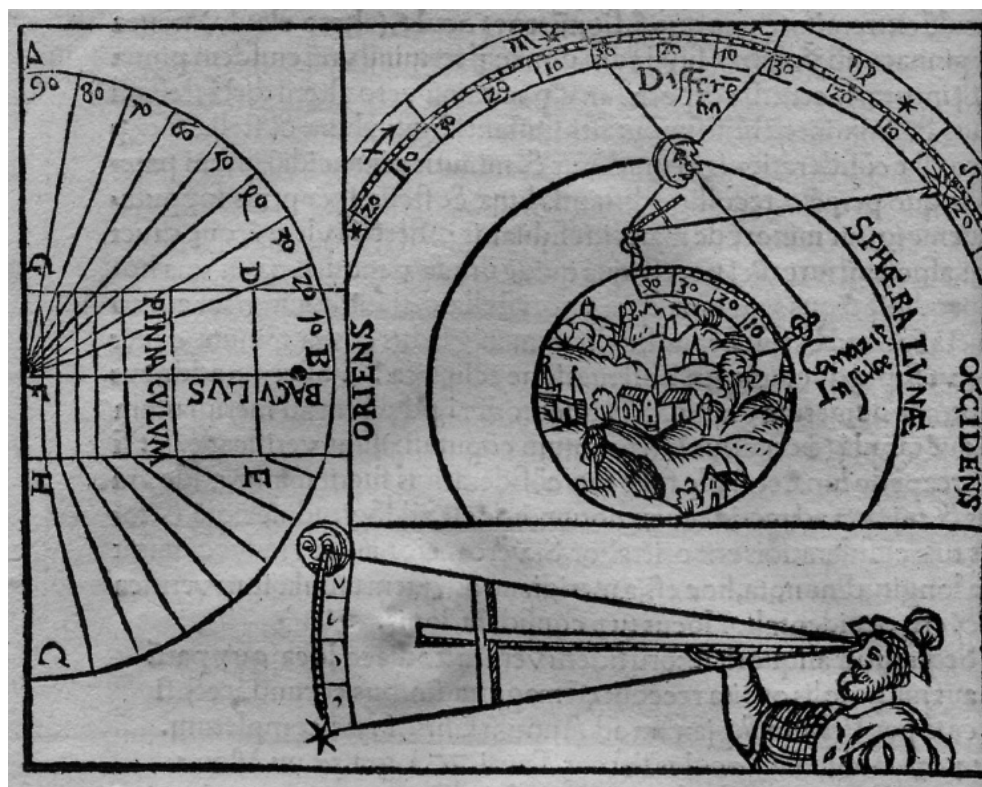
El desarrollo de la náutica en los reinos peninsulares estuvo relacionado directamente con el proceso de expansión territorial, iniciado durante el siglo XV por portugueses y castellanos. Este proceso, que estuvo jalonado inicialmente por hechos tan significativos como la ocupación del archipiélago canario por Castilla (1402), la conquista de Ceuta por Portugal (1415), la exploración portuguesa de las costas africanas situadas al sur del cabo Bojador o la utilización de la ruta de regreso desde el golfo de Guinea por alta mar (1475), coincidió con la extensión de los conocimientos necesarios para navegar mediante métodos basados en la astronomía. Fue entonces cuando las monarquías peninsulares promocionaron la organización de grandes expediciones navales de descubrimiento y exploración, cuyo principal objetivo era el de establecer un contacto marítimo entre Europa y el Lejano Oriente. Así, mientras los portugueses intentaban conseguir este objetivo navegando alrededor de las costas de África, los castellanos apoyaron el intento de abrir una ruta, la del Oeste, más desconocida y difícil. De esta forma, Cristóbal Colón descubriría un nuevo mundo, Vasco de Gama llegaría a la India rodeando África por el Sur y

---

<sup>4</sup> Véase F. J. GONZÁLEZ: *Astronomía y navegación en España. Siglos XVI-XVIII*. Madrid, 1992.

Magallanes iniciaría la proeza, terminada por Elcano, de circunnavegar por primera vez el planeta<sup>5</sup>.

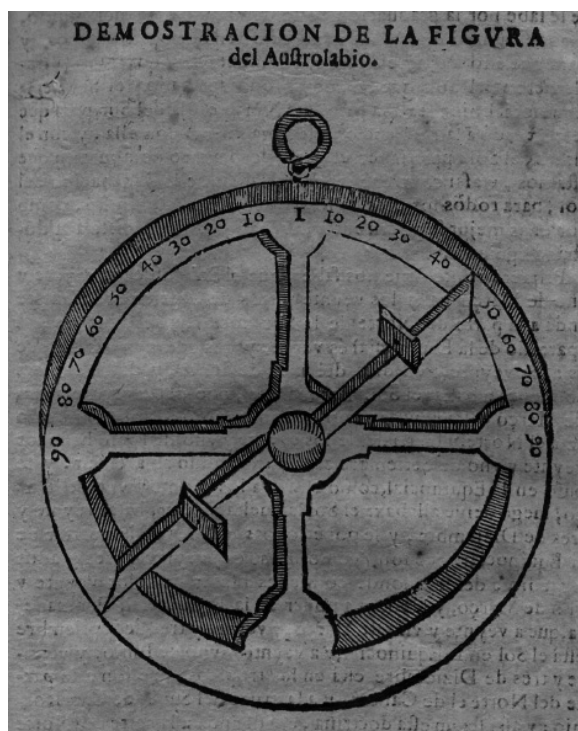
En la época a la que nos referimos, los navegantes comenzaron a aplicar en sus singladuras unos conocimientos científicos básicos y a utilizar algunos instrumentos todavía muy simples. Sin embargo, con tan poca cosa, y fundamentándose en la utilización de la brújula y de las cartas marinas, los navegantes de la Península Ibérica pudieron recorrer en sus naves todo el planeta. La introducción de las observaciones astronómicas en las nuevas técnicas de navegación vino acompañada por el perfeccionamiento de algunos instrumentos astronómicos ya conocidos en la época medieval y el diseño de nuevos aparatos preparados para su utilización en alta mar, como la ballestilla, el astrolabio náutico, los cuadrantes o la corredera.



Uso de la ballestilla según el *Cosmographicus liber* de Pedro Apiano (Amberes, 1534).

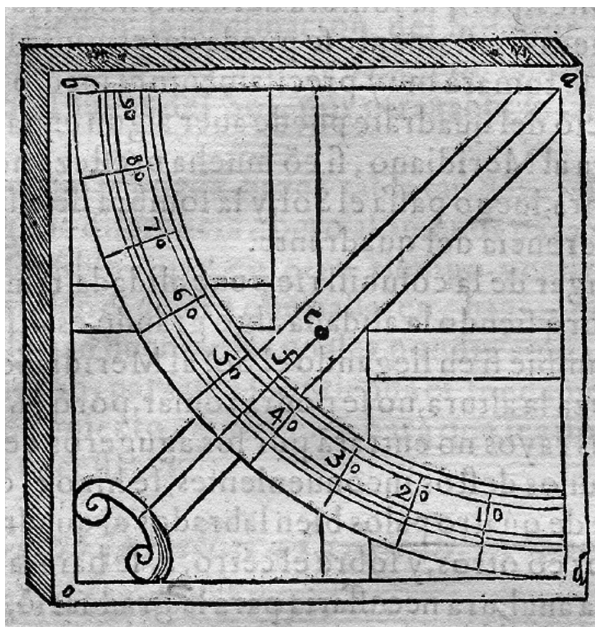
<sup>5</sup> Las primeras navegaciones oceánicas impulsadas desde la Península Ibérica está descritas por G. CÉSPEDES DEL CASTILLO: *América Hispana (1492-1898)*. Barcelona, 1988.

La ballestilla fue un instrumento bastante simple, utilizado en los barcos a partir de la primera mitad del siglo XVI para observar la altura de los astros sobre el horizonte. Este aparato estaba formado, esencialmente, por dos partes. La primera de ellas era una regla de madera con sección cuadrada y con una escala grabada. La segunda pieza era una tabla rectangular que, mediante un orificio en el centro del tamaño de la sección de la regla, se deslizaba por ésta de forma perpendicular. El sistema empleado para la observación con la ballestilla era muy simple. Acercando el ojo al extremo de la regla con la escala, se iba moviendo la otra pieza hasta hacer coincidir el horizonte con el borde inferior y el astro elegido con el borde superior. La simplicidad del procedimiento, y la del propio instrumento, traía como consecuencia una escasa precisión en la lectura de la escala grabada en la regla. Por otro lado, la dificultad de que un observador pudiese conseguir una línea de enfilación perfecta en observaciones realizadas en la mar, daba lugar a importantes errores en la determinación de la latitud, algo que, a su vez, incidía en una tremenda imprecisión a la hora de calcular la posición geográfica de la nave<sup>6</sup>.



Astrolabio náutico según la *Imagen del mundo sobre la esfera* de Lorenzo Ferrer (Alcalá, 1616).

<sup>6</sup> Tanto la ballestilla como el astrolabio náutico y los cuadrantes están descritos con detalle en la obra de S. GARCÍA FRANCOS: *Historia del arte y ciencia de navegar*. Madrid, 1947.



Cuadrante según el *Regimiento de navegación* de Andrés García de Céspedes (Madrid, 1606).

El astrolabio náutico consistía en un disco de cobre o latón que se colgaba de una anilla para mantener así la verticalidad. En una de sus caras, llevaba trazados dos diámetros perpendiculares que dividían el círculo en cuatro partes iguales. Los cuadrantes superiores, situados entre el diámetro horizontal (línea del horizonte) y el vertical (línea del cenit), estaban divididos de 0 a 90°. Una alidada, montada sobre un pivote que atravesaba el centro del astrolabio, permitía hallar la altura de los astros visándolos directamente, en el caso de las estrellas, o por la línea de sombra si se trataba del Sol.

De la misma forma que el astrolabio, los cuadrantes fueron utilizados por los astrónomos de la Edad Media para obtener las alturas de los astros sobre el horizonte, con la intención de determinar la latitud del lugar de observación. Esencialmente, los cuadrantes consistían en la cuarta parte de un círculo dividida en 90°. Mediante unas pínulas, situadas en el radio del círculo que terminaba en el extremo donde estaban marcados los 90°, se observaba el astro elegido, cuya altura sobre el horizonte se obtenía mediante una plomada fijada al vértice del cuadrante, que señalaba un lugar en la graduación del instrumento. No obstante, con esta configuración resultaba imposible su utilización en el mar, cuyas oscilaciones hacían verdaderamente difícil mantener la verticalidad del hilo de la plomada. Los primeros intentos por adoptar este instrumento a los usos náuticos vinieron dados por la sustitución de la plomada por una barra metálica, utilizada como índice en la graduación. Sin embargo, a pesar de su mayor resistencia a las oscilaciones de la nave, seguía resultando bastante complicado mantener la verticalidad del instrumento durante la observación. A finales del siglo XVI, el inglés John Davis diseñaría una nueva

versión de este instrumento, el cuadrante de Davis, también llamado cuadrante doble o cuadrante inglés, cuyo fácil manejo y escaso peso motivaron una rápida aceptación del mismo por los marinos. Se trataba de un instrumento con dos sectores circulares, uno de 60° y otro de 30°, montados a partir de un centro común.

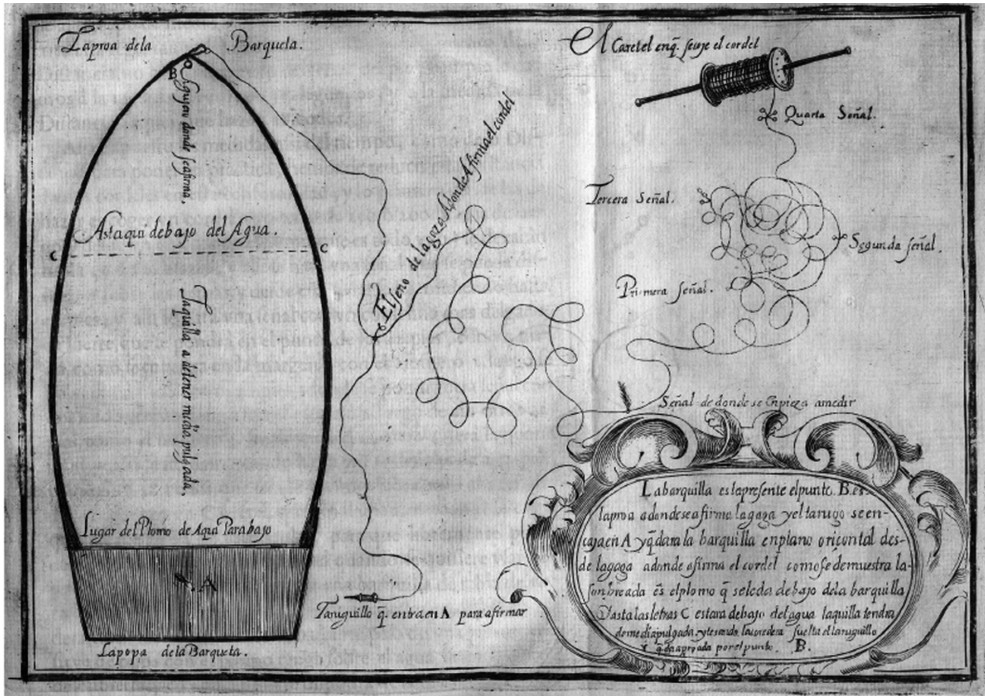
Tanto los métodos como los instrumentos que acabamos de describir resultaban muy útiles en las navegaciones portuguesas dirigidas a la exploración de las costas África, es decir, en las travesías con dirección Norte-Sur. Sin embargo, no eran de gran ayuda en la determinación de la longitud, coordenada ésta muy necesaria en los viajes de larga duración hacia el Oeste. Así pues, mientras no se pudo disponer de un método fiable para determinar la longitud de la posición de la nave, y eso no ocurriría hasta bien entrado el siglo XVIII, la única posibilidad de establecer la situación de un buque en una carta de marear vino dada por el método de la estima de la velocidad de la navegación en un rumbo determinado, de la cual se intentaba extraer la distancia recorrida desde el punto de partida. Durante los siglos XV y XVI, la mayor parte de los pilotos estimaban la velocidad de la nave mediante un cálculo mental basado en su experiencia y en una serie de factores como el conocimiento de los vientos y de las corrientes o el efecto en la velocidad de la carga transportada por el buque. La corredera de barquilla, cuya primera descripción data de 1577, fue el primer instrumento utilizado para calcular la velocidad del buque. La corredera consistía en una tabla de madera atada a un cordel que se arrojaba desde la popa del barco. El cordel llevaba una serie de nudos situados a intervalos iguales que servían para estimar la distancia recorrida por la nave en un determinado lapso de tiempo, que era medido mediante una ampolleta o reloj de arena. Normalmente, cada nudo salido del barco en medio minuto correspondía a una milla por hora<sup>7</sup>.

No podemos terminar este breve repaso a los instrumentos de navegación sin hacer mención al empleo de la brújula y de las cartas náuticas en las navegaciones oceánicas. El uso de la brújula, conocida desde algún tiempo antes en el mar Mediterráneo, pasó a los marinos del Sur de la Península y se sumó, como ya hemos visto, al empleo de barcos de tradición atlántica que facilitaban el viaje en un mar mucho más agitado que el Mediterráneo. De su forma tradicional, compuesta por una aguja de hierro imantada que flotaba en una vasija con líquido mediante un soporte, la brújula pasó a convertirse en una aguja con eje de giro, colocada sobre una rosa de los vientos en la que iban marcados los rumbos usados por los navegantes<sup>8</sup>. También fue importada del Mediterráneo, sobre todo de Mallorca, la costumbre de utilizar cartas o portulanos. La elaboración de cartografía fue una actividad que registró un gran desarrollo durante la Baja Edad Media, período en el que se puede constatar un enorme interés de la Corona de Aragón por la dotación de cartas náuticas a los barcos, llegándose a establecer la obligatoriedad de que todas las galeras pertenecientes a dicho reino contasen al menos con dos de ellas antes de partir a cualquier travesía.

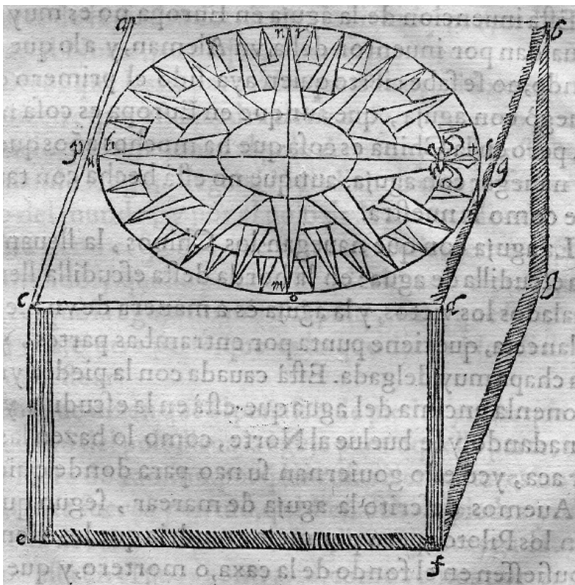
---

<sup>7</sup> Véase F. J. GONZÁLEZ: *Astronomía y navegación en España. Siglos XVI-XVIII*. Madrid, 1992, pp. 63-64.

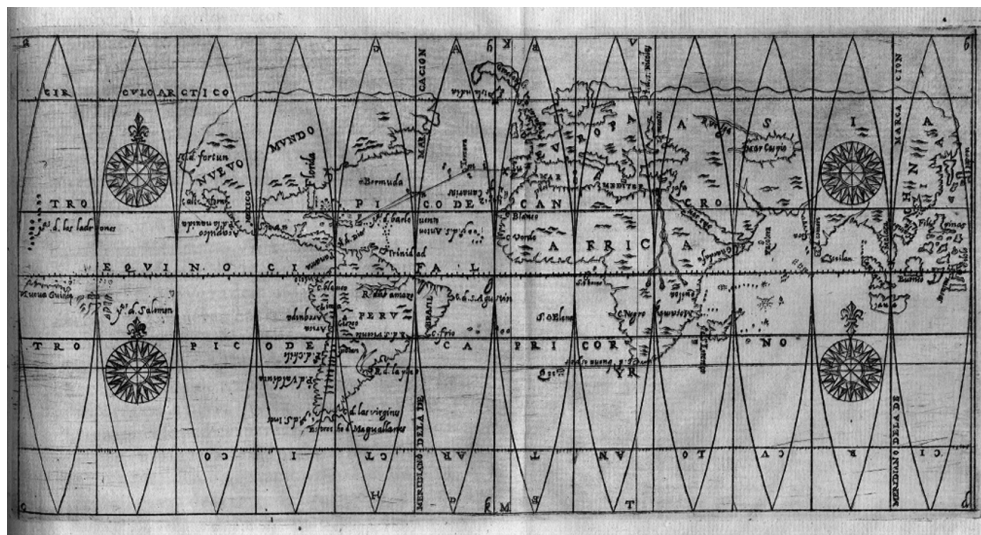




Corredera de barquilla según el Norte de la navegación de Antonio de Gaztañeta (Sevilla, 1692).



Aguja náutica según el Regimiento de navegación de Andrés García de Céspedes (Madrid, 1606).



Mapamundi inserto en el *Regimiento de navegación* de Andrés García de Céspedes (Madrid, 1606).

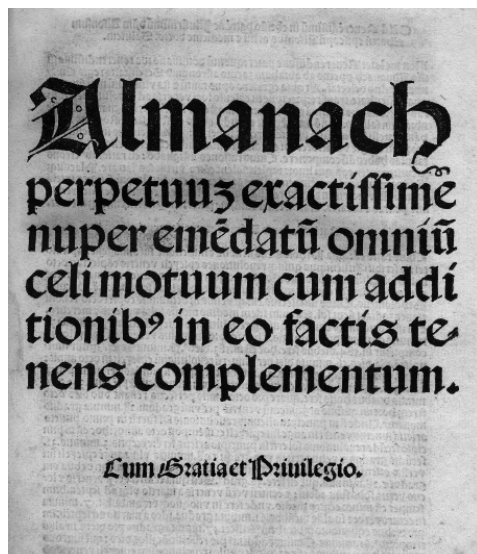
## EL ARTE DE NAVEGAR EN LA ESPAÑA DE LOS SIGLOS XVI Y XVII

### *La época de los grandes tratados de navegación*

El descubrimiento de América por Cristóbal Colón trajo como consecuencia directa un importante aumento de la participación de los españoles en el desarrollo de las técnicas de navegación. Colón y sus acompañantes conocieron los avances aportados a la náutica por los portugueses y aprovecharon, igual que éstos, las ventajas que la situación geográfica de la Península Ibérica ofrecía, sobre todo en lo que se refiere a la unificación de las tradiciones marineras atlánticas y mediterráneas. En su viaje, además de utilizar la carabela, el barco más avanzado del que se disponía para la navegación por el Atlántico, Colón usó el astrolabio náutico, empleó las tablas de declinación solar elaboradas por Zacut y llegó a dibujar cartas de los territorios descubiertos. Así pues, en la etapa de los grandes descubrimientos, el aumento de las navegaciones en alta mar, que comenzó a generalizarse debido a la necesidad de mantener unas comunicaciones fluidas y constantes con los nuevos territorios descubiertos, provocó un rápido desarrollo de nuevas técnicas, convirtiendo al siglo XVI en el punto de partida de lo que conocemos como náutica moderna<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> El uso de la brújula por los navegantes fue estudiado por J. M. MARTÍNEZ HIDALGO: *Historia y leyenda de la aguja náutica*. Barcelona, 1946.

<sup>9</sup> Para conocer con detalle las aportaciones españolas a la navegación durante el siglo XVI es imprescindible la obra de J. M. LÓPEZ PIÑERO: *El arte de navegar en la España del Renacimiento*. Barcelona, 1986.



Portada del *Almanach perpetuum* de Abraham Zacut (Venecia, 1502).

El descubrimiento de América y la regularización de las comunicaciones por mar entre la Península Ibérica y los nuevos territorios de la Corona de Castilla dieron lugar a una acusada crisis en los puertos de la cornisa cantábrica y de la Corona de Aragón. Los puertos cantábricos de Santander, Castro Urdiales, Laredo y Bilbao habían sido, desde el siglo XIV, el punto de partida y de llegada de las comunicaciones marítimas castellanas con el norte de Europa, especialmente con el puerto de Amberes. En el mar Mediterráneo, catalanes, valencianos y mallorquines, también sufrieron una profunda crisis durante el siglo XVI a causa de la monopolización de las transacciones comerciales por Sevilla, aunque continuaron manteniendo sus tradicionales relaciones comerciales con los puertos italianos y franceses, y los habituales contactos con la Europa del Norte a través del estrecho de Gibraltar y de la marina cántabra.

Estos dos ejes marítimos de tradición medieval tenían su confluencia en los puertos andaluces, donde se producía el intercambio de las mercancías procedentes de los países mediterráneos con las del norte de Europa. Gracias al establecimiento de la ruta de navegación hacia las Indias Occidentales, Sevilla, la desembocadura del río Guadalquivir y la bahía de Cádiz se convirtieron, además, en el terminal castellano del tráfico marítimo y comercial con América. Esta nueva ruta de navegación quedaría establecida como tal a partir del segundo viaje de Cristóbal Colón. La derrota seguida en aquella ocasión entre Cádiz e Isabela (al norte de la isla Española), situada un poco más al Sur que la del primer viaje, estuvo vigente durante los dos siglos siguientes para las flotas mercantes y las armadas de guarda que hacían el viaje al nuevo mundo. Durante ese período, sólo se llevaron a cabo algunas modificaciones de carácter esporádico, con objeto de mantener el secreto del viaje o como consecuencia de unas adversas condiciones meteorológicas.

El control de las comunicaciones castellanas con los nuevos territorios descubiertos fue centralizado por los Reyes Católicos en la Casa de la Contratación de las Indias Occidentales, creada en Sevilla en 1503. Desde entonces, esta institución sería el centro administrativo del entramado mercantil, encargado de organizar el tráfico marítimo hacia las Indias y de proporcionar apoyo técnico a los navegantes que realizaban el viaje. Castilla seguía de esta forma los pasos de los portugueses que, unos años antes, habían fundado en Lagos (Algarve) la Casa da Guiné, trasladada en 1482 a Lisboa con el nombre de Casa de Mina e da India. Esta institución portuguesa tenía la misión de fiscalizar la salida y llegada de los buques que viajaban hacia Oriente siguiendo la ruta que rodeaba al continente africano.

Las razones para la elección de Sevilla como sede de la Casa de la Contratación habría que buscarlas, sobre todo, en su calidad de puerto fluvial inexpugnable y en el hecho de ser tierra de realengo, donde el poder de la monarquía no tropezaba con las limitaciones impuestas por la nobleza en los puertos costeros sometidos a su señorío. La Casa de la Contratación fue un establecimiento de carácter mercantil, dedicado a tareas como el registro de las transacciones comerciales con América, el control de los pasajeros, el nombramiento de los escribanos de las naves y de los mandos de las flotas e, incluso, la actuación como tribunal de justicia. Pero, además de sus funciones administrativas y económicas, la Casa de la Contratación añadió a sus cometidos una serie de misiones directamente relacionadas con la náutica. El primero de los cargos técnicos de la institución sevillana fue el de piloto mayor, creado en 1508 para examinar a los pilotos y supervisar los instrumentos que debían ser usados en las travesías. Pocos años después, en 1523, aparecería un nuevo cargo, el de cosmógrafo mayor, que liberaría al anterior de todos los asuntos relacionados con las cartas de marear y los instrumentos náuticos. Gracias a ello, Sevilla se convirtió, a lo largo del siglo XVI, en uno de los principales focos de la ciencia aplicada en la España del Renacimiento, debido a la concentración de los mejores especialistas en navegación de la Europa de la época<sup>10</sup>.

Las grandes navegaciones transoceánicas trajeron consigo importantes cambios en los aspectos técnicos del arte de navegar. La necesidad de largos períodos de navegación en alta mar exigió mejoras en los métodos para fijar la posición de los buques y para llevar a cabo las nuevas derrotas de una forma segura. Estos cambios afectaron también a la formación del personal que debía realizar dichas navegaciones, pues la preparación científica y matemática de marinos y pilotos dejaba mucho que desear en la Europa de comienzos de la Edad Moderna, situación que se mantendría hasta bien entrado el siglo XVIII. La Casa de la Contratación, exigía a los pilotos que pretendiesen viajar a las Indias una especie de programa de estudios basado en conocimientos básicos de geografía (la esfera), de las observaciones para determinar la altura del Sol sobre el horizonte, del uso y construcción de cartas de marear, y de instrumentos náuticos como el astrolabio, la ballestilla, el cuadrante o la aguja de marear.

---

<sup>10</sup> Sobre las funciones técnicas de la Casa de la Contratación y sus cargos científicos, puede consultarse la obra de J. PULIDO RUBIO: *El Piloto Mayor de la Casa de la Contratación de Sevilla*. Sevilla, 1950.

Como consecuencia, el siglo XVI trajo consigo un importante auge de los libros de navegación, sobre todo en los ambientes náuticos sevillanos. Estos pilotos fueron los destinatarios de los primeros tratados de navegación, que fueron redactados en la mayor parte de las ocasiones como verdaderos libros de texto, en los que sus autores pretendían reunir de la forma más clara posible los conocimientos requeridos para emprender una travesía del océano. Ello daría lugar a un esquema de presentación que se repite en muchos de estos libros. Comenzaban estos tratados, casi siempre, con una introducción cosmográfica, o tratado de la esfera, que seguía fielmente el sistema geocéntrico ptolemaico y la cosmología tradicional de origen aristotélico<sup>11</sup>. Después, incluían el regimiento de navegación propiamente dicho, con la descripción de las técnicas de navegación y del uso de los instrumentos náuticos. Por último, muchos de estos libros, insertaban un derrotero de la navegación a las Indias e instrucciones prácticas sobre mareas, corrientes y otros conocimientos considerados necesarios para los navegantes.

En la sucesión de ediciones de tratados de navegación en la España del XVI se puede observar dos períodos bastante bien diferenciados. Durante la primera mitad del siglo XVI, coincidiendo con la época de los grandes descubrimientos y con el desarrollo de la navegación a través del Atlántico, España se colocó a la vanguardia de las técnicas de navegación. Esta primera época se inició con la publicación de la *Suma de geographía que trata de todas las partidas del Mundo, en especial de las Indias. Y trata largamente del arte de marear* (Sevilla, 1519), escrita por Martín Fernández de Enciso, famoso por aportar una detallada descripción de las costas americanas conocidas hasta entonces. A esta primera obra de náutica impresa le siguieron el *Tratado del sphaera y del arte de marear* de Francisco Faleiro (Sevilla, 1535), portugués que trabajó en Sevilla como cosmógrafo al servicio de la Casa de la Contratación, y el *Espejo de navegantes* de Alonso de Chaves, que circuló por Sevilla hacia 1537 en forma de manuscrito. A mediados de la centuria, este tipo de estudios alcanzarían su máximo desarrollo en España y su mayor difusión en el resto de Europa. En el corto período de tiempo de seis años, tuvo lugar la impresión de las dos obras de navegación más importantes del siglo XVI. Nos referimos, al *Arte de navegar* de Pedro de Medina (Valladolid, 1545) y al *Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar* de Martín Cortés de Albacar (Sevilla, 1551). La primera de estas obras es el resultado de la recopilación de los conocimientos adquiridos por Pedro de Medina gracias a su cargo de cosmógrafo en Sevilla, mientras que el tratado de Martín Cortés reúne los conocimientos de su autor, que no era navegante ni llegó a ocupar ningún cargo en la Casa de la Contratación, sobre la técnica de la navegación mediante la observación de las estrellas.

El libro de Martín Cortés fue publicado en 1551, en la imprenta sevillana de Antonio Álvarez, bajo el título de *Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar, con nuevos instrumentos y reglas, exemplificado con muy subtiles demonstraciones*.

---

<sup>11</sup> La cosmografía reflejada en los textos de navegación de la época solía ser una versión del sistema geocéntrico ptolemaico y de la filosofía natural aristotélica presentados en el *Tratado de la esfera* de Juanes de Sacrobosco (siglo XIII).



Portada del *Regimiento de navegación* de Andrés García de Céspedes (Madrid, 1606).

No obstante, la lectura del texto demuestra que fue terminado en 1545, al mismo tiempo que el otro gran tratadista de navegación del siglo XVI, Pedro de Medina, imprimía en Valladolid su *Arte de navegar*. Ello puede explicar que el autor ignorase la publicación del libro de Pedro de Medina y presentase su trabajo como el primer tratado de náutica escrito en España. Según los especialistas que han estudiado y comparado estas dos obras, el *Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar* de Martín Cortés se caracteriza por una exposición más clara y estructurada, además de tratar con más detalle y detenimiento determinados asuntos como los instrumentos o las cartas de marear. Mientras que el *Arte de navegar* de Pedro de Medina fue el tratado de navegación preferido en Francia y otros países de la Europa continental, el de Martín Cortés alcanzó su mayor prestigio y difusión entre los marinos ingleses<sup>12</sup>.

Durante la segunda mitad del siglo XVI, una vez alcanzado el punto de mayor influencia española en los estudios náuticos, dio inicio una crisis que se iría notan-

<sup>12</sup> Véase F. J. GONZÁLEZ: “Martín Cortés de Albacar, Cádiz y el “Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar” (1551)”, en *Gades* (Cádiz), nº 22 (1997), pp. 311-325.

do paulatinamente, sobre todo a lo largo de la siguiente centuria. El nivel de las obras de Medina y Cortés no pudo ser superado por los trabajos publicados a partir de entonces. No obstante, todavía podríamos citar importantes contribuciones españolas a la navegación publicadas en ese período, como el *Libro de las longitudes* de Alonso de Santa Cruz (manuscrito, 1567), el *Itinerario de la navegación de los mares y tierras occidentales* de Juan Escalante de Mendoza (manuscrito, 1575), el *Compendio de la arte de navegar* de Rodrigo de Zamorano (Sevilla, 1582), la *Hydrografía* de Andrés de Poza (Bilbao, 1585), la *Instrucción náutica para el buen uso y regimiento de las naos* (México, 1587) de Diego García de Palacio, el *Arte de la verdadera navegación* de Pedro de Syria (Valencia, 1602) y el *Regimiento de navegación* de Andrés García de Céspedes (Madrid, 1606), con el que se cierra el ciclo, iniciado a principios del siglo anterior, de los grandes tratados de navegación relacionados con la Casa de la Contratación de Sevilla<sup>13</sup>.

### *La crisis del siglo XVII en la náutica española*

A lo largo del siglo XVIII, mientras la astronomía registraba importantísimos progresos, las técnicas de navegación no consiguieron realizar avances importantes respecto a lo que ya se conocía desde épocas anteriores. La latitud era determinada, como ya hemos visto, mediante la observación de las alturas del Sol y de la estrella Polar. La determinación de la longitud en la mar seguía sin tener un método más preciso que el de la navegación a la estima.

La náutica es, posiblemente, la única de las técnicas relacionada con la vertiente matemática, física y astronómica de las ciencias que puede acogerse sin demasiados problemas a la periodificación establecida por algunos autores para el desarrollo del movimiento renovador de la ciencia española en el siglo XVII<sup>14</sup>. Gracias a ello podemos distinguir tres fases bien diferenciadas en su evolución de la náutica a lo largo de dicha centuria.

En primer lugar, podemos apreciar un tercio inicial de siglo en el que continúa la vigencia de las grandes obras hechas por los españoles en el Renacimiento. Incluso a nivel europeo se siguen utilizando, a menudo, las traducciones de las obras de Pedro de Medina y Martín Cortés. Más adelante, se desarrollaron unos años centrales en los que la rica tradición anterior desapareció bruscamente y los estudios náuticos entraron en una profunda crisis, desapareciendo hasta de la Casa de Contratación de Sevilla, institución clave, como hemos visto, en el desarrollo de la cosmografía y de la náutica durante el siglo XVI. Se puede afirmar, pues, que la navegación fue uno de los aspectos que más rápidamente comenzó a resentirse de la profunda crisis de la España del XVII. La organización de una fuerza naval que pudiese participar con eficacia en los numerosos conflictos bélicos de la época y cuidar de los extensos dominios españoles se convirtió entonces en una tarea bastante complicada. La

---

<sup>13</sup> Véase el catálogo de la exposición *Obras españolas de náutica relacionadas con la Casa de la Contratación de Sevilla*. Museo Naval. Madrid. Diciembre 1992 - Enero 1993. Barcelona, 1992.

<sup>14</sup> Véase F. J. GONZÁLEZ: *Astronomía y navegación en España. Siglos XVI-XVIII*. Madrid, 1992.

falta de hombres, tanto pilotos y capitanes como marineros, se notó más pronto en los barcos que en otros lugares. Ya había pasado la época de los grandes entusiasmos descubridores y la vida en la mar aún seguía caracterizada por su dureza, sus grandes riesgos y sus dificultades. No obstante, a pesar de la crisis, el resto de Europa seguía basando sus conocimientos sobre navegación en los avances aportados a esta técnica por los españoles y los portugueses. En Inglaterra seguía siendo utilizado con asiduidad el tratado de Martín Cortés, mientras que en Francia continuaba editándose el *Arte de navegar* de Pedro de Medina, obra preferida de los navegantes galos.

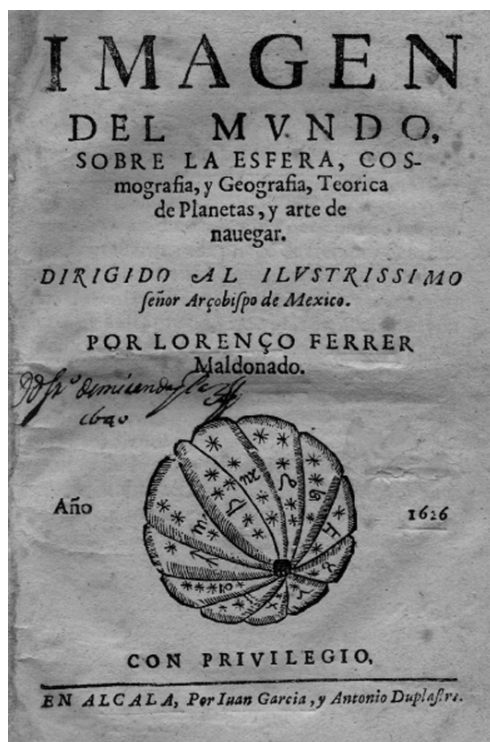
Al final de la centuria se producirá un cierto resurgir de los trabajos dedicados a la navegación, acompañado por la creación de nuevos centros docentes para la formación de los pilotos, como el Colegio de San Telmo de Sevilla. La necesidad de organizar y dotar las flotas necesarias para comunicar los territorios españoles en ultramar con la Península se vio afectada constantemente por la escasez y la mala preparación de los pilotos, dando lugar a que la contratación de marinos portugueses o flamencos para maniobrar embarcaciones españolas se convirtiese en un hecho frecuente. Esta necesidad de pilotos se hizo notar con más intensidad que en ningún otro lugar en el puerto de Sevilla, punto de partida y de llegada del comercio y las comunicaciones transoceánicas. La decadencia de los estudios náuticos, que en el siglo XVI habían sido una de las funciones características de la Casa de la Contratación, impulsó diversos intentos para establecer un centro de formación de pilotos que sirviese para paliar en alguna medida la deficiente actuación docente de la mencionada institución. Muchos intentos sin éxito se sucederían en este sentido hasta que, en 1679, el Consejo de Indias instó al Consulado de Comercio y a la Universidad de Mareantes para que procediesen a la fundación de un colegio de este tipo en Sevilla. Después de superar numerosas dificultades presupuestarias y burocráticas, el proyecto formulado por el Consejo de Indias se vio plasmado definitivamente en las dos cédulas de Carlos II que instituyeron el Real Colegio Seminario de San Telmo, una institución donde acoger y educar huérfanos, proporcionándoles una formación que les preparase para ejercer empleos marineros en los buques de la carrera de Indias.

El edificio que debía albergar al Colegio comenzó a ser construido en 1682 y, aunque en 1702 ya estaba finalizada una gran parte del edificio, las obras continuaron hasta 1724, fecha en la que fue terminada la iglesia. En la cédula fundacional del Colegio se estableció que su alumnado debía proceder de los muchachos huérfanos y desamparados de Sevilla. La idea original era que, además de procurarles una educación básica, se les ofreciera la oportunidad de aprender las técnicas de la marinería, el pilotaje o la artillería. Las enseñanzas impartidas en el centro debían ser teóricas y prácticas. Se trataba, por tanto, de crear un centro de enseñanzas técnicas dependiente de la Casa de la Contratación. Los alumnos debían cursar obligatoriamente clases de lectura, escritura y doctrina cristiana, además de las enseñanzas técnicas específicas referidas a matemáticas, geometría, artillería, náutica, explicación de los globos celeste y terrestre, utilización de los principales instrumentos náuticos (astrolabios, cuadrantes y agujas de marear) y manejo de cartas. Estas enseñanzas teóricas tenían que ser completadas con la práctica adquirida en



viajes a las Indias, en los que los colegiales participaban primero como grumetes y después como marineros. Las enseñanzas relacionadas con la cosmografía y la navegación quedaban a cargo del piloto mayor y del cosmógrafo de la Casa de la Contratación. De esta forma, el Colegio de San Telmo se convirtió en un centro de estudios náuticos que pretendía llenar el hueco dejado por el incumplimiento de las funciones docentes de la Casa de la Contratación.

En lo que se refiere a la publicación de tratados de navegación y obras de astronomía náutica, podríamos decir que, después de la publicación de la *Imagen del mundo sobre la esfera* (1626) de Lorenzo Ferrer y de la *Navegación especulativa y práctica* (1628) de Antonio de Nájera, se iniciaría una profunda crisis en la aportación original de los españoles a la náutica. Durante más de sesenta años, aquellos que ocupan la parte central del siglo XVII, la rica tradición anterior desaparece incluso hasta de la Casa de la Contratación. Como consecuencia, en España no se publicaría ninguna obra de navegación hasta los últimos años de la centuria, cuando aparecen las obras de Francisco de Seixas y Antonio de Gaztañeta tituladas respectivamente *Theatro naval hydrographico* (1688) y *Norte de la navegación hallado por el cuadrante de reducción* (1692), obras que anunciaban una cierta reactivación de los estudios náuticos que quedaría consolidada gracias a los cambios políticos y científicos de la primera parte del siglo XVIII.



Portada de la *Imagen del mundo sobre la esfera* de Lorenzo Ferrer (Alcalá, 1616).



Portada del *Norte de la navegación* de Antonio de Gaztañeta (Sevilla, 1692).

## EL SIGLO XVIII Y LA NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA

### *Nuevas técnicas y nuevos instrumentos*

La astronomía del siglo XVIII basó sus avances en dos grandes programas de trabajo. Por un lado, la mecánica celeste, caracterizada por el estudio de los movimientos de los cuerpos del sistema solar, intentaría contrastar la teoría y la observación en un intento de consolidar y desarrollar las propuestas presentadas por Newton en la segunda mitad del siglo XVII. La otra vertiente, mucho más práctica, estaría relacionada con las aplicaciones de esta ciencia en la náutica, la cartografía y la hidrografía<sup>15</sup>. Mientras los astrónomos teóricos se dedicaban a la comprobación y al desarrollo de las teorías newtonianas, la astronomía práctica registraría un espectacular desarrollo gracias a la creación de observatorios y al interés de los gobiernos por obtener alguna utilidad derivada de los avances científicos. En el caso concreto de la astronomía esta utilidad vendría dada por la resolución del problema de la determinación de la longitud en el mar y por el perfeccionamiento de unos métodos seguros de navegación, además de sus posibles aplicaciones a la cartografía o a la determinación de límites.

<sup>15</sup> Véase M. SELLÉS, J. L. PESET y A. LAFUENTE (comp.): *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*. Madrid, 1988

Como hemos visto, durante casi toda la Edad Moderna, a pesar de ser ésta la época de los grandes viajes transoceánicos, los navegantes contaron con muy pocos medios para realizar una travesía oceánica segura. La determinación de la longitud era bastante problemática, y se complicaba aún más cuando se trataba de hallarla desde un buque situado en alta mar. A pesar de que la solución del problema de hallar la longitud de un punto desde un navío en alta mar había sido un objetivo de primera magnitud para muchos gobiernos desde fines del siglo XVI, los navegantes no pudieron contar con métodos fiables para su determinación hasta bien entrado el siglo XVIII. Aunque fueron muchos los métodos propuestos para solucionar este problema desde el siglo XVI en adelante, casi todos ellos resultaron poco adecuados para su ejecución en alta mar. Sólo dos de ellos terminarían siendo viables: la utilización de cronómetros marinos para conseguir un exacto cálculo de la diferencia horaria y el método de la observación de las distancias lunares<sup>16</sup>.

El método de los cronómetros se basaba en el traslado de la hora. Para su puesta en práctica, el buque debía partir con un reloj que marcara la hora del meridiano del punto de partida; ya en alta mar, mediante observaciones astronómicas, debía deducirse la hora local del punto donde se hallaba situado el barco; de esta forma, la diferencia entre esta hora y la marcada en el reloj, se traduciría directamente en la diferencia de longitud entre la posición de la nave y el punto de partida. Normalmente, se considera que la más antigua propuesta sobre el uso de relojes en la solución del problema de la longitud está incluida en la obra de Gemma Frisius titulada *De principiis astronomiae et cosmographiae* (Lovaina, 1530). Sin embargo, algunos autores coinciden en afirmar que fue Hernando Colón el autor de la primera propuesta de este método en 1524. No obstante, a pesar de la simplicidad del método, tendrían que pasar muchos años hasta que la técnica relojera pudiese presentar unos aparatos capaces de ser utilizados en alta mar sin pérdida de precisión.

La aplicación de este método comenzó a ser viable gracias al relojero inglés John Harrison, que en 1736 fue autorizado por el Board of Longitude para efectuar las pruebas de su cronómetro marino en un viaje de ida y vuelta entre Londres y Lisboa. Los buenos resultados obtenidos dieron lugar a una ayuda oficial para que Harrison construyese un nuevo reloj más perfeccionado. Unos años más tarde, Harrison conseguiría fabricar un cronómetro que, tras 81 días de prueba, sólo acumulaba un error de cinco segundos. En Francia, mientras tanto, también se realizaban intentos por conseguir cronómetros marinos fiables. En el último cuarto del siglo, los relojeros franceses Pierre Le Roy y Ferdinand Berthoud, probarían unos aparatos cuya precisión resultaba similar a la obtenida poco antes por Harrison.

El otro método propuesto para solucionar el problema de la longitud, el de la observación de las distancias lunares, estaba basado en la utilización del desplazamiento de la Luna respecto a las estrellas como un cronómetro universal. La práctica de este método consistía en deducir la diferencia de longitud entre dos puntos, comparando el lugar que debería ocupar la Luna en el punto de partida y aquel en

---

<sup>16</sup> Sobre el perfeccionamiento de los métodos para determinar la longitud desde un buque, desarrollado a lo largo de los siglos XVII y XVIII, véase A. LAFUENTE y M. SELLÉS: *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. Madrid, 1988.

el que realmente se encontraba. Para ello era necesario observar la distancia angular de la Luna a un astro de referencia y las alturas de ambos sobre el horizonte. Sin embargo, la necesidad de conocer con exactitud las posiciones estelares, la imposibilidad de predecir con mucho tiempo de antelación, y con la suficiente exactitud, los movimientos de la Luna y la inexistencia de instrumentos adecuados para realizar observaciones astronómicas precisas en alta mar, retrasaron durante mucho tiempo la puesta en práctica de este método, cuya primera descripción se encuentra en los comentarios a la traducción de la *Geografía* de Ptolomeo realizada en 1514 por Johann Werner.

La aplicación del método de las distancias lunares, basado como acabamos de ver en la medida de la distancia angular entre la Luna y determinadas estrellas, trajo como consecuencia la necesidad de fabricar unos instrumentos capaces de medir los ángulos necesarios con facilidad desde un buque en movimiento. La aparición de los primeros instrumentos de reflexión, pequeños y manejables instrumentos de observación astronómica, desarrollados especialmente para usos náuticos, no tendría lugar hasta bien entrado el siglo XVIII. Estos serían los precursores del conocido sextante. El primero de ellos fue el octante de Hadley, un instrumento compuesto por un sector circular de 45°, cuyos radios estaban provistos de un anteojo y dos espejos. Mediante esta disposición, se conseguía reunir en una sola línea de mira los dos objetos (el astro y el horizonte) que el observador tenía que enfilar simultáneamente con instrumentos más antiguos como la ballestilla y el cuadrante de Davis.



Octante (Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, Cádiz).



Sextante (Real Instituto y Observatorio de la Armada en San Fernando, Cádiz).

El sector graduado del octante permitía medir ángulos menores de  $90^\circ$  sin ningún problema. Sin embargo, la necesidad de medir mayores distancias angulares, surgida de la aplicación del método de las distancias lunares, hizo pensar a los constructores de este tipo de instrumentos en una serie de modificaciones que dieron lugar al nacimiento de dos nuevos aparatos, el quintante y el sextante. Este último, cuyo uso ha perdurado hasta nuestros días, se convirtió, a partir de la última parte del siglo XVIII, en el instrumento astronómico más utilizado en la navegación. El sextante está compuesto por un sector circular de  $60^\circ$ , provisto de un anteojo y dos espejos, que permite realizar con facilidad las observaciones destinadas a obtener la altura de los astros y la medición de ángulos menores de  $120^\circ$ . Gracias a estas características, el sextante sería considerado a partir del siglo XVIII como el instrumento ideal para las observaciones necesarias en la determinación de la longitud por medio del método de las distancias lunares<sup>17</sup>.

### *La Marina científica: Cádiz y la Academia de Guardias Marinas*

En las primeras décadas del siglo XVIII, tras la instauración de la dinastía borbónica y el final de la Guerra de Sucesión, se abrió en España un período de paz y crecimiento económico, en el que los nuevos monarcas impulsaron una política dirigida hacia la recuperación de España como potencia política y económica de primer

---

<sup>17</sup> Sobre la evolución de los instrumentos y el desarrollo del sextante puede consultarse la obra de M. SELLÉS: *Instrumentos de navegación: Del Mediterráneo al Pacífico*. Barcelona, 1994.

orden. El poder naval español había estado organizado en el último período de los Austrias en “*armadas*” para el océano (Flandes, del Mar Océano, de la Guarda de la Carrera de Indias, del Mar del Sur, de Barlovento) y en “*escuadras*” para el Mediterráneo (España, Génova, Nápoles y Sicilia). Se trataba de una flota anticuada e inconexa, que hacía muy difícil la estructuración de un sistema naval para defender los extensos dominios ultramarinos de la Corona española ante las amenazas, cada vez más importantes, de otras potencias como Francia e Inglaterra.

Los acontecimientos bélicos de los primeros años del XVIII, dejaron a esta Marina en una pésima situación. Como consecuencia, una de las primeras medidas tomadas por Felipe V sería el nombramiento de José Patiño en 1717 como Intendente General de Marina, cuya principal misión debía ser impulsar la reorganización del poderío naval español, algo que al monarca parecía indispensable para elevar a España de nuevo a la categoría de potencia de primer orden. Patiño acumuló numerosas atribuciones relacionadas con la política naval: suministro de provisiones, política forestal, construcción naval, presidencia del Tribunal de la Casa de la Contratación. Fue, también, el impulsor de los grandes arsenales del XVIII (La Carraca, El Ferrol, Cartagena y La Habana) y de las industrias relacionadas con la construcción naval (brea, cordaje, aparejos). Poco después de su nombramiento, Patiño visitó Cádiz, la ciudad que poco después acabaría siendo sede de las principales instituciones comerciales y navales de la Corona.

En la época de los Austrias, y gracias a su situación geográfica, Cádiz había sido base de la Armada del Mar Océano, encargada de la defensa del litoral peninsular, y de la Armada de la Guarda de la Carrera de Indias, que escoltaba a los galeones que cruzaban el Atlántico. Por otro lado, la importancia de Cádiz iría creciendo según aumentaba el volumen de los intercambios con América. Desde 1536, con el establecimiento del sistema de flotas, los buques se concentraban en La Habana para iniciar el viaje de vuelta y, desde allí, se adentraban en el océano Atlántico hasta alcanzar las costas de las islas Azores, desde donde eran escoltados hasta Sanlúcar o Cádiz. La navegación oceánica terminaba entonces, pero no ocurría lo mismo con los problemas de la navegación. Las naves, muy cargadas, debían fondear frente a la desembocadura del Guadalquivir y esperar el momento idóneo para superar la barra de Sanlúcar de Barrameda y los bajos de la desembocadura del río. Todas estas dificultades trajeron como consecuencia la elección de la bahía de Cádiz como zona de descanso tras la travesía, donde las naves descargaban gran parte de sus mercancías para poder remontar sin problemas el río Guadalquivir. Por otro lado, pronto se estableció también la costumbre de reservar un tercio de la capacidad de cada buque para cargar en aguas de la bahía gaditana antes de partir hacia el Nuevo Mundo. De esta forma, Cádiz, y su entorno geográfico (sobre todo Sanlúcar de Barrameda y El Puerto de Santa María), fue tomando importancia como un punto clave de la política orientada hacia la descongestión del tráfico naval en el río Guadalquivir.

Así pues, aunque el puerto de Cádiz era oficialmente uno más respecto al de Sevilla, desde fechas muy tempranas se produjeron algunos intentos de otorgar a Cádiz algún privilegio en el comercio indiano. Hasta 1535 se llevaron a cabo en Cádiz algunas transacciones comerciales controladas desde el monopolio sevillano. Ade-

más, desde 1537 existía en esa ciudad el Juzgado de Indias, una especie de sucursal de la Casa de la Contratación dedicada a la intervención de las actividades comerciales efectuadas en la ciudad. Poco después, en 1561, los buques averiados e incapaces de superar la barra de Sanlúcar fueron autorizados a efectuar la descarga de la mercancía en Cádiz. A partir de 1574, el puerto de esta ciudad fue autorizado a despachar directamente naves para las Indias y, de esta forma, a lo largo de todo el siglo siguiente, Cádiz fue convirtiéndose en antepuerto de Sevilla, en el que se realizaba la mayor parte del comercio ilícito. Ello daría lugar a una soterrada disputa entre ambas ciudades que se extendió durante toda la Edad Moderna.

A lo largo de todo el siglo XVII, el porcentaje de participación de Cádiz en el tráfico marítimo con América sería cada vez mayor. La bahía gaditana resultaba mucho más cómoda a unos grandes navíos que no podían navegar sin grandes dificultades por la ruta fluvial hasta Sevilla. Así estaban las cosas en 1680, cuando se estableció que Cádiz fuese la cabecera de las flotas indianas. Unos años después, en 1714, Felipe V ordenaría la unificación de las diez armadas entonces existentes bajo el mando de la Secretaría de Despacho de Marina e Indias. Fue entonces cuando se creó el Departamento Marítimo de Cádiz. Paralelamente, la decisión oficial de trasladar la Casa de la Contratación a esta ciudad, tomada por el Gobierno de Felipe V en 1717, convertiría a la bahía de Cádiz en la principal base naval española. Como consecuencia, al actuar como punto de partida y regreso de los viajes hacia América, Cádiz y las poblaciones de su entorno terminarían sustituyendo a Sevilla en el monopolio del comercio ultramarino<sup>18</sup>.

A lo largo de la primera mitad del siglo XVIII, se fueron estableciendo en la capital gaditana diversas dependencias de la nueva Marina surgida de la reorganización impulsada por los primeros gobiernos borbónicos: el Cuartel de Batallones y Brigadas, los Vigías, el Vicariato Castrense, la Imprenta, la Capitanía General, la Real Compañía de Guardias Marinas y su Academia. Con la creación de la Academia de Guardias Marinas de Cádiz, el Intendente General de Marina intentó organizar la formación de una oficialidad instruida procedente de la baja nobleza, a la que se pretendía dar una ocupación militar digna de su rango. La idea de Patiño era orientar la nueva institución hacia la formación de un personal que, además de recibir el clásico adiestramiento militar propio de una academia castrense, adquiriese los conocimientos científicos necesarios para estar preparado en caso de tener que asimilar e introducir en nuestro país las novedades científicas que pudiesen tener una aplicación práctica y positiva en cualquiera de los aspectos relacionados con la navegación.

Inicialmente se estableció un plan de estudios en el que, durante dos períodos semestrales, se impartían las siguientes materias: geometría, trigonometría, cosmografía, náutica, fortificación, artillería, armamento, danza, manejo de fusil, evolución militar, construcción naval y maniobra de navíos. Una vez superado este período académico, los cadetes embarcaban para ejercitarse en el pilotaje y la

---

<sup>18</sup> La importancia de la bahía de Cádiz en las comunicaciones con América durante el siglo XVIII, ha sido estudiada por A. GARCÍA-BAQUERO: *Cádiz y el Atlántico (1717-1778)*. Cádiz, 1988.

hidrografía. Un piloto sería el encargado de enseñarles a construir la rosa de los vientos, formar el diario de navegación, observar la máxima altura del Sol y determinar la longitud, usar la corredera y las cartas de navegación, además de realizar ejercicios militares y prácticas de artillería<sup>19</sup>.

Sin embargo, la realidad no fue tan perfecta y los futuros oficiales no llegaron a cursar con detenimiento todas las materias. De todas formas, el camino hacia la formación de oficiales se había iniciado y parecía claro que la nueva Academia sí iba a lograr lo que no había podido conseguir el Colegio de San Telmo de Sevilla: la formación de personas con un buen conocimiento del pilotaje. La elección de Francisco Antonio de Orbe, Piloto Mayor de la Casa de la Contratación, y de Pedro Manuel Cedillo, profesor del citado Colegio de San Telmo, como primeros responsables de la institución docente gaditana iba encaminada, sin lugar a dudas, hacia ese objetivo.

El traslado de la Casa de la Contratación desde Sevilla a Cádiz y la entrada en escena de la Academia de Guardias Marinas como nuevo foco de conocimientos náuticos coincidiría, durante la primera parte del siglo XVIII, con el paso de lo que hasta entonces se había llamado arte de navegar a la ciencia de la navegación. Este tránsito, que se produjo de forma paulatina y no estuvo exento de tensiones, puede ser rastreado en las enseñanzas impartidas a los futuros pilotos de la carrera de Indias. Cuando comienza el siglo, la situación de las instituciones náuticas sevillanas era bastante negativa. En la Casa de la Contratación estaban vacantes todas las plazas, excepto la de piloto mayor, cuyo ocupante, Francisco Antonio de Orbe, pasaría en 1717 a dirigir la Academia de Guardias Marinas de Cádiz. En lo que se refiere al Colegio de San Telmo, la única persona con una formación náutica destacable era Pedro Manuel Cedillo, autor de obras como la *Trigonometría aplicada a la navegación* (Sevilla, 1718) y el *Tratado de la cosmographía, y náutica* (Cádiz, 1745). Esta última, usada como libro de texto en el Colegio de San Telmo, y en la Academia de Guardias Marinas, recogía de forma clara y ordenada los conocimientos esenciales que debía poseer un piloto.

### *Astronomía y navegación en la España del siglo XVIII*

En el siglo XVIII, España fue uno de aquellos países en los que la falta de instituciones científicas impidió la profesionalización de los astrónomos y la creación de observatorios. Como consecuencia, la Marina tendría que ser el organismo oficial encargado del fomento de la astronomía práctica y del desarrollo de los métodos de navegación astronómica. Tras la instauración de la dinastía borbónica, se plantearon objetivos prioritarios como el mantenimiento del control del imperio colonial, que, como hemos visto, implicaban directamente una reestructuración del sistema naval. Así pues, durante el siglo XVIII, la Armada española se enfrentaría al reto de formar nuevas generaciones de oficiales con conocimientos matemáticos y astronómicos, de impulsar la divulgación de los nuevos métodos de navegación y, por últi-

---

<sup>19</sup> Véase A. LAFUENTE y M. SELLÉS: *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. Madrid, 1988.



mo, de organizar numerosas expediciones destinadas a fomentar el conocimiento real de los territorios de la Corona. Es en este contexto donde puede inscribirse el interés de la Armada por introducir la práctica astronómica entre los futuros oficiales y la necesidad de instalar en Cádiz un observatorio en el que los guardias marinas se familiarizasen con el manejo de los instrumentos científicos y de las nuevas técnicas de observación astronómica.

A mediados del dieciocho se aprobaron las *Ordenanzas de S.M. para el gobierno militar, político y económico de su Armada Naval* (Madrid, 1748), en las que fueron incluidos algunos artículos relativos a la organización de la institución docente gaditana. Así pues, coincidiendo con el reinado de Fernando VI, se inició un período de reformas que afectó directamente al funcionamiento de la Academia de Guardias Marinas de Cádiz fundada en 1717. Las enseñanzas volvieron a ser estructuradas, planteando como objetivo básico de la institución la formación de los cadetes en todo lo referente a la navegación, para lo que se insistía en el estudio teórico de todas las ciencias consideradas necesarias para ello. Además, aquellos alumnos que demostrasen su capacidad en los mencionados cursos, podrían aplicarse, según quedaba expresado en las mismas ordenanzas, al estudio de las ciencias matemáticas más abstractas y difíciles, como el álgebra y la geometría superior.

El personaje encargado de llevar adelante la reestructuración de la institución fue el marino y científico Jorge Juan, cuya participación con Antonio de Ulloa en la expedición franco española para la medida del arco de meridiano y sus posteriores viajes de espionaje industrial a Inglaterra le habían convertido en el hombre idóneo para ese cometido. Jorge Juan se encargó de la contratación del profesorado y del encauzamiento de las propuestas consignadas en las citadas *Ordenanzas*. El marino alicantino dirigió sus esfuerzos hacia la estructuración de unas enseñanzas capaces de preparar a los oficiales para dirigir un navío, imponiendo un profundo estudio de las matemáticas, como base para la posterior adquisición de otros conocimientos.

Todas estas medidas de reactivación fueron completadas con la adquisición de libros e instrumentos científicos y con la creación de un observatorio astronómico anexo a la Academia, en el que los oficiales más adelantados pudiesen completar los conocimientos teóricos de astronomía impartidos en el centro con la realización de observaciones astronómicas. Medidas como la creación del Observatorio y la reforma de los planes de estudio transformaron a la Academia en un centro de enseñanzas especializado y en un foco de difusión de la ciencia, cuyo principal objetivo era proporcionar al Estado y a la Armada personal técnico de alto nivel capacitado para tomar las riendas de los proyectos científicos y técnicos que iban a caracterizar el último tercio del siglo XVIII en España.

La propuesta de creación del Observatorio sería realizada por Jorge Juan en noviembre de 1749. Unos años más tarde, en 1753, ya habían llegado los primeros libros e instrumentos, y el torreón del Castillo de la Villa, sede de la Academia, había sido acondicionado para su nuevo cometido. El nuevo observatorio fue proyectado como un centro de investigación astronómica estructuralmente unido a una institución docente como la Academia de Guardias Marinas, característica que conservaría hasta que, en 1804, se produjese el nombramiento de un director para el Observatorio, desde entonces totalmente independiente de la Academia. Las primeras acciones

llevadas a cabo, tras el visto bueno del marqués de la Ensenada al proyecto, fueron la adquisición de instrumentos astronómicos en Londres y París, llegados a Cádiz en 1753 y el nombramiento del académico francés Luis Godin como director de la Academia de Guardias Marinas. Nació así el Real Observatorio de Cádiz, que pronto se convertiría en uno de los centros astronómicos mejor dotados de Europa.

El Real Observatorio de Cádiz comenzó su andadura científica y docente como el observatorio astronómico más meridional del continente europeo. Durante la segunda mitad del siglo XVIII, coincidiendo con los momentos más álgidos del reformismo borbónico y del impulso oficial a las actividades científicas, el observatorio gaditano se convirtió en una escuela práctica de astronomía para marinos científicos, que gracias a esta preparación podrían participar en las importantes expediciones cartográficas de finales de siglo. Esta fue la principal misión de los llamados “estudios mayores”, curso de ampliación y especialización por el que fueron pasando la mayor parte de los oficiales científicos de la Marina ilustrada. Por otro lado, bajo el mando de un personaje como Vicente Tofiño se llevaría a cabo el primer programa sistemático español de observaciones astronómicas, desarrollado entre 1773 y 1776, cuyos primeros resultados vieron la luz unos años más tarde<sup>20</sup>.

Como responsable de las actividades astronómicas del Real Observatorio de Cádiz, Vicente Tofiño impulsó el primer plan sistemático de observaciones. Ayudado por José Varela, otro ejemplo de marino ilustrado, puso un especial cuidado en el arreglo y ajuste del principal instrumento del Observatorio, el cuarto de círculo mural encargado por Jorge Juan y construido en Inglaterra por John Bird. Entre 1773 y 1776, llevaron a cabo numerosas observaciones para la determinación del mediodía por alturas correspondientes de Sol, tránsitos del Sol, de la Luna y de planetas por el mural, ocultaciones de estrellas por la Luna, observaciones de los satélites de Júpiter y determinaciones de posiciones de estrellas. El resultado de este ambicioso programa observacional quedó plasmado en las *Observaciones hechas en Cádiz, en el Observatorio Real de la Compañía de Cavalleros Guardias Marinas, publicadas en dos volúmenes* (Cádiz, 1776 y 1777).

En lo que a tratados de navegación se refiere, la primera parte del siglo XVIII se caracterizó por la edición de un pequeño número de libros de náutica, pertenecientes casi todos a los profesores del Colegio de San Telmo de Sevilla y de la recién creada Academia de Guardias Marinas de Cádiz. Entre ellos podríamos destacar los ya citados de Pedro Manuel Cedillo, la *Práctica de la navegación, uso y conocimiento de los instrumentos más precisos en ella*, de Blas Moreno y Zabala (Madrid, 1732) o las *Lecciones náuticas* escritas por Miguel Archer (Bilbao, 1756). A mediados del siglo XVIII, la publicación del *Compendio de navegación* de Jorge Juan (Cádiz, 1757) marcó el inicio de la introducción en España de los métodos científicos desarrollados en aquella centuria para ser aplicados a la navegación. Su influencia, ejercida directamente sobre personajes como Tofiño y Mazarredo, se dejó notar ampliamente en los años de transición entre los siglos XVIII y XIX.

---

<sup>20</sup> La historia del observatorio gaditano ha sido estudiada por A. LAFUENTE y M. SELLÉS: *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)* (Madrid, 1988) y por F. J. GONZÁLEZ: *El Observatorio de San Fernando (1831-1924)*. Madrid, 1992.

Durante este último período, se produjo un notable aumento de las publicaciones sobre náutica, escritas sobre todo por una serie de oficiales de la Armada, que se convirtieron en los introductores de la navegación astronómica en nuestro país. El propio Jorge Juan fue autor de un importante tratado de mecánica, el *Examen marítimo teórico práctico, o tratado de mecánica aplicado a la construcción, conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones* (Madrid, 1771), reeditado en 1793 por Gabriel Ciscar y traducido al francés (1783), al inglés (1784) y al italiano (1819). Otros marinos contribuyeron con sus obras a la difusión de los nuevos métodos astronómicos, como José de Mazarredo en sus *Lecciones de navegación* (Isla de León, 1790), Dionisio Alcalá-Galiano con su *Memoria sobre las observaciones de latitud y longitud en el mar* (Madrid, 1796), o Francisco López Royo, que escribió una *Memoria sobre los métodos de hallar la longitud en la mar por las observaciones lunares* (Madrid, 1798). Por último, no podemos dejar de citar las numerosas contribuciones de José de Mendoza y Ríos, otro de los grandes marinos ilustrados de la segunda parte del siglo XVIII. Mendoza escribió, entre otras obras, un conocido *Tratado de navegación* (Madrid, 1787), una *Memoria sobre algunos métodos nuevos de calcular la longitud por las distancias lunares* y la conocida *Colección de tablas para varios usos de la navegación* (Madrid, 1800), que fue traducida al inglés y editada en diversas ocasiones hasta 1850.

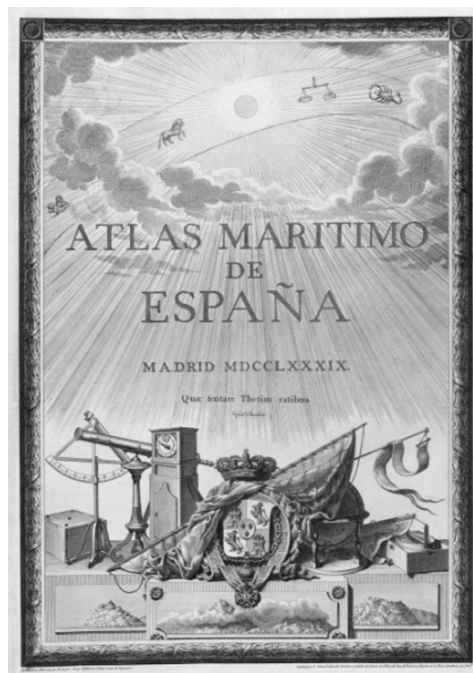
### *El desarrollo de la cartografía náutica en la España del XVIII*

A comienzos del siglo XVIII, España carecía de un mapa del territorio nacional, y la cartografía de las posesiones ultramarinas era casi inexistente. Jorge Juan, como en tantas otras cosas, fue el primero en proponer la realización de una triangulación geodésica del territorio español similar a la iniciada por Jacques Cassini en Francia en 1733. La propuesta fue aceptada por el marqués de la Ensenada, que envió a París a Tomás López y Juan de la Cruz Cano para aprender las técnicas del grabado de mapas, con la idea de que colaborasen en la última fase del proyecto propuesto por Jorge Juan, encargándose del grabado de los mapas. Sin embargo, la caída en desgracia del marqués de la Ensenada, impidió el desarrollo del proyecto y Tomás López, a su vuelta de París, optó por dedicarse a la preparación de mapas de gabinete, de gran belleza pero poca precisión. De todas formas, los mapas de Tomás López, más de doscientos, fueron los únicos que representaron el territorio español hasta bien entrado el siglo XIX.

Como ya hemos visto, en la España del siglo XVIII, con el impulso de los gobiernos ilustrados, se produjo una época de recuperación para la Marina, caracterizada por el fomento del desarrollo de la navegación y de la hidrografía. Reflejo de esta nueva política, iniciada con la creación de la Academia de Guardias Marinas, serían los numerosos trabajos hidrográficos emprendidos por oficiales de la Armada, tanto en las costas de la Península como en las de América y otras posesiones de la Corona<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Sobre la evolución histórica de la cartografía náutica española en el siglo XVIII, puede consultarse L. MARTÍN-MERÁS, F. J. GONZÁLEZ y J. M. CANO TRIGO: *La Dirección de Trabajos Hidrográficos (1797-1908)*. Barcelona, 2003



Portada del *Atlas marítimo* de Vicente Tofiño (Madrid, 1789).

La preocupación por mejorar las comunicaciones marítimas entre puntos distantes de las posesiones españolas hizo patente la necesidad de mejorar el conocimiento de la realidad geográfica de muchas tierras que, aunque pertenecientes teóricamente a la Corona española, aún no habían sido colonizadas. Era preciso, pues, corregir la cartografía, establecer con precisión las longitudes y latitudes de los principales puertos y ciudades y mejorar en lo posible la viabilidad de las grandes rutas comerciales. Durante los reinados de Felipe V, Fernando VI, Carlos III y Carlos IV fueron llevadas a cabo diecinueve grandes expediciones transoceánicas, comprendidas entre la realizada para la medición del arco de meridiano en el ecuador y los viajes de investigación botánica de Martín Sessé (1785-97). Los objetivos de estos viajes solían ser muy variados pero, de todas formas, podrían ser clasificados en diversos grupos: expediciones con objetivos astronómicos, botánicos, geológicos y náutico-hidrográficos. En todas ellas, los oficiales de la Marina jugaron un papel protagonista, pues se convirtieron en verdaderos exploradores de costas y territorios de los que en Europa se poseían aún escasos conocimientos.

Es aquí donde debemos hacer especial mención al trabajo hidrográfico por excelencia del siglo XVIII español, el atlas marítimo de las costas españolas levantado por Vicente Tofiño entre 1783 y 1789. A mediados de la década de los setenta, tras la llegada al poder de Floridablanca, fue tomando forma la idea de la necesidad de establecer sin tardanza un plan nacional de trabajos hidrográficos. Justo cuando Tofiño acababa de organizar las tareas observacionales en el Real Observatorio de Cádiz, el Estado necesitaría contar con los oficiales que en él se habían formado.

Vicente Tofiño fue encargado de la dirección de una comisión hidrográfica para el levantamiento de las costas de España, que estaría formada por un grupo de oficiales de los destinados en el Observatorio dispuestos a emprender el mayor trabajo de este tipo realizado en España hasta entonces<sup>22</sup>.

La expedición hidrográfica de Tofiño contó inicialmente con dos barcos (una fragata y un bergantín) y con instrumentos cedidos por el Observatorio o adquiridos al efecto. En los buques utilizados por la comisión fueron embarcados los cronómetros de Ferdinand Berthoud del Observatorio de Cádiz, varios sextantes (de Nairne y de Ramsdem), agujas náuticas para las observaciones diarias de cada oficial y una colección de instrumentos adquirida en Londres y compuesta por los siguientes aparatos: un cuarto de círculo, un péndulo, dos anteojos acromáticos, un teodolito, una cadena, agujas, un círculo de reflexión, un barómetro marino y, por último, estuches con todo lo necesario para trazar planos. Utilizaron en los levantamientos un método geodésico, basado en la combinación de las operaciones marítimas con las terrestres (trazado de triángulos continuados a partir de una base medida con exactitud, determinación de la longitud de todos los puntos principales de la costa, utilización de sondas, dibujo de las vistas de la costa).

Los trabajos de campo se iniciaron en las costas del Mediterráneo (veranos de 1783, 1784 y 1785), después pasaron a las costas de Portugal y Galicia (verano de 1786), a la costa cantábrica (verano de 1787) y, por último, a las islas Azores (verano de 1788). A lo largo de estos seis años, colaboraron con Tofiño en su gran empresa hidrográfica la mayor parte de los marinos ilustrados que, poco después, protagonizarían las grandes expediciones cartográficas organizadas por España durante la última parte del siglo XVIII y los primeros años del XIX (Dionisio Alcalá-Galiano, José de Espinosa, Alejandro Belmonte, Julián Ortíz Canelas, Alejandro Malaspina, José de Vargas Ponce, Felipe Bauzá y muchos otros).

Al finalizar las campañas para el levantamiento de las costas mediterráneas, después del verano de 1786, uno de los integrantes de la expedición, José de Vargas Ponce fue encargado de dirigir los trabajos de grabado, estampación e impresión de los resultados obtenidos. Vargas Ponce fue muy meticuloso en su misión, demostrando importantes conocimientos sobre las operaciones de grabado en planchas de cobre y organizando el trabajo de los más prestigiosos grabadores del Madrid de la época. En 1787 fue publicado bajo su supervisión el *Derrotero de las costas de España en el Mediterráneo y su correspondiente de África* y un primer tomo del atlas, con 15 cartas de las costas mediterráneas. Unos meses después, durante 1789, salieron de la imprenta el *Derrotero de las costas de España en el océano Atlántico y de las Azores*.

---

<sup>22</sup> En lo que se refiere a la cartografía náutica, habría que decir que, hasta bien entrado el siglo XVIII, el levantamiento de las costas se efectuaba desde un barco, fijando sus principales accidentes mediante la intersección de alineaciones tomadas con una brújula o un cuadrante. Según algunos autores, el marino británico James Cook puede ser considerado el introductor de los métodos topográficos y geodésicos en la hidrografía. En sus viajes alrededor del mundo utilizó los métodos astronómicos de navegación y posicionamiento, además de trazar cartas náuticas de gran precisión, levantadas con ayuda de triangulaciones geodésicas medidas en tierra. Véase al respecto F. J. GONZÁLEZ: "Vicente Tofiño de San Miguel: La cartografía científica en la España ilustrada", en *Marinos cartógrafos*. Madrid, 2002.

res o Terceras, el segundo tomo del atlas, con 30 cartas de las costas atlánticas. El éxito de la publicación fue tal que, durante el mismo año 1789, se hizo una segunda edición del *Atlas Marítimo de España*, que reunía en un sólo tomo todas las cartas levantadas por la Comisión, incluyendo el Plano de Cartagena y una hoja con Vistas de las costas de África en el Océano desde cabo Espartel hasta la península de Gorea en Cabo Verde, que no habían sido publicadas con anterioridad. El resultado de la expedición dirigida por Vicente Tofiño puede ser considerado fundamental en la historia de la cartografía española. La exactitud conseguida fue tal que algunas de las cartas levantadas por la Comisión estuvieron vigentes durante más de cien años. De hecho, algunas de estas cartas no fueron sustituidas en los barcos de la Armada hasta la entrada en servicio de las levantadas, ya en pleno siglo XX, por las comisiones hidrográficas dirigidas por el Instituto Hidrográfico de la Marina.

No obstante, como vimos anteriormente, el esfuerzo hidrográfico español del XVIII no terminó en los trabajos de esta comisión. Las Secretarías de Indias y de Marina no dudaron en impulsar el reconocimiento y estudio de aquellas rutas marítimas consideradas de importancia para la navegación de los buques españoles. Como consecuencia, durante el reinado de Carlos III se inició un período caracterizado por la abundancia de expediciones en las que se mezclaban objetivos diversos (geoestratégicos, comerciales, científicos).

El desarrollo de estas expediciones supuso la puesta en práctica de los conocimientos introducidos en la enseñanza de oficiales y pilotos a raíz de las reformas introducidas en sus estudios durante los años precedentes. Con el uso de nuevas técnicas cartográficas y de navegación, estos marinos procedieron a la exploración, e incorporación a la Corona, de territorios antes no controlados plenamente. De ahí que pueda afirmarse que, durante el reinado de Carlos III, el dominio español en América alcanzó su máxima extensión. Ello explica una constante sucesión de expediciones, entre las que podríamos citar las de Antonio de Córdoba (1785) y Cosme de Churruca (1788) al estrecho de Magallanes, de Alejandro Malaspina alrededor del Mundo (1789-1794), de Cosme de Churruca a Trinidad y las Antillas (1792) o de Joaquín Francisco Fidalgo a las costas de Colombia y Venezuela (1796). En todas ellas, los marinos formados en las Academias de Guardias Marinas, bajo la supervisión de Vicente Tofiño y de otros marinos ilustrados, llevarían a cabo importantes trabajos hidrográficos.

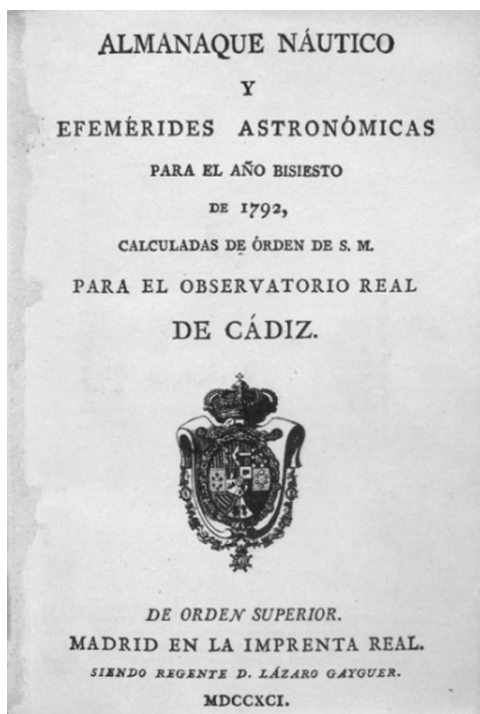
### *El Almanaque Náutico*

El método de las distancias lunares quedó accesible a los navegantes a partir de 1767, fecha en la que apareció por primera vez en Inglaterra la publicación titulada *The Nautical Almanac*, que incluía las tablas que habían de ser utilizadas en la aplicación de dicho método. Los responsables de la Marina española intentaron desde un primer momento la introducción de estas nuevas técnicas entre los marinos más aventajados. Sin embargo, existían algunas trabas que habría que superar para conseguir una buena introducción y aclimatación de este método, puesto que

el almanaque británico resultaba difícil de encontrar generalmente y, además, todas sus tablas estaban calculadas respecto al meridiano de Greenwich. La acción oficial para el fomento de estos nuevos usos en la navegación se dirigió a la introducción de éstos en las enseñanzas impartidas en la Academia de Guardias Marinas a los futuros oficiales y a la adquisición de los instrumentos náuticos pertenecientes a la nueva generación de instrumentos de reflexión adaptados para su uso en el mar.

Según todos los indicios, el introductor del método de las distancias lunares en España fue otro de los grandes marinos ilustrados, José de Mazarredo. Después de haber tenido noticias de las tablas confeccionadas en Inglaterra para poder usar el método, y como no le fue posible conseguirlas, aplicó el método mediante cálculos propios en un viaje que realizó embarcado en la fragata Venus a Manila en 1772. Poco más tarde, en 1774, practicó de nuevo el método, junto a José Varela, en la determinación de la posición geográfica exacta de la isla de Trinidad del Sur. En sus *Lecciones de navegación* (Isla de León, 1790), José de Mazarredo dedicó una parte importante del texto a la explicación de este método, que fue enseñado por él desde 1777 en la Academia de Guardias Marinas de Cartagena.

Los orígenes de la decisión de publicar en España un almanaque náutico, nombre con el que se conocía a este tipo de tablas astronómicas, habría que buscarlos en diversas pero importantes causas. Por un lado, el deseo de evitar la dependencia



Portada del primer *Almanaque náutico* español (1792) (Madrid, 1791).

existente hasta entonces de las efemérides publicadas en Inglaterra y en Francia, escritas en otros idiomas, referidas a otros meridianos y difíciles de encontrar en España. Por otro lado, habría que tener en cuenta la necesidad de ampliar y superar unas tablas que habían comenzado a salir, a partir de 1774, en el *Estado General de la Armada*, publicación en la que aparecían como un suplemento. Por último, no podemos olvidar que el aumento de la información astronómica y geográfica aportada por las expediciones científicas ilustradas, cuyos datos habría que referir al meridiano de Cádiz, hacía cada vez más necesaria la existencia de unas efemérides españolas.

Cuando, en los últimos meses de 1790, el ministro de Marina Valdés ordenó que los oficiales destinados en el Real Observatorio de Cádiz redactasen las tablas astronómicas que se publicarían en el *Estado General de la Armada*, José de Mazarredo, a la sazón Comandante de las Compañías de Guardias Marinas, se propuso conseguir la publicación de un almanaque independiente con una tirada lo suficientemente amplia, que permitiese entregar uno a cada oficial de la Armada. El primer ejemplar de la nueva publicación fue impreso en Madrid en 1791, con el título de *Almanaque Náutico y Efemérides Astronómicas para el año bisiesto de 1792, calculadas de orden de S.M. para el Observatorio de Cádiz*. A partir de entonces, las tablas de efemérides astronómicas calculadas en la Oficina de Efemérides del Real Observatorio de San Fernando, junto a los instrumentos diseñados especialmente para usos náuticos como los sextantes y los cronómetros marinos, han sido una de las herramientas de trabajo imprescindibles para los navegantes españoles.