

EL ARTE DE NAVEGAR EN EL SIGLO XVI: FÁBRICA Y TABLAS

Domingo Antonio Ramos Prieto

Instituto «Jiménez de Quesada»

darprieto@gmail.com

Más del setenta por ciento de la superficie del planeta está ocupada por los mares. No tiene nada de extraño, pues, que los filósofos griegos consideraran el agua como uno de los cuatro elementos fundamentales, e incluso un gran poeta llegara a considerar que *no hay nada mejor que el agua*.¹ Hasta en la cosmogonía de pueblos de ámbitos muy alejados se encuentran rasgos similares con relación al mar. Visión estereotipada de una realidad producto de cómo los cataclismos geológicos experimentados en las sucesivas eras han hecho que aparezcan restos marinos hasta en las cumbres montañosas más elevadas. A su vez y en correspondencia, los ríos terrestres transportan, arrastran y vierten al mar una gran cantidad de elementos que los agentes atmosféricos van desgastando de la superficie. El lecho marino tampoco es uniforme y presenta la misma complejidad que la tierra emergida: irregular, con sus valles y sistemas orográficos, y con sus fuerzas internas de desgaste como en los continentes.

Sin embargo, el mar permaneció durante varios milenios ajeno a las preocupaciones de los primeros habitantes, y de las más antiguas culturas y civilizaciones. Parecía existir un temor reverencial a adentrarse en sus aguas, siendo muy frecuente imaginar que en su interior existían multitud de monstruos dispuestos a acabar con quien se aventurara por él. En plena Edad Media se solían representar como habitantes marinos más allá de las columnas y de la torre de Hércules hispanas.

Durante muchos siglos el mar, o la mar como gustan decir los marineros, fue el gran desconocido. Pero también ha ejercido una gran fascinación por lo que esconde.

¹ PINDARO, 1883.

Como afirmara Thomé Cano en 1611 “tiene el Mar como la experiencia lo a enseñado... un Noseque de vivo, cierto o particular Spiritu, que parece Adivina, Penetra, y conoce el Valor y Anima grande con su Suerte prospera, o adversa, del que en el entra a navegar”.²

Suele ser común asignar el inicio de la gran experiencia náutica a los fenicios,³ que, sin perder de vista la costa, fueron fundando colonias a un día de navegación en la orilla sur del Mediterráneo, hasta llegar al estrecho de Gibraltar y superarlo. Cádiz emerge entonces como la gran ciudad de occidente.

1. EL ARTE DE NAVEGAR

El Almirante Julio Guillén Tato escribió en 1943 que “Europa aprendió a navegar en libros españoles”.⁴ Aunque tal afirmación pudiera parecer exagerada, lo cierto es que los tratados del *Arte de navegar* publicados durante todo el siglo XVI y en gran parte del XVII, se convirtieron en auténticos manuales, cuya utilización, mediante las correspondientes traducciones, fue seguida en las principales naciones europeas. En ese momento en España, y también en Portugal, se produjo un número muy estimable de libros sobre navegación, que, si bien podían estar forzados por la necesidad que imponía la enorme extensión del imperio, (es un hecho que en tiempo de Felipe II nunca se ponía el sol en sus dominios), también buscaban dar a conocer los progresos científicos y técnicos llevados a cabo para una actividad tan nueva como la navegación oceánica y astronómica, en una conjunción nunca dada hasta entonces en España. En efecto, lo que se plantea en casi todos los tratados es describir las observaciones científicas relacionadas con el conocimiento, no solo de la naturaleza del mar sino también del cielo y los astros, y cómo ese conocimiento permite avanzar en la realización técnica de los instrumentos que hagan más fáciles y seguros los caminos del mar.⁵

Se percibe como constante el intento de demostrar que el arte de navegar, o ma-rear, constituye uno de los factores esenciales de la comunicación y el comercio, por lo que consideran imprescindible el estudio pormenorizado de los elementos que confluyen en una buena navegación, propiciada, además, por las sucesivas Instrucciones

² CANO, 1611.

³ De nuestros autores del siglo XVI, FERNÁNDEZ DE ENCISO, 1546, f. XLII considera que “fueron los que inventaron la aritmética y astronomía y ha avido y ay grandes filósofos astronómicos y aritméticos.”. Existe edición de CUESTA DOMINGO, 1987. CORTÉS, 1551, f. iiiii, lo describe más poéticamente al afirmar que “... carecían de la consideración de las estrellas fasta que los fenices la inventaron y fueron los primeros que entendieron que era necesario (para caminar por la mar) poner los ojos en el cielo”.

⁴ *Europa aprendió a navegar*, 1943.

⁵ Prácticamente todos los tratados incluyen los mismos epígrafes: conocimiento de la esfera, del sol y de la luna, instrumentos de navegación y tablas. A este respecto resulta imprescindible el artículo de PINTOS AMENGUAL, 2020.

y Ordenanzas que emanan de los poderes del Estado y de otras Instituciones, habida cuenta del cambio experimentado desde el siglo XV al abrirse otros horizontes hacia África y las islas atlánticas, y, sobre todo, a partir del descubrimiento del Nuevo Mundo.

Asimismo, se va a incidir en la búsqueda científica de todos aquellos elementos que permitieran a los navegantes una mayor precisión no solo en las derrotas de los navíos sino también en los destinos finales; un aumento del volumen y su capacidad de carga, que hará competir en su resolución a astilleros y atarazanas, siguiendo pautas muy concretas que se reflejan también en Ordenanzas, aunque habrá que esperar hasta el siglo XVIII para que la construcción naval adquiera verdaderamente su categoría.

La efeméride que representa la expedición de Magallanes y Elcano, de cuya salida de Sevilla celebramos el quingentésimo aniversario el 10 de agosto de este año de 2019, se vio acompañada en esa fecha por la aparición de la obra de Martín Fernández de Enciso *Suma de geographia que trata de todas las partidas y provincias del mundo*, que sirve de proemio a todas las que le siguen a lo largo del siglo y en el siguiente.

En ella plantea algunos de los problemas que afectan a la navegación, y que serán objeto de investigación permanente para hacerla más exacta y segura, comenzando por “en el principio el cuerpo esférico en romance; con el regimiento del norte y del sol; e con sus declinaciones, e con la longitud y latitud del universo; y después dividir el mundo en dos partes: la una que fuese Oriental; e la otra Occidental”.⁶

Así pues, rara es la obra que en sus capítulos iniciales no trate de determinar la concepción del mundo conocido y su adaptación práctica a las necesidades que la comunicación marítima exigía, con mayor o menor precisión.

No puede olvidarse que en esa circunstancia histórica, iniciada por los Reyes Católicos, España se encontraba comenzando su ascensión a la cúspide del poder político, territorial y náutico de Europa, obligada además a potenciar su conocimiento y dominio del mar para la defensa de sus intereses, no solo comerciales sino también humanos, en el amplio espacio que acababan de abrir Colón y sus marineros de Huelva, y las sucesivas expediciones de descubrimientos y anexiones de territorios a la Corona.

Resultaba imprescindible contar con una poderosa flota que, a la vez que propiciaba la defensa de las costas, estuviera en disposición de asegurar el dominio de las rutas que llevaban, primero a las tierras recién descubiertas, y, ya con Carlos I y sus sucesores, al resto de mares y continentes del mundo.

No tiene nada de extraño que fuera en las dos naciones ibéricas donde se diera por primera vez esa unión de ciencia y técnica aplicada al arte de navegar, aunque

⁶ FERNÁNDEZ DE ENCISO, 1546, f. 2.

hay que considerar lo que dicho arte significaba entonces, y cómo ha perdurado hasta nuestros días.

El porqué la definición de *Arte* encuentra su justificación en el hecho de diferenciar el ejercicio de la dirección de la nave con el mero *oficio* de navegante, atribuido a los que no poseían la capacitación adecuada para hacerlo. El arte de navegar es aquel que requiere ser realizado por personas cuya formación procede de la experiencia, pero, sobre todo, de la enseñanza proporcionada por auténticos maestros en cada uno de los aspectos esenciales de la navegación, porque de ello depende el buen gobierno de la nao.

Durante el siglo XVI, y también en el XVII, los tratadistas insistieron en considerar el arte de navegar, o marear, el eje de la actividad marinera, y eso ha supuesto que la expresión se haya consolidado hasta hoy, y haya adquirido su verdadero sentido para una interpretación de la náutica desde la antigüedad.

Pedro de Medina resalta su auténtico significado, describiéndolo así en 1545:

Entre las virtudes, tanto es alguna mayor quanto con las otras mas se comunica. Por lo qual la virtud de la justicia es mas perfecta entre las otras virtudes, porque mas comunica y participa con todas. Pues assi entre las artes el arte de la navegación es mas excelente que las otras, pues no solo comunica con ellas mas incluye en si las mas principales, es a saber Arithmetica, Geometria, Astrologia.⁷

Asimismo, en su *Regimiento de navegación* puntualiza lo anterior:

De la navegación de la mar (muy virtuosos señores) quatro cosas principales son las que yo considero. La primera la gran excelencia que esta arte tiene. La segunda el crescido provecho que della se sigue. La tercera el peligro muy notorio que en ella ay. Y lo quarto el importante cargo que los pilotos y maestros recibis: y la gran obligación que teneys de bien saber lo que para el tal cargo se requiere.⁸

Por su parte, el anónimo autor del *Coloquio sobre las graduaciones diferentes que las Cartas de Yndias tienen*, que algunos autores atribuyen a Hernando Colón, es mucho más explícito, al observar las deficiencias con las que se manejaban algunos pilotos y maestros en sus viajes hacia el Nuevo Mundo:

En el Arte de la navegación ay tres cosas principales que en ella sirven que son Altura, Carta y Aguja. (...)

Fulgencio: E la falta estuvo [se refiere a los problemas de una nave que regresaba] en el arte o en los ynstrumentos o en los pilotos por no les entender.

Theodosio: En el Arte no que pues es Arte cosa cierta es asique no en el arte. Mas en los ynstrumentos y en los que no saben usar dellos.

Fulgencio: Esta Arte es menester que se enseñe o solo se sabe con el uso.

Theodosio: Señor Fulgencio. En la navegación ay dos cosas que son arte y oficio. Quanto alarte que es saber llevar una nao de una parte a otra para esto como no ay por la mar

⁷ MEDINA, 1545. Resultan imprescindibles los estudios de CUESTA DOMINGO, 1998.

⁸ MEDINA, 1552.

caminos requierese tomarlos por el cielo. Y asi es necesario que se llegue a la altura del sol y la del Norte. Entender el aguja, saber la Cuenta de luna y mareas. Y otras cosas que el arte tiene; y las Reglas desto y como se entienden no las puede ninguno saber por si. Y asi conviene que tenga maestro que le enseñe. El oficio de la mar, ques tratar las xarcias y adereços desta nao Esto puede el hombre aprender por si con el uso desto.⁹

Rodrigo Zamorano, casi al final del siglo XVI, compendia *las razones y demostraciones desta Arte*, y su significado:

Toda la Arte con que se navega por derrotas y alturas, se divide en dos partes principales, Teorica, y Pratica. La Teorica da el conocimiento de la compostura de la Esfera del mundo en general: y en particular enseña el numero, figura y movimientos de los cielos, principalmente del primer mobil, noveno, octavo, quarto, y primer cielo: la figura, cantidad y sitio de los Elementos, principalmente tierra y agua: y los círculos que en esta Esfera se imaginan, sin cuyo conocimiento es imposible navegarse. La pratica enseña la fabrica, composición y uso de los instrumentos que en navegación sirven, qual es el Astrolabio, Ballestilla, Aguja, y Relox, con el regimiento del Sol y de la Estrella, las reglas de la Luna y de las mareas, y la declaración de la carta, con otras cosas a esto perteneciente.¹⁰

En síntesis, y de forma simple, navegar consiste en el arte de gobernar una nao, sin rumbo o con destino fijo, por ríos, mares y océanos, de un lugar a otro a pesar de las dificultades.

De los muchos factores de los que depende que dicho arte sea provechoso, en el siglo XVI español quisiera destacar dos: por un lado, la evolución experimentada por la estructura, dotación y pertrechos de los vasos protagonistas de la navegación, y, por otro, la comparación de las tablas astronómicas elaboradas por los tratadistas de dicho siglo, en función de la altura del sol y la declinación magnética.

2. LA FÁBRICA DE LAS NAOS

Es una obviedad que durante el siglo XVI las dos naciones ibéricas, sobre todo España, ejercieron una hegemonía marítima sobre las demás naciones europeas, en parte debido a su fortaleza. Las razones de esta supremacía se justifican en la implicación no solo de la Corona, (a partir de 1580 ambas unidas), sino también de amplios sectores de la sociedad que se veían favorecidos por esta expansión. Es lo que en otro apartado hemos denominado la unión de ciencia y tecnología, posible porque en ese momento se daban las condiciones necesarias para ello.

Ambas naciones contaban con reputados hombres de mar, con una gran experiencia y saber, que supieron plasmar en sus libros ese cúmulo de conocimientos para

⁹ “Coloquio sobre las graduaciones diferentes que las cartas de Yndias tienen. Ynterlocutores Fulgencio y Theodosio”, Real Biblioteca, Madrid, Identificador II/652 (7), pp. 300-321.

¹⁰ ZAMORANO, 1588.

hacer mejores barcos e instrumentos de navegación, mayor envergadura y sistemas de defensa y, de manera especial, la aplicación práctica de las medidas de la esfera (desde 1522 más acordes con la realidad), la declinación magnética y la realización de tablas astronómicas que, a pesar de sus deficiencias, facilitarían las derrotas oceánicas.

Era difícil establecer unas medidas tipo para la construcción de buques, la *nao* como vaso característico, aunque se procuró establecer reglas que permitieran adecuar la construcción a las nuevas exigencias náuticas, así como la dotación, los pertrechos, bastimentos y armas.¹¹

Por otra parte, las tripulaciones solían estar compuestas de gentes avezadas en los trabajos de marinería, a las que se les exigía además la defensa, y por lo mismo eficaces en las tareas cotidianas y extraordinarias de los viajes por mar. Suponía una garantía adicional en la navegación.¹²

Se da por supuesto que no todos los barcos utilizados en los años finales del siglo XV y principios del XVI estaban preparados para navegar por el océano, para una navegación de altura. Del viaje de Colón solo la *Santa María* podía acercarse a esa necesidad, si bien fue la única que naufragó en las Antillas,¹³ aunque las otras dos resistieron los embates de las tormentas atlánticas en su viaje de regreso. Las naves de la expedición de Magallanes tampoco parecían ofrecer la garantía y seguridad suficiente para el propósito del viaje, y, sin embargo, resultaron efectivas, habida cuenta la habilidad y categoría de los conocimientos náuticos de sus pilotos y maestres.

Barcos mercantes utilizados con fines descubridores es la realidad que presentaban ambas naciones en ese primer período, a partir de la cual se fortalecería su sistema de armamento y defensa.

La construcción de barcos se convirtió en una actividad sobresaliente en astilleros y atarazanas de las costas, en especial del Norte y Levante, sin olvidar Sevilla.

¹¹ Para entender, ver y analizar la historia de la construcción naval en España resulta imprescindible el interesante libro de RUBIO SERRANO, 1991.

¹² GARCÍA DE PALACIO, 1587 y 1993, en el apartado dedicado a los marineros, además de señalar las tareas que estaban obligados a hacer, añade que, si supieran manejar los instrumentos para tomar la altura y arrumar las guardas de la noche y saber dónde está el sol y la luna, se les estimaría más, aunque bastaría con que fueran “diligentes en obedecer, y a acudir a los aparejos donde se les mandara y animosos en las necesidades”. Lo más significativo es que las cualidades exigidas eran ser “diestros, hombres de vergüenza y que tengan algún caudal y que ayan navegado”.

¹³ COLÓN, 1995. En su *Diario* afirma que los tres navíos era “muy aptos para semejante fecho”. Sin embargo, la realidad de que no era así se hizo patente muy pronto porque a los tres días de salir a la *Pinta* “desencasose el gobernalle”, es decir, perdió el timón, y solo pudo salvarse gracias a la habilidad de Martín Alonso Pinzón, su capitán, para poder llegar a Canarias, donde le hizo un timón nuevo, al no poder encontrar otro barco. También allí se vio obligado a convertir la *Niña* en carabela, añadiéndole un palo más a los dos que tenía, por lo que, según Hernando Colón, el trinquete y el mayor estaban aparejados con velas redondas o cuadradas, y el nuevo de mesana con latina, para así poder seguir a las otras dos, COLÓN, 1984.

Por fortuna, se conservan representaciones de dicha actividad. Al fijarse como objetivo el aumento de volumen y de la capacidad de carga se hizo necesario articular una serie de medidas técnicas en su estructura que la hicieran posible.¹⁴

Durante el siglo XVI se fueron sucediendo *Instrucciones* y *Ordenanzas* que afectaron a todos los aspectos de la navegación oceánica, especialmente los relacionados con el pasaje y el comercio a partir de 1503, cuando se crea la Casa de la Contratación en Sevilla. Asimismo, destaca la vigilancia de la seguridad, pues ya en 1509 se otorgan poderes para la inspección de cuanto buque se fletara. Oficiales y visitantes ponían también el énfasis en las condiciones y cantidad del aparejo, incluyendo pertrechos, bastimentos y material de defensa que debían certificar.¹⁵

Este cambio en las exigencias comenzó a producirse ya a la vuelta del primer viaje de Colón, a partir de la carta que Hernando de Zafra dirigió a los Reyes Católicos en 1493, que propició las Pragmáticas de 21 de julio de 1494 y la de 20 de marzo de 1498, ofreciendo ventajas y gratificaciones a los constructores.¹⁶

Que la construcción de barcos fue muy intensa durante el siglo lo prueba el hecho de que solo en los astilleros de Guipúzcoa se hicieran un total de 357 navíos de distintos tipos y tonelajes.¹⁷ Lo mismo puede decirse de Cantabria¹⁸ y ya en 1505 fueron entregadas en Barcelona nueve naves.

Localizar esta excelente producción en el Norte se justifica por contar con dos de los materiales imprescindibles para su ejecución, como son la madera y el hierro. La abundancia de bosques y la existencia de excelentes fundiciones del mineral constituían el soporte básico de dicha industria.

Esta actividad creció y se consolidó porque se implantaron medidas y reglas específicas de trabajo y producción, hoy consideradas capitalistas, entre las que destacaba una especialización de las tareas laborales: constructores, carpinteros de división, de ribera y de blanco, calafates, cordeleros, ancoreros, etc.¹⁹

¹⁴ Ver la obra de PÉREZ-MALLAÍNA BUENO, 2020 para Sevilla. A pesar del pesimismo de su obra, F. Javier de Salas no deja de tener razón cuando afirma que “la marina del mundo antiguo no era digna de saludar al nuevo mundo: la carraca debía sustituir a la galera; la coca a la carraca; la carabela a la carraca, y a la carabela el galeón. El inmenso piélagos exigía buques de mayor porte”, SALAS, 1870, p. XIII.

¹⁵ Una aproximación a esta circunstancia puede seguirse en TRUEBA, 1983, pp. 85-132.

¹⁶ FERNÁNDEZ DURO, 1879, t. V, p. 10. Y *Recopilación de Leyes de los Reinos...* tít. XIII, lib. III y tít. X, lib. VII, ley 7^a.

¹⁷ ODRIOZOLA OYARBIDE, 1998, 2, pp. 93-146. También RIVERA MEDINA, 1998, 2, pp. 49-92.

¹⁸ MARTÍNEZ GUITIÁN, 1915. Interesantes también las colaboraciones en el programa *El Astillero de Guarnizo* con motivo de la Exposición en el pabellón de Cantabria de la EXPO '92.

¹⁹ En los inicios del siglo XVII los encontramos agrupados en Cofradías y Hermandades. *Recopilación de Leyes*, 1841, T. IV, Libro IX, Título XXVIII, Leyes XV, XVI, XVII.

No puede dejarse de lado que paulatinamente la carabela va a ir siendo sustituida por navíos de mayor porte para el intercambio de mercaderías, pasando a convertirse en barcos destinados a la defensa por su mejor maniobrabilidad.²⁰

La madera es el material esencial e imprescindible en su fabricación. El gran número de bosques existentes en la Península favoreció el auge de la construcción durante dicho siglo XVI, aunque en sus años finales y en la siguiente centuria se consideró necesario protegerlos, lo que redujo durante un tiempo la actividad en astilleros y atarazanas.²¹

En principio las maderas más utilizadas se correspondían con las variedades y especies existentes en nuestros montes, desde el roble al castaño, pasando por el pino, el abeto, el olmo, el fresno, la encina, el alcornoque, etc. Es significativo el asignar a cada tipo de madera una función específica en la fabricación de los distintos componentes de las naves.²²

Juan de Escalante (1575) es muy explícito en la utilización de los distintos tipos de madera, y en cuándo se han de talar los árboles.²³ El roble, en sus diversas variedades, es el mejor para la quilla, el timón, los curbatones y las ligazones, aunque en éstos últimos también se puede utilizar la encina.²⁴ Para las obras altas, que los marineros llaman muertas, es mejor el pino de Utrera; y los mástiles y entenas deben ser de pino de Flandes. Las gavias livianas para no dar peso a la nao; las jarcias de cáñamo de Calatayud, y las velas delgadas, recias y tupidas del mejor lienzo.

Fernández Duro resume este procedimiento de construcción sobre la base de la unidad de medida, el *codo*,²⁵ y la regla teórica llamada:

²⁰ Fernández Duro destaca cómo la carabela va a ir perdiendo importancia a lo largo del siglo XVI, aunque se seguirán construyendo y siendo utilizadas “para determinadas comisiones”, como es el caso de la armada del capitán Íñigo de Artieta, prevista para Indias, pero que fue utilizada para transportar a África a Bobdil y los suyos. Precisamente Artieta consideraba a su carabela como la capitana, porque “no puede pasar sin llevarla, porque es como corredor para descubrir tierra, y aun para robar si fuere menester”. Hace notar su ausencia en la Invencible, y después en Lepanto, Túnez y Terceras. “Las carabelas” (1874) NÁUTICA. Edades Media y Moderna s/r, pp. 573 y ss.

²¹ Real Orden de 17 de marzo de 1606. Véase MELERO GRILLO, 1989, pp. 145-171.

²² Para una más amplia información MELERO GRILLO, 1989.

²³ Para cortar el árbol hay que aprovechar cuando “se acaba de caer la hoja y fructa del mismo arbol que se quiere cortar en el principio del día de el segundo quarto de la menguante de la luna porque entonces están los arboles con menos humedad y mejor sabor y dispusicion”. ESCALANTE, 1985, p. 23.

²⁴ Sin embargo, la Instrucción de Felipe II del 26 de marzo de 1577 ordena que no se hagan mástiles de roble “porque tienen inconvenientes”. *Recopilación*, 1841, p. 19. t. IV, Libro IX, Título XXVIII, Ley VI.

²⁵ FERNÁNDEZ DURO, 1879, t. V. El codo es la medida de longitud utilizada en la fábrica de las naves. Lo normal es que sea el codo de ribera la referencia básica de la arquitectura y los aparejos, corroborada en todas las Ordenanzas e Instrucciones relativas a dicha fábrica. Como el codo y el codo de ribera tienen distintas medidas, se toma como unidad la vara castellana, que equivale a 83,59 cms., por lo que el codo representa y se va a fijar para todo el siglo en las Ordenanzas de principios del XVII en 2/3 de vara. Así, vendría a tener 57,06 cms. Esta misma medida es la que se utilizó para la reconstrucción de la carabela Santa María en 1892, según el Informe presentado por Fernández Duro y Monleón.

Tres, dos y as; esto es, en que la manga debía ser la mitad de la quilla, y proporcional al puntal; o lo que es lo mismo, que determinaba la longitud o largo del vaso, éste había de tener de ancho una mitad, y altura convencional, que no pasara de los dos tercios de dicho ancho. El aparejo se limitaba en un principio a enormes palos machos o de una sola pieza, cargados de jarcia, con gavias o sea cofias circulares en el extremo alto; una verga en cada palo con velas cuadradas, denominadas papahigos, con dos apéndices o bonetas, que se añadían a medida que la verga ascendía o se izaba más alta; cebadera en el bauprés, y latina en la mesana.²⁶

Aunque, como él mismo afirma, esto provocaba problemas que solían afectar a su estructura.

La necesidad de contar con naves de mayor envergadura se hizo patente en el primer tercio del siglo XVI, aunque ya figuraba en la Carta de Hernando de Zafra en 1493, citada anteriormente. En la expedición de Magallanes, la nave mayor, la *San Antonio*, solo tenía 120 toneles de carga, y la *Victoria*, la que regresó al mando de Elcano, solo era de 85 toneles.²⁷

En la época del emperador, el aumento de la capacidad del galeón hizo que se convirtiera en el barco español por excelencia, redondo como los de vela y largo como las carabelas; incluso así es y era considerado por el resto de las naciones.

El incremento de la actividad comercial con destino a Indias y al extremo oriente, acompañado de las relaciones con Inglaterra y Flandes, propició esa mayor capacidad. También la urgencia de contar con naves artilladas que hicieran frente al corso y protegieran los convoyes, aunque para estas misiones fue muy utilizada la carabela.

Alonso de Chaves, cosmógrafo, quiso convertir su *Espejo de navegantes* (ca. 1537) en un auténtico manual de navegación.²⁸

²⁶ FERNÁNDEZ DURO, 1879, T. V, p. 12.

²⁷ A partir de aquí se hace necesario precisar la relación toneles-toneladas, aunque la referencia de ambas sea la capacidad. Juan de Escalante lo explica en su obra citada de 1575, si bien en 1570 Cristóbal de Barros (Archivo General de Indias, leg. 17 de los de Buen Gobierno) lo había expuesto en un discurso presentado al Rey. Juan de Escalante; “En nuestra Hespaña havemos usado y usamos deste nombre toneladas el qual modo de hablar y medirse nos queda de los mareantes vizcaínos de ciertos toneles que en su tierra y en sus naos antiguamente acostumbraron a cargar y assi se dan. A entender por toneles y nosotros en nuestra navegación por toneladas, pero no es todo. Una mesma cosa ni una medida porque diez toneles de Vizcaya son doze toneladas de las nuestras y assi va a dezir de lo uno a lo otro, veynte por ciento. El tamaño y medida de una tonelada de las que nosotros vamos son dos pipas de vino o de agua o de lo que las quisieren enchir de las de veynte y siete arrobas y media que se hacen en el Arrabal dicho la carreteria de Sevilla, frontero al Rio, y a la mesma medida y volumen están reducidas todas las toneladas de mercaderías de qual quier suerte y genero que sean que van en esta flota, y por esta cuenta entendemos la carga que pueden llevar y llevan nuestras naos...”, ESCALANTE, 1985, p. 22.

²⁸ Al igual que harán posteriormente Pedro de Medina y Martín Cortés, considera que su trabajo es el primero que se ha hecho sobre la materia, obviando a Fernández de Enciso y Falero: “la qual obra otra semejante y de tanto provecho antes desta nunca sea visto ni escrito aeste p(ro)posito” (Libro quarto,

El marino, don Álvaro de Bazán, al que algunos autores atribuyen ser el inventor del gran galeón, solicitó del Emperador licencia para introducir una serie de mejoras en la estructura de los navíos que se construyeran para hacerlos más seguros ante las vicisitudes e imponderables de la navegación. Y, de igual forma, con una más amplia y efectiva capacidad defensiva. La licencia le fue concedida para diez años en Valladolid el 15 de enero de 1550.²⁹

Las innovaciones propuestas se pueden concretar en: dos cubiertas, una de ellas un palmo por debajo de la línea de flotación, para salvaguardarla en caso de golpes de cañón, perfectamente artillada con portañolas, y la otra con el costado tan alto que la haga muy fuerte a la mar y a los enemigos, también con portañolas a la redonda; la elevación de esta cubierta debía servir de andén de muralla con antepecho de pilares y batallotas y pavesada, para que la infantería pudiera combatir; la elevación de una sobrecrujía desde popa a proa con cuarteles levadizos para cerrar el navío; situar en la entena mayor “dos espingones enlamados con dos medias velas que vengan desde lo alto abaxo engañonadas con la vela mayor”; posibilidad de entrar en puertos, a pesar de sus dimensiones.

Este aumento del arqueo y la serie de innovaciones no debieron estar suficientemente adaptadas y ejecutadas, porque a la altura de 1575 Juan de Escalante las puso en entredicho criticándolas “por muy grandes y desacomodadas”.³⁰

Diego García de Palacio, en su *Instrucción nauthica para el buen uso, regimiento de las naos* (1587) postula una serie de medidas que mejoren todos los aspectos de las naves, desde la estructura hasta los bastimentos necesarios. Sin duda, la sugerencia de mayor significado es la de que quienes construyan las naves han de ser además muy buenos marineros, y que no se consintiese hacerlas a maestros que no lo fuesen, porque de esta manera conocerían perfectamente los efectos del navío.³¹

Se llega a las Ordenanzas de 1606, 1613, y, sobre todo, las de 1618, dictadas por el Almirante General de la Armada don Diego Brochero, muy minuciosas en todas

tratado cuarto, f. 74). *Quatri partitu en cosmographia pratica*, por otro nombre llamado *Espejo de navegantes* (ca. 1537), Manuscrito, Real Academia de la Historia, Signatura 9/2791. Recientemente ha sido estudiado por AGUIAR AGUILAR, 2019.

²⁹ Real Cédula reproducida por FERNÁNDEZ DURO, 1879, t. V, pp. 14-18. Según este autor está tomada del Archivo del marqués de Santa Cruz por Antonio Rodríguez Villa. Añade que los dos primeros galeones construidos por este sistema fueron el *San Pedro* y el *San Pablo*.

³⁰ Aunque no niega las ventajas de los grandes navíos, es partidario de naos de mediano porte, propone las 500 toneladas, y pone ejemplos de los desastres acaecidos a los grandes galeones en años anteriores. ESCALANTE, 1985, p. 23.

³¹ “Que no esta la arte dela nao en solo ser carpintero de ribera, que muchos lo entienden: sino en buen ingenio y traça, y en saber que es la causa quando no gobierna bien: y sino se sustenta vela, si anda poco, si peneja: quando cabeçea mucho, si teme la mar, si lança en pompa o al quartel ó al través: sino quiere arribar ó no yr de loo con poca ó mucha bela, y otras mañas que la experiencia enseña para que sabiéndolas, y la ocasion de donde proceden, se haga y pida la nao perfecta y bien acabada.” *Instrucion nauthica*, Libro Primero, f. 7.

sus especificaciones, para navíos desde nueve codos de manga y 80 toneladas hasta 22 codos y 1.074 $\frac{1}{4}$ toneladas, aunque para las flotas de Indias no se construirán navíos de más de 18 codos de manga con el fin de que puedan entrar y salir de Sanlúcar y de San Juan de Ulúa.³²

Hay que reseñar que en 1611 Thomé Cano advierte sobre la mala ejecución de algunos navíos, abundando en que no se tienen en cuenta el orden, la trabazón, la fortaleza, la cuenta, la regla y la medida. El problema, según él, es no saberle dar los tamaños que han de llevar conforme a la manga, por lo que salen mal formados y proporcionados.³³

La descripción de aparejos, artillería y munición y bastimentos, supera los límites impuestos a esta comunicación.

3. USO ASTRONÓMICO EN LA NAVEGACIÓN

3.1. Antecedentes

La navegación que se inaugura con las rutas oceánicas va a ser tributaria de conocimientos científicos y técnicos, algunos desconocidos hasta entonces, que harán posible un desplazamiento por mar más fiable y seguro. No es baladí que el manejo de un navío requiera de una capacitación especial para saber utilizar los instrumentos imprescindibles en cualquier operación, además de poseer e interpretar cartas exactas y el conocimiento astronómico suficiente para obtener la información proporcionada por los astros. Pedro de Medina consideraba la gran sutileza del arte de navegar en el hecho de que “un hombre con un compás y unas rayas señaladas en una carta sepa rodear el mundo y seguir de día y de noche a donde se ha de allegar, y de donde se ha de apartar y quanto”.³⁴

Fue junto a los grandes ríos del próximo y lejano oriente donde surgieron los primeros estudios científicos sobre el universo conocido, en especial sobre la Luna, y donde se elaboraron los primeros calendarios tomando como base los ciclos lunares, con el fin de adaptar las actividades de la vida diaria a dichos ciclos. Le debemos, pues, a los babilonios el descubrimiento de planetas y constelaciones, el Zodíaco (sigue siendo convencional dividir el arco zodiacal en doce signos de 30° cada uno, cuyos nombres responden a los de las constelaciones), la división del día en 24 horas, y éstas a su vez en un sistema sexagesimal.

³² Lo más destacado es la tajante afirmación de que los navíos que se fabricaran desde este momento serán “conforme a estas Ordenanzas sin exceder un punto”.

³³ CANO, 1611, f. 15 y ss.

³⁴ MEDINA, 1545, f. III.

Europa es heredera y deudora de Grecia y Roma, y, por lo tanto, es ahí donde hay que indagar las raíces del conocimiento empírico y práctico, relacionado con esta esfera terrestre.

A partir del primer milenio a. C. Grecia se convierte, recogiendo enseñanzas anteriores, en el centro intelectual y experimental del mundo antiguo. La pléyade de científicos que estudian la naturaleza del mundo que nos rodea ofrece una idea de cómo progresó la especulación relativa a la composición y organización del cosmos, aunque era inevitable situarla desde una perspectiva geocéntrica.

La complejidad de los problemas a los que se enfrentaron los pensadores griegos mantuvo vivo el debate de la situación de la tierra con referencia al sol, de la medición de la superficie terrestre y, por supuesto, de la forma del planeta.

Esta cosmología racional supuso un gran logro científico, a pesar de los evidentes errores, que perduraría hasta bien entrada La Edad Moderna.

Es natural que la observación del cielo y del movimiento de las estrellas indujera a considerar que el sistema se basaba en que la Tierra era un astro fijo y que el universo visible se organizaba en círculos concéntricos a su alrededor, como la expresión ideal de dichos movimientos, aunque no es el momento de hacer balance de las interpretaciones que las distintas y sucesivas escuelas y pensadores griegos aportaron al conocimiento científico del universo.

El resumen y axioma de este sistema es que la Tierra se supone en el centro del universo, que los demás astros giran en esferas concéntricas circulares y uniformes y que ya no se duda de su esfericidad. Será Ptolomeo, en el siglo II d. C., el que fijará este sistema durante muchos siglos, a partir de esos axiomas,³⁵ y eso a pesar del grave error que supuso aceptar las medidas terrestres de Posidonio y no las más correctas de Eratóstenes.

Además de los círculos perfectos de los siete cuerpos celestes, Ptolomeo añadió otro superior, el Primer Móvil, que hacía actuar a los demás.³⁶ No obstante, otro de sus grandes errores fue negarle a la Tierra cualquier movimiento, criticado por Copérnico, pero seguido por los tratadistas españoles.³⁷

³⁵ Un ejemplo de cómo perduraron las ideas de Ptolomeo, al margen de cosmógrafos y matemáticos, lo tenemos en el Padre José de Acosta, que, al final del siglo XVI, en 1590, dedica varios capítulos a demostrar la redondez del cielo y que la Tierra es el centro del universo, ACOSTA, 1987.

³⁶ Planteamiento que siguen los tratadistas españoles del XVI y parte del XVII. Todos los movimientos concretados en una vuelta perfecta de 24 horas alrededor de la Tierra. Sin embargo, como resultaba complicado explicar las distintas posiciones de los astros que se observaban, Ptolomeo optó por establecer epiciclos diferentes en los que los astros presentaban otra rotación, lo que le obligó a considerar la existencia de múltiples esferas, como consecuencia de los sucesivos movimientos de los planetas y el sol.

³⁷ COPÉRNICO, 1997, Libro primero, Capítulo XI. En cuanto a lo segundo, por ejemplo, CORTÉS, 1551, cap. VI, «De la inmutabilidad de la Tierra».

En los siglos XV y XVI, por lo tanto, seguía vigente este complicado sistema, cuya duración de más de mil cuatrocientos años parecía hacerle inmutable e insustituible. Ya fue objeto de estudio desde la Edad Media, a través de los árabes y, de manera destacada, por nuestro Rey Sabio, y su Escuela de Traductores de Toledo, dando a luz su *Libro del Saber de Astronomía*, con sus famosas Tablas, que, junto a la Partida II, puede afirmarse que constituyen el primer tratado del Arte de navegar. Aunque ya en el siglo XV, Nicolás de Cusa rechazara este sistema.

Copérnico publicó su heliocentrismo en 1543, (“Y en medio de todo permanece el Sol. Pues, ¿quién en este bellissimo templo pondría esta lámpara en otro lugar mejor, desde el que pudiera iluminar todo? Y no sin razón unos le llaman lámpara del mundo, otros mente, otros rector... Tan admirable es esta divina obra del Optimo y Máximo (Hacedor)”), el mismo año de su muerte, y su influencia sobre los españoles fue escasa hasta bien entrado el siglo XVII,³⁸ a lo que contribuyó la persecución de sus ideas por parte de los protestantes, en especial por el propio Lutero, que, en cierto modo, obligó a la Iglesia Católica a prohibirlas al comienzo de dicho siglo.

3.2. Coordenadas y tablas

La navegación atlántica impuso nuevas condiciones, obligando a pilotos y maestros a tener conocimientos del mar y de los vientos, de la situación del sol y de las estrellas, de la determinación exacta de la latitud y de la longitud y de la declinación magnética de la esfera terrestre, todos ellos datos astronómicos imprescindibles para hacerla posible. En efecto, para navegar por los inmensos espacios oceánicos, sin referencias visibles, se hizo necesario recurrir a las observaciones del cielo diurno y nocturno, dando por supuesta la esfericidad de la Tierra, que Elcano y los suyos se encargaron de demostrar en 1522.

Es un hecho innegable que Colón conocía la cosmografía de Ptolomeo,³⁹ y que, junto a Toscanelli (las famosas *Cartas*), Eneas Silvio Piccolimini, Pio II (*Historia*

³⁸ Si bien en estos siglos en España no se hicieron ediciones de las obras de Ptolomeo, es, sin embargo, el principal autor seguido y citado por los cosmógrafos del XVI, y antes por el propio Colón, por lo que va a ejercer una considerable influencia. Es lo que SÁNCHEZ, 2011, ha denominado “el renacer de Ptolomeo”, patrocinado por la Corona y por las Universidades de Salamanca y Valencia. Por otra parte, aunque García de Céspedes sigue a Copérnico en su *Regimiento de navegación* (1606) en el cálculo de la precesión de los equinoccios, será Juan Cedillo Díaz, Cosmógrafo Mayor y Catedrático de Matemáticas, sucesor de García de Céspedes en 1611, el que traducirá una parte de la obra copernicana *Ydea astronómica de la fábrica del mundo y movimiento de los cuerpos celestiales*, Manuscrito de la Biblioteca Nacional de España, digitalizado en Biblioteca Digital Hispánica, dado a conocer, entre otros, por Miguel Ángel Granada y Félix Gómez Crespo.

³⁹ Esta circunstancia ha sido estudiada por la Académica Carmen Manso Porto, a partir del ejemplar de la edición de 1478 de la *Cosmographia*, que se conserva en la Academia de la Historia, con notas marginales de Colón.

Rerum) y Pedro de Ailly (*Imago Mundi*) constituían la fuente de inspiración de sus sueños descubridores.⁴⁰

En este tiempo Portugal, sin olvidar las ideas de Ptolomeo, es la gran adelantada en dichos conocimientos, habida cuenta de sus expediciones a las Azores y Cabo Verde y a bordear la costa africana.⁴¹

Los tratadistas españoles siguen sujetos a esas mismas ideas y consideran que la luna, el sol y el resto de los planetas describen órbitas circulares alrededor de la Tierra. El astrónomo de Alejandría elabora además una Tabla, la Tabla de las cuerdas, en las que éstas describen medio grado, que debía resultar indispensable para la medición y el cálculo astronómico, básico en el navegar. En este sentido, el respeto a los antiguos condiciona todo el saber, incluso durante buena parte del siglo XVII.

La navegación hacia Indias desde finales del XV, y a partir de la llegada de la *Victoria* con Elcano, hacia el Maluco y Oriente, hubiera sido imposible sin la existencia de pilotos y maestros dotados de los conocimientos precisos para poderla llevar a cabo. La preocupación manifestada por tratadistas en el sentido de que faltaban buenos y especializados navegantes⁴² trató de ser compensada por la Ordenanza de 1552, al establecer la Cátedra de Cosmografía y su plan de enseñanza, así como las sucesivas Instrucciones de los Reyes para favorecer la formación.

Para evitar las dificultades que surgían en la interpretación acertada de los datos astronómicos, cosmógrafos españoles del XVI, comenzando por Fernández de Enciso, elaboraron *Tablas* que facilitarían la comprensión de esos datos y así situar correctamente la posición de las naos y sus derrotas.⁴³

Francisco Falero, mucho antes de la citada Ordenanza, había esquematizado los conocimientos que cualquier iniciado en el arte de navegar debería conocer. El principio básico imprescindible lo define: “apuntamiento de la equinoccial y altura del polo una misma cosa es; porque quantos grados se aparta uno de la equinoccial, tantos tiene de altura del polo y no puede aver uno sin lo otro”.⁴⁴

⁴⁰ Es evidente que los datos proporcionados por ellos adjudicaban una longitud de la Tierra alejada de la realidad, a los que, sin embargo, se aferró el Almirante hasta el último momento. Resultó uno de sus graves errores para llegar a Cipango y Catay, pero afortunadamente alumbró un mundo nuevo. CEREZO MARTÍNEZ, 1995, pp. 37-44, ha analizado esos errores y discrepancias náuticas.

⁴¹ De nuevo hay que citar al padre ACOSTA, 1985, p. 73: “Y asi los mas diestros pilotos que se curan del Crucero, sino por el astrolabio toman el sol y ven en él la altura en que se hallan. En lo cual se aventajan comúnmente los portugueses, como gentes que tienen mas cursos de navegar de cuantas naciones hay en el mundo”.

⁴² Hernando Colón, Martín Cortés y Alonso de Santa Cruz, entre otros.

⁴³ Las Tablas de Fernández de Enciso están calculadas para el año 1532 y siguientes; las de Martín Cortés, para el año 1545; las de Rodrigo Zamorano, a partir de 1584 y las de Diego García desde 1586. Las reproduce Ruiz y Ruiz, 1842. Han sido publicadas también por Iqbal, 1983.

⁴⁴ FALERO, 1535.

Navegar por el océano sin puntos de referencia cercanos requería un sistema especial de localización, relacionado con el sol, la luna y las estrellas, además de las coordenadas geográficas de la Tierra, latitud y longitud, porque la altura es siempre constante. Sin los datos que proporcionan sería imposible fijar la posición de cualquier punto sobre la superficie terrestre, sobre todo en el mar.

La latitud apenas presentaba dificultad, toda vez que bastaba conocer la línea equinoccial y el curso del sol durante el día y las constelaciones cercanas al polo con la altura de este sobre el horizonte, las Guardas y la Estrella Polar, o la Cruz del Sur, para saber el punto más o menos exacto de Norte a Sur.

Para todos los cosmógrafos la línea equinoccial representaba el círculo perfecto, porque *ciñe o rodea* el mundo, pasa por el centro de la Tierra dividiéndola en dos partes iguales, y que, como Ptolomeo afirmaba, es el único círculo paralelo que siempre es dividido en dos por el horizonte, y que cuando el Sol discurre sobre él sirve para demostrar los equinoccios.⁴⁵

Determinar la longitud sería encontrar el punto en el que un meridiano corta el ecuador u otro cualquier paralelo tanto de latitud norte como de latitud sur. Se precisaba, sin embargo, una referencia horaria en tierra, es decir, un meridiano cero, que para los españoles en ese momento lo constituía la isla de Hierro.⁴⁶

Rodrigo Zamorano lo explica de forma simple, pero su cálculo no era tan sencillo:

Lo que los Cosmógrafos llaman Longitud, llaman los Marineros apartamiento de la línea derecha, y camino de Lesteoste, y altura de Lesteoste; y es la parte de un Lesteoste comprendida entre dos Meridianos, que el uno passa por el punto, o lugar de donde partimos, y el otro por el punto donde está la nao. Este apartamiento de la línea derecha se conoce mediante dos cosas, que son derrota, y variación de altura, o derrota y distancia.⁴⁷

Era, sin duda, el problema más grave con el que se enfrentaban los marinos.

Como de todos es sabido, si la Tierra fuera una esfera perfecta cualquier arco de meridiano tendría la misma longitud a lo largo de dicho meridiano, pero al ser de forma elipsoide un arco de meridiano de un grado tendrá valores diferentes según la latitud. A 0° el arco de un grado vale 110.576 metros, pero a 90° vale 111.576 metros.

⁴⁵ Pedro Nunes demostró que si se navega con rumbo constante la navegación no sigue un círculo máximo, sino que se produce una curva irregular que culminaría en el polo, a la que se denomina curva *loxodrómica*.

⁴⁶ Desde la antigüedad se fueron escogiendo puntos de origen a uno de los dos de intersección del Ecuador y del recorrido del sol durante un año, la eclíptica. En el siglo XVI se tiene el testimonio de Alonso de Santa Cruz para considerar la isla de Hierro como el meridiano cero. SANTA CRUZ, 1921. Pedro Apiano también establece el meridiano cero, de forma genérica en las Canarias. APIANI, 1540, f. IX. Existe versión española, APIANI, 1575. Un ejemplar se conserva en la Biblioteca Universitaria de Granada.

⁴⁷ ZAMORANO, 1588, f. 47.

Así, la milla marina, con una longitud de 1852 metros, se corresponde con la longitud de un arco de 1 minuto medido en la latitud de 45°.

Durante los siglos XVI, XVII y parte del XVIII se fueron sucediendo las propuestas reales para hallar con precisión la longitud, el *punto fijo* como se denominó entonces, y así hacer más seguro el navegar.⁴⁸

Alonso de Santa Cruz propuso distintas maneras para saber las distancias por vía de longitud, cuyo fundamento residía en que, yendo de Oriente a Occidente, o en el sentido contrario, a cada grado de longitud corresponden cuatro minutos de la hora. Comprobó que la aguja de marear nordesteaba o noruesteaba en todas las partes de la tierra, por lo que:

puse de 15 en 15 grados muchos meridianos y debajo de cada uno dellos, fuera de la carta. Escribí lo que en cada uno nordesteaba o noruesteaba allí la aguja tocada con la magnete o piedra imán para que los pilotos que saliesen de España, conforme a lo que hallasen que nordesteaba o noruesteaba el aguja en la parte o parage donde se hallasen, supiesen de cierto que tantos grados estaban apartados verdadero o de España do habían salido, presuponiendo que en el meridiano de la ciudad de Sevilla se halla nordestear el aguja media cuarta.⁴⁹

La afirmación de Ptolomeo de la inexistencia de cualquier movimiento de la Tierra atribuyó al giro del sol la duración de 24 horas del día, lo que unido al conocimiento de que al paralelo del Ecuador le correspondían 360°, llevó a la conclusión de que cada hora representaba 15° en la latitud equinoccial (Alonso de Santa Cruz). Por otra parte, la medición posterior del perímetro ecuatorial de la Tierra, un poco más de 40 000 kms., supuso ajustar las distancias a 1700 kms., aproximadamente cada 15°. Circunstancia totalmente desconocida en el viaje de Colón y los viajes posteriores hasta la expedición de Magallanes y Elcano.

La fijación de la hora en cada lugar y en cada punto del océano constituía de por sí el otro problema adyacente. Los instrumentos utilizados, aguja de marear, ballestilla, cuadrante, ampolletas, etc., que son descritos con todas sus características en los tratados del XVI, proporcionaban el mejor y más apreciado recurso de la navegación, si bien a algunos, en especial al reloj, las vicisitudes del viaje les impedían transmitir una información correcta. Hubo que esperar varios siglos hasta dar con un reloj al que no le afectaran. Hay que incluir en este apartado las cartas náuticas.

El propio Alonso de Santa Cruz fabricó aparatos para facilitar el arte de navegar, aunque no fue el primero porque ya Rui Faleiro los hizo para la expedición de Magallanes, siendo utilizados por el desafortunado cosmógrafo de dicha expedición Andrés de San Martín, aunque se demostró que eran poco fiables. Se tiene constancia

⁴⁸ Una muy amplia información sobre este punto puede seguirse en FERNÁNDEZ DE NAVARRETE, 1852, tomo XXI. También en FERNÁNDEZ DURO, 1972, t III, pp. 437-451. Entre los ejemplos cita cómo hasta Cervantes crítica esta búsqueda en *El Coloquio de los perros*.

⁴⁹ SANTA CRUZ, 1921, p. 28.

también de que García de Toreno construyó, por encargo de Magallanes para la misma expedición, 18 cartas y 2 agujas de marear.

Otro de los elementos imprescindibles para el buen arte de marear del siglo XVI fue la utilización de la variable de la declinación magnética de la Tierra,⁵⁰ la variable *principalissima* según Rodrigo Zamorano, que durante casi todo el siglo no llegó a precisarse con exactitud en los 23° 27', la media final de la inclinación de la eclíptica, aunque llegaran a aproximarse, como es el caso de Rodrigo Zamorano con sus 23° 28', que utiliza el meridiano de Sevilla.⁵¹ De ahí que, igual que Ptolomeo hiciera con sus Tablas de cuerdas, se elaboraran Tablas astronómicas con la situación del sol todos los días del año para enseñanza de pilotos y maestros que navegaban hacia Indias o hacia Oriente. El mismo Rodrigo Zamorano aconsejaba que se elaboraran cada 16 años.

Se va a seguir también aquí el modelo de Ptolomeo, aunque no puede dejarse de lado el conocimiento de las Tablas Alfonsíes y la utilización de las de Abraham Zacut, aunque unas y otras tuvieran errores, como demostró Alonso de Santa Cruz y experimentó Andrés de San Martín en la expedición de Magallanes y Elcano.

Fernández de Enciso (1519) trató de fijar la posición de los navegantes a partir de la estrella del Norte “que llaman polo: no es el polo porque el polo no se ve y la estrella es una estrella de la guarda la más cercana al polo. y como esta anda al derredor del polo juntamente con las otras de la guarda a que llaman bozina”. Sus datos relacionando la altura y las leguas navegadas, y sus Tablas, antecedieron en el tiempo a las que elaboraron Falero, Medina, Pozas, Diego García y Zamorano.

Antes de exponer el Cuadro comparativo de algunas de las Tablas de declinación elaboradas durante el XVI, es preciso tener presente el porqué se hacen en ciclos de cuatro años, salvo Martín Cortés que utiliza solo uno. Lo han explicado muy detalladamente Rodrigo Zamorano y Diego García: el primer año, después de bisiesto, tiene 365 días y 6 horas; el segundo, tiene 365 días y 12 horas; el tercero, 365 días y 18 horas; el cuarto, bisiesto, completa los 366 días.

Y pasado este cuarto año comienza otra vez la mesma cuenta: y por esta razón no son todos los días de un año iguales con los de otro, en grados y minutos. Demanera que quando v.m. uviere de tomar el altura del sol, ha de tener que año es ... para que sabido entre en la tabla de aquel año y mire el mes y el día de que se halla aver tomado la altura:

⁵⁰ No es necesario explicar que el norte geográfico no se corresponde con el norte magnético y que los polos geográficos, que son una consecuencia del eje de rotación de la Tierra, no son lo mismo que los polos magnéticos, aunque ambos se encuentren cercanos. Eso no impide su distanciamiento, desplazándose el norte magnético cada año. La declinación magnética sería el ángulo que forman el Polo norte magnético, que es el que indica la brújula, y el Polo norte geográfico. Ángulo que puede variar según el lugar, pero también según el tiempo, desde 0° a 180°. Si la declinación es hacia oriente es negativa, mientras que si el norte magnético se encuentra a la derecha del geográfico es una declinación positiva.

⁵¹ La inclinación del eje de la Tierra, fundamental en la variación de los días y las estaciones, es el condicionante de que el ecuador y la eclíptica formen un ángulo que ha solido fijarse en 23° 27', *la oblicuidad de la eclíptica*.

que hallara puntualmente la declinación o apartamiento que el sol tenía de la línea equinoccial.⁵²

Salvo Rodrigo Zamorano y García de Céspedes (1606), que utilizan $23^{\circ} 28'$ como el valor de la eclíptica, los demás cosmógrafos que elaboraron Tablas varían ese valor desde $23^{\circ} 30'$ hasta $23^{\circ} 33'$. Las Tablas que se comparan en el Anexo que se incluye al final de este trabajo no se corresponden con el mismo año para todas ellas, según se especifica en el propio Anexo. Lo que se intenta proporcionar es, además de una posible fuente para estudios posteriores, un ejemplo de las variaciones experimentadas por la declinación no solo en estos años (se representan sólo el primero y el segundo después del bisiesto y el bisiesto), sino también en el tiempo. Hay que tener presente que, a partir de 1582, con la reforma del calendario al suprimir diez días del mes de octubre, las tablas elaboradas desde entonces tienen que recoger dicha circunstancia.

4. A MODO DE CONCLUSIÓN

Cuando se habla del arte de navegar en el siglo XVI hay que tener presente los múltiples factores que intervienen, los problemas que se presentan, los avances científicos y técnicos experimentados en el siglo y, por supuesto, aquellos elementos que, a pesar de disponer de una centuria, continúan siendo una incógnita, un motivo de discusión y una preocupación constante para hacer una navegación más eficaz y más segura, como es la longitud.

Está fuera de toda discusión que en el siglo XVI España y Portugal se convirtieron en las naciones dominantes en el mar y, de forma muy especial, desde la unión de ambos reinos en 1580. Pero es que los tratados de navegación y geográficos de los cosmógrafos sirvieron además de auténticos manuales en el resto de las naciones europeas, como lo prueban las sucesivas ediciones que de ellos se hicieron en varias de aquellas.

Resulta imprescindible señalar que, aun teniendo en cuenta las innovaciones de todo tipo que proponían, se encontraban atados a una cosmografía que situaba a la Tierra en el centro del universo, cuyas dimensiones eran irreales hasta 1522, que seguía sin aceptarse su doble movimiento y que, si bien se avanzó en el conocimiento y utilización de los instrumentos astronómicos, se estaba todavía lejos de llegar a una

⁵² GARCÍA DE PALACIO, 1587, Libro Primero, p. 14. "El año 1584 a los 25 días del mes de Abril, yendo navegando, tomé la altura del sol con el Astrolabia, el medio día, y fue su altura de noventa grados justos. Echo primero de los 1584 años, los 1500 fuera, y quedá 84, los quales son pares, y porque también son pares los 42, que es la mitad de los 84. digo que el año de 1584 es bisiesto. Y assi voy al año 4 en la tabla de las declinaciones del Sol, que es bisiesto, y debaxo del mes de Abril, enfrente de los 25 días hallo 13 grados y 10 minutos. Digo pues, que estos 13 grados y 10 minutos estoy apartado de la Equinoccial, hacia la parte del Norte, porque es desde los 21 de Março, hasta los 23 de Septiembre, en el qual espacio caen los 25 de Abril", ZAMORANO, 1588, f. 25.

comprensión total de los elementos que propiciaran un mejor arte de navegar. Las tablas de declinación son una buena prueba de ello. El ajuste del tiempo y su medida, junto con la modificación del calendario, fue otro de los problemas al que solo en parte se acercó una solución, que llegaría dos siglos después.

Esta dependencia del saber antiguo fue, sin duda, un lastre y, aunque Copérnico muere en la mitad de este siglo, sus ideas tendrán que esperar casi una centuria para encontrar seguidores.

El mar, la mar, siguió ejerciendo la misma fascinación que en épocas anteriores, aunque ahora las aventuras fueran de otra índole, y los peligros, los *monstri superati* de Colón, tuvieran que ver más con la propia construcción de las naves que lo surcaban y los conocimientos náuticos lentamente perfeccionados.

La efeméride que se conmemora en este Simposio fue un primer paso, sin dudarle el más importante del siglo, similar al que se dio en la Luna en julio de 1969, ya que abrió un nuevo horizonte en la navegación y el conocimiento del mundo; importancia que va paralela a la proliferación de estudios y trabajos relacionados con dicho mundo del siglo XVI.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, José de, *Historia natural y moral de las Indias* [1590], Prólogo de José Alcina Franch, Madrid, Historia 16, 1987.
- Aguilar Aguilar, Maravillas, *Los primeros instrumentos de navegación que viajaron a América. Un estudio de Quatri partitu o Espejo de navegantes (ca. 1528) de Alonso de Chaves*, Mélanges de la Casa de Velázquez, 49-1, 2019, pp. 223-244.
- Apiani, Petri, *Cosmographia, per Gemman Phrysius, Excusum Antuarpiæ opera Aegidii Copenii*, 1540.
- Cano, Thomé, *Arte para fabricar, fortificar y aparejar naos de guerra y merchante, con las Reglas de Archarlas*, Sevilla, En Casa de Luis Estupiñan, 1611. [Ejemplar de la Biblioteca del Observatorio de Marina de San Fernando].
- Cerezo Martínez, Ricardo, “Consideraciones náuticas previas” en *Diario del primer viaje de Colón*, Edición de Demetrio Ramos y Marta González Quintana, Granada, diputación Provincial, 1995.
- Colón, Cristóbal, *Diario del primer viaje de Colón*, edición de Demetrio Ramos y Marta González Quintana, Granada, Diputación Provincial, 1995.
- Colón, Hernando, *Historia del Almirante*, edición de Luis Arranz, Madrid, Historia 16, 1984.
- Copérnico, Nicolás, *Sobre las revoluciones. (De revolutionibus orbium coelestium, Libri VI)* (1543), Edición y estudio de Carlos Minguéz Pérez, Barcelona, Altaya, 1997.

- Cortés, Martín, *Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar con nuevos instrumentos y reglas ejemplificado con muy subtiles demonstraciones*, Sevilla, En casa de Anton Alvarez, 1551.
- Cuesta Domingo, Mariano, *La obra cosmográfica y náutica de Pedro de Medina*, Madrid, BCH, 1998.
- Cuesta Domingo, Mariano, *Alonso de Santa Cruz y su obra cosmográfica*, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1983.
- El Astillero de Guarnizo. Una brillante trayectoria naval*, Ayuntamiento de Astillero, 1992, con motivo de la Exposición en el pabellón de Cantabria de la EXPO'92
- Escalante, Juan de, *Itinerario de navegación de los mares y tierras occidentales* [1575], Madrid, Museo Naval, 1985, Edición y comentarios de Roberto Barreiro-Meiro.
- Europa aprendió a navegar en libros españoles. Contribución del Museo Naval a la Exposición del Libro del Mar*, Barcelona, Museo Naval, 1943.
- Falero, Francisco, *Tratado del Esphera y del arte de marear. Con el regimiento de las alturas con algunas reglas nuevamente escritas muy necesarias*, Sevilla, Imprenta de Juan Cronberger, 1535. [Ejemplar de la Biblioteca Universitaria de Salamanca].
- Fernández de Enciso, Martín, *Suma de geographia que trata de todas las partidas del mundo: en especial de las Indias y trata largamente del arte del marear...* [1519], Sevilla, en Casa de Andrés de Burgos, 1546.
- Fernández de Enciso, Martín, *Suma de geographia que trata de todas las partidas del mundo: en especial de las Indias y trata largamente del arte del marer*, edición de Mariano Cuesta Domingo, Madrid, Museo Naval, 1987.
- Fernández de Navarrete, Martín, *Disertación sobre la historia de la náutica y de las ciencias matemáticas que han contribuido al progreso de los españoles*, Madrid, Real Academia de la Historia, Imprenta Viuda de Calero, 1846
- Fernández Duro, Cesáreo, *A la mar madera*. *Disquisiciones náuticas*, t. V, Madrid, Imprenta, Estereotipia y Galvanoplastia de Aribau y Cia., 1879.
- Fernández Duro, Cesáreo, "Ciencia y Literatura 1598-1621", en *Armada Española desde la unión de los Reinos de Castilla y Aragón* (1895), 9 vol, Madrid, Museo Naval, 1972.
- García de Palacio, Diego, *Instrucion nauthica para el buen uso y regimiento de las Naos, su traça y gobierno conforme a la altura de Mexico. Hecha en Diálogos, Intelocutores un Vizcayno, un Montañes*, Mexico, En casa de Pedro Ocharte, 1587.
- García de Palacio, Diego, *Instrucion nauthica para el buen uso y regimiento de las Naos, su traça y gobierno conforme a la altura de Mexico. Hecha en Diálogos, Intelocutores un Vizcayno, un Montañes*, transcripción, edición y estudio realizada por Mariano Cuesta Domingo, Madrid, Museo Naval, 1993.
- Iqbal, Muhammad, *An introduction to Solar Radiation*, Academic Press, 1983.
- Martínez Guitián, Luis, *Construcción naval y navegación durante el reinado de Felipe II (Aportación a la historia de Santander)*, Santander, Imp. Lit. F. Funs, 1915.
- Medina, Pedro de, *Arte de navegar en que se contienen todas las reglas, declaraciones, secretos y avisos que a la buena navegacion(n) son necesarios y se deven saber*, Valladolid, En casa de Francisco Fernandez de Cordova, 1545.

- Medina, Pedro de, *Regimiento de navegación*, Impreso en Sevilla por Juan Canalla, 1552. Museo Naval.
- Melero Grillo, María Jesús, “A la mar madera” La madera en la arquitectura naval española” en *Actas de las IX Jornadas de Andalucía y América, Universidad Internacional de Andalucía*, 1989, pp. 145-171.
- Ordiozola Oyarbide, Lourdes, “La construcción naval en Guipuzkoa. Siglos XVI-XVIII.” *Revista de Estudios Marítimos del País Vasco*, 2, 1998, pp. 93-146.
- Pérez-Mallaína Bueno, Pablo Emilio, *Historia de las atarazanas de Sevilla*, Sevilla, Editorial Universidad de Sevilla, 2020
- Pérez-Mallaína Bueno, Pablo Emilio, *Naufragios en la Carrera de Indias durante los siglos XVI y XVII*, Editorial de la Universidad de Sevilla, 2015.
- Pindaro, *Odas Olímpicas. Oda primera a Gerión, Rey de Siracusa*. Traducidas en texto castellano por Ignacio Montes de Oca, Madrid, Luis Navarro Editor, 1883.
- Pintos Amengual, Gabriel, “La edición de textos sobre navegación durante los siglos XVI-XVII: Un apunte histórico”, *Revista Espacio, Tiempo y Forma*, Serie IV, Historia Moderna, 33, 2020, pp. 387-410.
- Recopilación de Leyes de los Reinos de las Indias. mandadas imprimir por la Magestad Católica del Rey Don Carlos II*, 4 tomos, Madrid, Boix Editor, 1841,
- Rivera Medina, Ana María, “Paisaje naval, construcción y agentes sociales en Vizcaya: desde el medioevo a la modernidad”, *Revista de Estudios Marítimos del País Vasco*, 2, San Sebastián, 1998, pp. 49-92.
- Rubio Serrano, José Luis, *Arquitectura de las naos y galeones de las flotas de Indias (1492-1690)*, 2 vol., Málaga, Seyer, 1991.
- Salas, Francisco Javier de, *Historia de la matricula del mar*, Madrid, Imprenta de T. Fortanet, 1870.
- Sánchez, Antonio, “Cosmografía y Humanismo en la España del siglo XVI. La *Geographia* de Ptolomeo y la imagen de América”, *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Universidad de Barcelona, 2011, vol. XV.
- Sánchez, Antonio, “Los artífices del *Plus Ultra*: pilotos, cartógrafos y cosmógrafos en la Casa de Contratación de Sevilla durante el siglo XVI”, *Hispania. Revista Española de Historia*, Madrid, nº 236, septiembre-diciembre, 2010, vol. LXX, pp. 607-632.
- Santa Cruz, Alonso de, *Libro de las longitudes*, Sevilla, Publicaciones del Centro Oficial de Estudios Americanistas, 1921.
- Trueba, Eduardo, “Normativa para seguridad náutica y su grado de cumplimiento en la Carrera de Indias durante el siglo XVI”, *Revista de Historia Naval*, Madrid, 1983, año I, nº 3, pp. 85-132.