



ISBN: 978-607-02-0414-2

Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto de Investigaciones
sobre la Universidad y la Educación

www.iisue.unam.mx/libros

Flor Trejo Rivera (2009)

“Ciencia pura. Ciencia aplicada.

Tratados de navegación a Indias en el siglo XVI”
en *Del aula a la ciudad. Estudios sobre la universidad y la
sociedad en el México virreinal,*

Enrique González González, Mónica Hidalgo Pego,

Adriana Álvarez Sánchez (coord.),

IIISUE-UNAM, México, pp. 193-215.

Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional
(CC BY-NC-ND 4.0)

CIENCIA PURA. CIENCIA APLICADA.
TRATADOS DE NAVEGACIÓN A INDIAS EN EL SIGLO XVI¹

Flor Trejo Rivera

Introducción

La anécdota del "huevo de Colón" permite poner a discusión un tema que ha generado profusa literatura. ¿Qué ingrediente permitió a un grupo de hombres llegar a un punto geográfico desconocido para el mundo occidental y retornar para hacer patente su hazaña? En la anécdota mencionada, se relata un convite entre nobles españoles donde se halla presente el almirante. Los asistentes hablaban sobre las Indias coincidiendo en la exageración de la hazaña de Colón. Uno de ellos le dijo: "Señor Cristóbal, aunque vos no hubierais descubierto las Indias, no hubiera faltado quien hubiese tal cosa intentado aquí en nuestra España, abundosa como es de grandes hombres juiciosos, cosmógrafos y literatos". El susodicho no respondió y en cambio mandó traer un huevo, lo colocó sobre la mesa y pidió a todos intentaran mantenerlo en pie sin usar ningún apoyo. Uno por uno lo ensayaron de diversas maneras sin éxito. Entonces puso el ejemplo: tomó el huevo, lo cascó del extremo inferior levemente contra la mesa y, sin romperlo, ante las sorprendidas miradas de todos, logró se sostuviera el huevo por sí mismo gracias a la deformación sufrida por éste con el pequeño golpe.

De esta anécdota se desprende algo que marcaría la literatura náutica del siglo XVI: la importancia de la experiencia. Esto es, según la

¹ Parte de la investigación de este trabajo pudo realizarse gracias a la beca concedida por la Fundación Carolina en el año 2004.

crónica de dicha reunión, una vez mostrado que lo imposible era posible, entendieron la moraleja, "que a cosa hecha, todos la saben hacer".²

El descubrimiento europeo de un Nuevo Mundo marcó el inicio de una extensa producción bibliográfica acerca del fenómeno. Uno de los temas relevantes para la corona española fue lo referente a la navegación. Era importante porque los barcos funcionaban como el puente que unía su reciente y vasto imperio trasatlántico con el viejo continente. Y precisamente este mar ignoto suscitó una serie de problemas que resolver para procurar una navegación segura. Los barcos de madera enfilaban sus proas rumbo a las Indias, enfrentándose a problemas de orientación que exigían mayor capacitación de los marreantes, conocimientos de las rutas, los vientos, las corrientes y los accidentes geográficos, así como mejoras en los instrumentos náuticos y explicaciones teóricas sobre ciertos fenómenos propios de largas travesías que derivaran, por supuesto, en soluciones prácticas.

Existen diversas vertientes de estudio sobre los tratados náuticos que salieron a la imprenta a raíz de la necesidad de una navegación constante a puntos específicos en los nuevos territorios. Varios autores se enfocaron al análisis de la aportación española al arte de navegar o ciencia náutica.³ Como punto histórico de referencia, parten de la hazaña realizada por Colón y sus marinos como el parteaguas de una nueva etapa, no sólo en la navegación, sino en la expansión del mundo europeo y sus consecuencias económicas y culturales.

Es cierto que las primeras investigaciones modernas sobre el tema se enfocaron a la ubicación de obras, sus autores y el análisis del contexto histórico donde surgieron, con largas y arduas búsquedas en acervos históricos, ya que algunos manuscritos permanecieron inéditos durante varios siglos. Durante la centuria decimonónica e incluso parte del siglo xx, el enfoque era con cierta tendencia patriótica, en un intento por reconstruir una imagen de una España heroica.⁴

² Girolamo Benzoni, "Historia del Nuevo Mundo (1565)", citado en Ion de la Riva, 1492-1992 *Un nuevo mundo*, Barcelona/Madrid, Sociedad Estatal Quinta Centenario/Lunberg 1991, p. 241.

³ De manera sistemática inició este tipo de estudios Martín Fernández de Navarrete con su libro *Disertación sobre la historia de la náutica y de las ciencias matemáticas que han contribuido a sus progresos entre los españoles* (1846).

⁴ Felipe Picatoste escribió *Apuntes para una biblioteca científica española del siglo xvi* (1891), con la idea de dar a conocer las obras científicas producidas en España y hacer justicia a la historia de la ciencia en la Península, un poco opacada por los historiadores europeos. Pero uno de los enfoques quizá más entusiastas sobre la aportación española a la ciencia náutica, es el de Julio Guillén Tato: *Europa aprendió a navegar en libros españoles* (1943).

Posteriormente y hasta la fecha, dentro del área de historia de la ciencia, se han ensayado nuevas perspectivas sobre los avances e innovaciones en el arte de navegar, y la creciente aparición de tratados náuticos durante el siglo XVI. Un punto de vista que creo relevante es la revisión de las innovaciones tecnológicas y su aplicación real en la navegación realizada durante esta centuria. La navegación astronómica, por requerir de conocimientos especulativos, era un arte reservado sólo a unos cuantos personajes del mundo náutico. La mayoría de la marinería no estaba capacitada para lo teórico y se limitaba a aplicar reglas y consejos prácticos para compensar otros conocimientos. En este sentido, el historiador Pérez-Mallaína cuestiona la aplicación de los conocimientos sobre navegación astronómica en los albores del siglo XVI. Para él, la llegada del almirante a Cuba no ocurrió gracias al desarrollo de la sofisticación técnica de los instrumentos para navegar, en cambio, este hecho es el resultado de la enorme experiencia de este navegante, acumulada por generaciones, que le daba mayor peso a eventos naturales que permitían navegar por estima sobre los nuevos implementos científicos para establecer la latitud.⁵ Los planteamientos y análisis recientes de los factores que permitieron el éxito del periplo de Colón, han permitido la revaloración de su hazaña. A partir de ello se pueden derivar consideraciones sobre cómo se efectuaba la navegación durante la siguiente centuria y su reflejo en las obras náuticas.⁶

En este sentido irán las reflexiones del artículo. Me parece que en el siglo XVI se acentúa, con nuevos matices, una vieja discusión entre los defensores de lo teórico y los "teóricos" de lo práctico. Y justo es en el arte de navegar donde se irá resolviendo la convivencia entre ambas, lo cual se hace evidente en las obras náuticas publicadas durante esa centuria. El propósito de mi investigación es resaltar este hecho y mostrar en los autores que aquí se analizarán, cuáles eran teóricos,

⁵ Pablo Emilio Pérez-Mallaína Bueno, "Los libros de náutica españoles del siglo XVI y su influencia en el descubrimiento y conquista de los océanos", en José Luis Peset (coord.), *Ciencia, vida y espacio en Iberoamérica*, vol. 3, Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1989, pp. 457-482.

⁶ José Luis Comellas realiza una investigación muy completa y sugerente sobre la figura de Colón y las circunstancias históricas, políticas y científicas que se conjuntaron para dar como resultado su llegada a América. De la lectura se desprende que Colón mostró cómo los conocimientos prácticos eran relevantes para una buena navegación, hecho retomado y valorado por los autores náuticos de la época quienes intentan plasmar esos conocimientos prácticos para los nuevos marineros neófitos en la ruta trasatlántica. José Luis Comellas, *Técnicas navales y astronómicas en el viaje del Descubrimiento*, Madrid, Ediciones Tabapress, 1991.

cuáles prácticos y si alguno logró fundir ambas características en un libro útil y aplicable para los marineros que surcaban el Atlántico.

La obra de Martín Fernández de Enciso inaugura en 1519 esta temática, le siguen Francisco Falero (1535), Alonso de Chaves (1537), Pedro de Medina (1545), Martín Cortés (1551), Juan Escalante de Mendoza (1575), Rodrigo Zamorano (1581), Andrés de Poza (1585), Diego García de Palacio (1587)⁷ y culmina el siglo con el libro de Juan Bautista Lavanha impreso en 1595. De los diez autores sólo se tomarán en cuenta las obras impresas en su momento. Por lo tanto, se descarta a Alonso de Chaves y su *Espejo de navegantes*, y el *Itinerario de navegación* de Juan Escalante de Mendoza, manuscritos censurados en su tiempo debido a la información excesiva expuesta y lo peligroso, según el rey, que serían en manos de enemigos de la corona. Aún así, su circulación se hace evidente en textos publicados posteriormente, sin embargo, para los objetivos de este escrito interesan aquellos que de manera oficial pudieran estar a bordo de un barco y en las manos de algún marino presto a zarpar.

Tampoco será tomada en cuenta la *Hidrografía* de Andrés de Poza por no hacer referencia al Nuevo Mundo (cuadro 1).

Para el análisis de sus obras tomaré un aspecto de la navegación como eje de reflexión sobre los alcances de dichos tratados. Veremos cómo se resuelve, a lo largo de esta centuria, la instrucción de los mareantes y cómo enfrenta cada autor los dos problemas que quitaban el sueño a los navegantes: la declinación magnética y su efecto en las lecturas de la brújula, por tanto la estima del rumbo correcto. Finalmente, cómo resolvieron en sus tratados el reto de combinar lo especulativo con lo práctico. Evidentemente, el tema de la navegación era un aspecto que debía volverse más eficaz en los tratados que pretendían ilustrar al respecto, es en estos momentos cuando la necesidad de obras prácticas comienza a empujar frente a la producción de libros teóricos.

⁷ Othón Arróniz, en su obra *El despertar científico en América*, México, Universidad Veracruzana, Gobierno del Estado de Veracruz, 1994, revisa la vida de Diego García de Palacio y el contexto, con relación a otras obras similares, en el que aparece su libro *Instrucción náutica*.

CUADRO 1
Tratados de navegación

Año	Lugar de edición	Autor	Obra	Formación del autor
1519		Martín Fernández de Enciso	<i>Suma de geografía</i>	Bachiller, estudió letras.
1535	Sevilla	Francisco Falero	<i>Tratado de la esfera</i>	Cosmógrafo, piloto de la Casa de la Contratación
1545	Valladolid	Pedro de Medina	<i>Arte de navegar</i>	Clérigo, docto en letras y matemáticas
1552	Sevilla		<i>Regimiento de navegación</i>	
1551	Sevilla	Martín Cortés	<i>Breve compendio de la esfera</i>	Cosmógrafo
1581	Sevilla	Rodrigo Zamorano	<i>Compendio de la arte de navegar</i>	Astrólogo, matemático, cosmógrafo, cartógrafo fabricante de instrumentos, piloto mayor, catedrático de cosmografía en la Casa de la Contratación
1587	México	Diego García de Palacio	<i>Instrucción náutica</i>	Funcionario, doctor, jurista
1595	Lisboa	Juan Bautista Lavanha	<i>Regimiento náutico</i>	Matemático, geógrafo, cosmógrafo mayor, cronista de Portugal, dirigió la cátedra de matemáticas y navegación en la Academia Real Matemática

Fuente: elaboración de Flor Trejo Rivera.

*Navegar no es otra cosa sino caminar
sobre las aguas de un lugar a otro*

La definición más breve del término navegar se refiere a la habilidad de una tripulación a bordo de un barco para llegar de un punto geográfico a otro atravesando el mar. Sin embargo, advierten todos los teóricos sobre el tema, es de las cosas más difíciles de lograr con éxito. Martín Cortés, autor del *Breve compendio de la sphaera*, lo compara con los viajes por tierra y señala que éstos difieren del camino por mar en tres cosas: "el de la tierra es firme, éste flexible; el de la tierra es quedo, éste movable; el de la tierra señalado y el de la mar ignoto". Sentencia terrible la última, la de ser el camino por la mar algo oculto e ignorado, y que durante los siglos XVI y XVII generó una considerable cantidad de impresos y manuscritos que intentaron develar ese misterio.

Como en el mar no hay caminos, los navegantes recurrían a sistemas de orientación más complejos a través de los astros en el cielo, las corrientes y mareas en el agua. Un ejemplo visual del conjunto de conocimientos para navegar, lo podemos apreciar en un grabado en madera de la *Cosmographie universelle* (1575), de André Thevet. Una embarcación se encuentra flotando bajo un cielo tapizado de estrellas. Es la representación de una nao típica de principios del siglo XVI. Con tierra a estribor, sobre proa y popa, vemos marineros ensimismados en tomar datos con el astrolabio y la ballestilla. Se observan las estrellas que los guiarán y posiblemente la cola de un cometa; y la luna en cuarto menguante como indicador de la marea. Viento en popa y con la mar en calma se separa de la costa hacia algún lugar desconocido. De los conocimientos del piloto y del maestre, y de la pericia de la tripulación, sumados a un buque en buenas condiciones, dependerá el éxito o el fracaso del viaje.

En este compendio visual se resume el "arte de navegar", es decir, implica un despliegado de conocimientos astronómicos y matemáticos, en la parte teórica y, en el aspecto práctico, del uso de los instrumentos de navegación, la aplicación de tablas y reglas sobre la luna y las mareas, así como su ubicación en la carta náutica; aunado a los conocimientos necesarios para maniobrar la embarcación. Básicamente, eran los elementos a los que todo buen libro sobre "el arte de marear" debería abocarse.

El grabado de Thevet muestra una navegación ideal, sin embargo los marineros del siglo XVI enfrentaban un nuevo reto: la asimilación de un cambio en la concepción geográfica del mundo, y por consi-

guiente la aplicación de nuevos conceptos teóricos que respondieran a las necesidades de los mareantes enrolados en la aventura hacia el Nuevo Mundo. Una lectura atenta de los documentos emitidos por la Casa de la Contratación, de los mismos tratados de navegación y de algunas observaciones realizadas por pasajeros y viajeros a las Indias, nos dejan ver cómo en las dos primeras centurias se enfrentaron a dos problemas básicos: la declinación magnética y la incapacidad práctica para resolver el problema de la longitud.

Debido a que pilotos y maestros tenían la responsabilidad del gobierno del navío, era fundamental su adecuado adiestramiento para un hábil manejo de la embarcación. Los primeros tenían sobre sí mayores obligaciones y responsabilidades. Diego García de Palacio, en su *Instrucción náutica*, le dedica mayor espacio a la descripción de las tareas del piloto que a las del capitán y a las del maestro:

Materia es la del piloto para reprender la ignorancia que comúnmente se ve en los que toman semejante oficio, sin tener las partes uso ni habilidad que había menester para llevar en salvo tantas ánimas, hacienda y cosas como se les encarga. [...] Es pues el piloto la tercera persona de la nao y debe ser de buena edad y de mucha experiencia, y que haya hecho y tenido dichosos sucesos en la mar, y si se pudiere hallar que sepa astrología, matemáticas y cosmografía, hará muchas ventajas al que no lo supiere. Y cuando no lo haya, debe ser cierto en el altura del Astrolabio, Ballestilla y Cuadrante, lunas y mareas; y conocimiento de la tierra y de la sonda; y de buena fantasía en echar punto en su carta, caminando Leste-Oeste y por las demás cuartas, y que sepa enmendar bien por el altura, en cualquier suceso del viaje [...] Y ha de tener con esto buenos instrumentos, que son carta de marear, compases, Astrolabio que pese doce libras y esté experimentado, Ballestilla de sesenta, veinte hasta número ocho. Cuadrante de madera, dos relojes de los de Lisboa, dos pares de agujas de marear, ampolletas de Venecia, candil de cobre, algodón para mechas y cien brazas de sonda alquitranada, con seis libras de plomada.⁸

La temprana instauración del oficio de piloto mayor en la Casa de la Contratación (1508) —cuya función principal era el examen de los pilotos de la Carrera de Indias— muestra el interés por perfeccionar el sistema de navegación, ya que para la corona española el dominio del mar representaba el medio para mantener su poder y hegemonía, por lo cual se impulsó el desarrollo y estudio de la mate-

⁸ Diego García de Palacio, *Instrucción náutica*, Madrid, Naval/Museo Naval, 1993, ff. 112v-113v, pp. 312-314.

ria.⁹ Años después, por cédula del 4 de diciembre de 1552, se instituyó la cátedra de cosmografía. Los aspirantes a pilotos y maestros, debían asistir todos los días a las lecturas en la Casa de la Contratación. Inicialmente los cursos duraban un año, pero con el tiempo se redujeron solamente a dos meses, debido a que los aspirantes no podían sostenerse económicamente fuera de su lugar de origen largos periodos.¹⁰

Los temas y lecturas obligatorios eran los siguientes:

- La esfera, o a lo menos los libros primero y segundo della.
- El regimiento, que trata de la altura del Sol, y cómo se sabrá, y la altura del Polo, y cómo se sabe, con todo lo demás que pareciere por el dicho Regimiento.
- El uso de la carta y de echar el punto en ella, y saber siempre el lugar donde está el navío.
- El uso de los instrumentos y fábrica dellos, para que se conozca si tienen algún error, y son la aguja de marear, astrolabio, cuadrante, ballestilla, y cómo se han de marcar las agujas, para que sepan en cualquier lugar que estuvieren si nordestean, o noruestean, que es una de las cosas que más importa saber, por las ecuaciones y resguardos que han de dar quando navegan.
- El uso de un relox general diurno, y nocturno, y que sepan de memoria y por escrito en cualquier día de todo el año, cuántos son de luna, para saber cuándo, y a qué hora serán las mareas, para entrar los ríos, y barras y otras cosas que tocan a la práctica y uso.¹¹

Tanto la descripción de García de Palacio sobre el oficio del piloto como la lista de lecturas para la cátedra de cosmografía exponen los conocimientos básicos necesarios para la navegación de altura. ¿Qué respuesta daban los libros de navegación a las principales problemáticas? ¿Qué tan prácticas y útiles resultaron estas obras para los marinos?

⁹ María Isabel Vicente Maroto, "El arte de navegar", en *Historia de la ciencia y de la técnica en la corona de Castilla, siglos XVI y XVII*, vol. III, Salamanca, Junta de Castilla y de León, Consejería de Educación y Cultura, 2002, pp. 347-348.

¹⁰ José de Veitia Linaje, *Norte de la Contratación de las Indias Occidentales (1672)*, Madrid, edición facsimilar del Ministerio de Hacienda, 1981, lib. II, cap. XI, n. 15, pp. 144-145.

¹¹ *Ibid.*, lib. II, cap. XI, n. 15, p. 145.

Cómo navegar sin naufragar en el intento

Un tema tan complejo como la solución de los problemas de la navegación de altura durante el siglo XVI tiene muchas vertientes de estudio. En el presente trabajo me interesa resaltar las aportaciones de los tratados de navegación publicados, sobre un problema que es un indicador de la orientación teórica o práctica dada por cada autor en su obra.

Aunque por diversas circunstancias, no todos los interesados en el tema tuvieron la autorización para imprimir el resultado de sus disertaciones; los estudiosos de la materia han localizado diversos manuscritos y algunas obras de menor trascendencia que dan cuenta del camino que se fue trazando en ese siglo, y hasta muy avanzado el siguiente, para lograr resolver un problema sin solución aparente: ¿cómo ubicar de manera correcta el punto exacto de la derrota de cualquier embarcación?, o en otras palabras: ¿cómo encontrar el camino correcto en medio de la inmensidad de las aguas oceánicas?¹²

Cuando un barco zarpaba rumbo a un punto lejos de la costa, la tripulación tenía frente a sí un gran reto: lograr con las corrientes, los vientos y los astros llegar hasta el puerto deseado. Para eso se idearon instrumentos que fueron mejorando con el tiempo gracias al intercambio de conocimientos y tecnología.

La profundidad era uno de los datos vitales y más sencillos de obtener. Para esto, el aparato indispensable era la sondaleza y el escandallo. La sondaleza era una cuerda con marcas cada determinada longitud para obtener la profundidad. El cabo llegaba hasta el fondo gracias al escandallo, especie de plomada cónica de gran peso que tenía en la base un hueco para rellenar con cera, donde se incrustaban la arena y conchas del lecho marino. Estos datos ayudaban a la tripulación, según el tipo de fondo, a identificar el área donde estaban navegando.

El estudio e identificación de corrientes junto con el registro de la profundidad y las características del fondo marino, además de los cálculos de altura, daban a los marineros datos para verificar sobre sus cartas náuticas o de marear, como se les conocía en ese entonces, y en los derroteros si estaban navegando por la ruta correcta.

¹² María Isabel Vicente Maroto presenta en su artículo "El arte de navegar", una buena investigación de archivo donde da cuenta de manuscritos que permanecieron inéditos, evidencia de las múltiples soluciones que se propusieron, algunas demasiado descabelladas.

Usarlo e interpretar las notas de profundidad y tipo de fondo era cosa sencilla. Veamos un ejemplo en un derrotero que describe las rutas a seguir por los galeones de la Carrera de Indias.

[navegando por la península de Yucatán] Habiendo tomado treynta brazas de fondo se ha de seguir la misma derrota hasta dar en veynte brazas de fondo y en dando en ellas se ha de gobernar al oeste y si se alzare de fondo se ha de tornar a gobernar al oeste cuarta al sudoeste por manera que ni se ha de alzar de veynte brazas ni bajar de quynse hasta tanto que se pierda el fondo el cual se perderá en norte sur con la desconocida que es una ysleta que quedará por la vanda del sur...¹³

Si observamos el fragmento del itinerario, que ilustra cómo navegar por los mares de la península de Yucatán, vemos cómo el conocimiento de la profundidad es relevante, donde a partir de la variación del dato se debe modificar el rumbo de la nave.

El rumbo o la dirección debían ir cambiando cada determinada distancia para tomar las corrientes adecuadas y además evitar zonas de riesgo para los buques, ya sea por baja profundidad o por salientes que hicieran encallar la nave, como bajos o cayos.

Para determinar el rumbo era necesario tener una dirección fija de referencia, es decir, saber exactamente dónde está el norte. La brújula o "aguja de marear" es el instrumento que hacía posible reconocerlo. Su funcionamiento se basa en la existencia de dos polos magnéticos, norte y sur. Sin embargo, los polos geográficos no coinciden con los polos magnéticos y además éstos últimos no son diametralmente opuestos como los geográficos. A estas complicaciones se suma un fenómeno natural que afecta la lectura correcta del dato: la declinación magnética.¹⁴

Este término refiere la desviación que la aguja náutica sufre durante la navegación, hacia ambos lados del norte geográfico, cuando se cambia de punto geográfico. En realidad la declinación magnética no sigue un patrón fijo, y si no se comprendía el origen del fenómeno era muy difícil, si no imposible, ofrecer una solución efectiva.¹⁵

¹³ Baltasar Vellerino de Villalobos, *Luz de navegantes donde se hallarán las derrotas y señas de las partes marítimas de las Indias, islas y tierra firme del mar océano* (1592), Madrid, Museo Naval/Universidad de Salamanca, 1984, pp. 15-16.

¹⁴ José Luis Comellas, *Técnicas navales y astronómicas...*, 1991, pp. 26-27.

¹⁵ La declinación magnética está sometida a distintas variaciones. Una es la secular, según la cual los meridianos magnéticos, a la manera de un péndulo, oscilan en torno a una posición central con un periodo de siglo y medio; su magnitud es muy irregular. Se da otra variación anual, de pequeña magnitud, y otra diaria que aumenta, en general, con la latitud. Y por

Cuando la aguja del compás se desviaba al cuadrante del Este se decía que estaba "nordesteando", mientras que la inclinación contraria, es decir, hacia el Oeste, se le conocía como "noroeste". Antes de Colón, aunque nadie había escrito sobre el fenómeno, algunos marineros como los flamencos ya tenían conocimiento de ello, sin embargo él fue el primero en registrarlo y darse cuenta que ocurría cada vez que se cambiaba de latitud, es decir, sólo con la navegación de altura, y era necesario corregir la aguja en distintos grados según el área donde se navegaba.¹⁶ Durante todo el siglo XVI y en realidad hasta finales del XVIII se convivió con esta problemática sin tener la certeza de cómo ocurría exactamente y cuál era la mejor solución.

Si nos imaginamos a los marineros siguiendo las indicaciones del mencionado derrotero de Baltasar Vellerinos, una vez verificada la profundidad, tomarían su aguja de marear para marcar el rumbo y darle la dirección deseada a la proa. En este ejemplo, navegar por aguas del golfo mexicano implicaba, hipotéticamente, que los buques, desde su salida de la Península, ya llevaban al menos tres semanas en alta mar y ya habían cambiado de meridiano cuando menos cinco veces. A estas alturas, si no se había aplicado ningún correctivo en el instrumento, estarían bastante desviados de su punto de destino.

Los autores de tratados náuticos buscaron resolver los problemas que provocaban errores y afectaban la navegación. La declinación magnética, aunque era un fenómeno conocido, no todos la reconocieron al principio. De las obras aquí analizadas solamente dos no hacen referencia a este fenómeno, las de Martín Fernández de Enciso y del portugués Juan Bautista Lavanha.

El principio básico de la corrección consistía en registrar, mediante diversos aparatos de sombras, el momento en que la aguja de la rosa náutica sufría una desviación evidente, anotarlo y enmendarlo físicamente en el compás. Algunos autores propusieron soluciones con instrumentos regidos por la misma lógica pero con variaciones funcionales que tenían ventajas y desventajas.

último existen variaciones irregulares, que pueden exceder de 1°, sobre todo en latitudes altas, se deben a perturbaciones o a tempestades magnéticas. Manuel Sellés, *Instrumentos de navegación. Del Mediterráneo al Pacífico*, España, Lunweg Editores, [s. a.], p. 107.

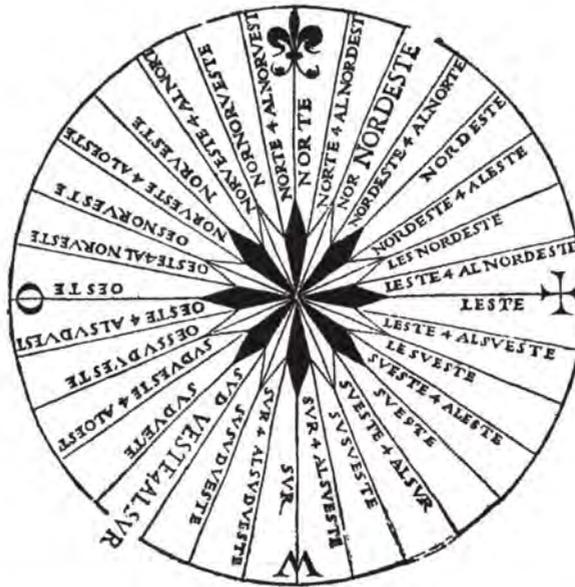
¹⁶ Ricardo Arroyo Ruiz-Zorrilla, "Estudio y transcripción", en Francisco Falero, *Tratado de la esfera y del arte del marear* [s. l.], Ministerio de Defensa/Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1989, p. 30. Timoteo O'scanlan, *Diccionario marítimo español*, Madrid, Museo Naval, 1974, pp. 545-546. José Luis Comellas, *Técnicas navales y astronómicas...*, 1991, p. 27.

ILUSTRACIÓN 1
Nordestear y noroestear de las agujas

Norte - oeste: noroestear

Norte - este: nordestear

Demonstración de los vientos.



Las lecturas de sombra debían realizarse antes y después de medio día y anotar en qué punto de los círculos del aparato tocaba la sombra. Del cálculo entre los puntos marcados por la medición con el sol se conocía el meridiano donde se encontraban, el cual debía confrontarse con la marcación de la aguja. Si ambos aparatos coincidían, el compás no nordesteaba o noroesteaba; pero si las lecturas no concordaban, entonces la diferencia que resultaba era la declinación que sufría la aguja hacia el nordeste o noroeste.

Las diferencias que se registraban en el lugar donde se había efectuado la verificación debían ser anotadas, consignando el lugar geográfico donde se había hecho la lectura y las variaciones que el compás sufría. El asiento de estos datos permitía conocer la "distancia y apartamiento" real que podía sufrir un barco en su ruta, y corregirlo para tener una navegación "cierta y segura".

Se atribuye a Francisco Falero ser el primer autor en consignar en su *Tratado de la sphaera y del arte del marear* (1535), la existencia de la declinación magnética, así como proponer cuatro soluciones prácticas para corregirla.¹⁷

Falero, en la segunda parte de su tratado, en el capítulo VIII, dedica un número considerable de páginas para explicar algunos ejemplos de la declinación magnética y la manera de corregir el error en la lectura de la aguja. Propone la construcción de un instrumento compuesto por un disco dividido en 360°, situando el grado cero en el sentido de la línea norte-sur y correspondiendo la graduación de 90° a la línea este-oeste. Este disco contiene un alojamiento para una aguja magnética, situada en su centro. Encajado en el círculo y en el sentido de la línea origen de la graduación, se colocaba un semicírculo de hierro o acero "muy redondo, plano y parejo" y de muy poco grosor. Al mediodía verdadero se situaba el instrumento horizontalmente y apuntando el semicírculo a la vertical del sol de modo que éste no proyectase sombra. Si el norte de la aguja magnética coincidía con el eje del semicírculo, la aguja no nordesteaba ni noroesteaba, es decir, la declinación era cero. En caso contrario, la aguja señalaba sobre la rosa el valor de la declinación magnética "y los grados que hubiere será lo que el aguja nordestea o noroeste". Este aparato tenía el inconveniente de que había que efectuar la medición en el preciso instante del mediodía verdadero. Además de éste, Falero expone otros tres instrumentos de sombra que presentaban diferentes complicaciones.¹⁸

Diez años después, Pedro de Medina, en su *Arte de navegar* menciona el fenómeno. Su escritura confusa hace evidente que este tema no le era muy claro. La disertación compuesta por seis capítulos es una reflexión ambigua sobre los problemas en el instrumento del compás o rosa náutica que podían generar lecturas erróneas. Posiblemente retomó a Falero, pues aunque señala que buscó la respuesta en algunas autoridades, sin encontrar el motivo u origen de la alteración que sufría la aguja durante la navegación de altura, específica, al igual que el autor del *Tratado de la esphaera*, que se manifestaba una vez pasadas las islas Azores. Aunque acepta no saber la respuesta, expone tres posibles causas que después él mismo descalifica, incluyendo una reflexión sobre las virtudes de la piedra imán.¹⁹

¹⁷ Ricardo Arroyo Ruiz-Zorrilla, "Estudio y transcripción", p. 30; Manuel Sellés, *Instrumentos de navegación...*, [s.a.], p. 84.

¹⁸ Francisco Falero, *Tratado de la esphaera...*, 1535, p. 30.

¹⁹ Pedro de Medina, *Arte de navegar* [s. p. i.], Valladolid, 1545, ff. LXXXII-LXXXV. Sigo el facsímil publicado en edición electrónica *Obras clásicas de náutica y navegación*, serie II, vol. 17, Madrid, Fundación Clásicos Tavera, 1998.

El autor reprueba dos maneras empleadas usualmente por los marineros para corregir el error: uno basado en cálculos de vista y otro en la corrección manual de la rosa desde su fabricación. Como la variación era impredecible, sugiere en el capítulo VI, titulado "De un instrumento con el que se podrán marcar las agujas y saber si están ciertas", un instrumento de sombra similar al expuesto por Falero, pero más sencillo, formado por una tabla delgada un poco más grande que la rosa pero más angosta, para poder ver el norte y el sur al momento de colocarla sobre el compás. El instrumento tenía dibujado un círculo y al centro un pequeño "mastelito" donde se proyectara la sombra al medio día. Como en todos los aparatos de este tipo, el resultado después de haber medido la sombra era la diferencia real en el norte magnético.²⁰

Para la siguiente década, el cosmógrafo Martín Cortés publicó su *Breve compendio de la sphaera* (1551) y, a diferencia de sus antecesores, bajo el modesto título "de un efecto que tiene el aguja que es nordestear y noruestear", reflexiona sobre el fenómeno y da una acertada explicación de las causas de este problema. En esencia, su explicación se centra en plantear la existencia de un polo distinto del polo del mundo, una especie de punto invisible que tenía la propiedad de atraer la aguja imantada. Él lo llama "punto atractivo" y lo ubica "fuera de todos los cielos movidos del primer mobile", es decir, fuera del firmamento o nuestro sistema solar. Advierte además que la variación no es uniforme y que no rebasa nunca los 90°, tanto del noroeste como del nordeste.²¹

Su especulación muestra un conocimiento astronómico profundo, mucho trabajo de observación, experimentación y reflexión. Desde que Colón había asentado la anomalía que sufría la aguja náutica en la navegación de altura, nadie había atinado a dar alguna explicación más atinada. Incluso, después de varios siglos, aún siguen sin resolverse algunas incógnitas, por eso el valor de las apreciaciones de Martín Cortés.²²

Aunque Cortés se caracteriza por ser un autor teórico, en su obra también podemos apreciar el valor de la experiencia y lo práctico en cuestiones de navegación: "Pues el inconveniente es notorio digo que

²⁰ López Piñero comenta que Medina no era un creador científico; y en lo que concierne al asunto de la declinación magnética, sus opiniones no fueron acertadas. José María López Piñero, *El arte de navegar en la España del Renacimiento*, Barcelona, Labor, 1979, p. 159.

²¹ Martín Cortés, *Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar*, Sevilla, 1551, ff. LXXIV-LXXIII. Sigo el facsímil publicado en edición electrónica *Obras clásicas de náutica...*, 1998.

²² *Ibid.*, ff. LXXIV-LXXII; José María López Piñero, *El arte de navegar...*, 1979, p. 164 y María Isabel Vicente Maroto, "El arte de navegar", 2002, p. 352.

remedie con tiempo la prudencia y no se descuide en el viaje usando siempre de la experiencia que les traerá más provecho que las sutiles y limadas cuestiones de estos secretos naturales".²³

Como consejos prácticos recomienda a los pilotos que tomen nota de los resguardos de la declinación magnética que hay de puerto a puerto. Esto es importante porque la acumulación de tales datos en regimientos de navegación podría ser usada posteriormente. Para terminar, también aconseja no modificar la brújula y usar los aparatos que existen para conocer el dato sobre la declinación magnética, sin dedicar más líneas a explicar su fábrica y el funcionamiento de éstos.

Rodrigo de Zamorano presentó en 1581 su obra *Compendio de la arte de navegar*. A este autor se le reconoce su interés en el aspecto astronómico y ser uno de los que utilizaron de modo pragmático la obra de Copérnico, dejando aparte la doctrina heliocéntrica. Concretamente la aprovechó como base matemática de sus observaciones destinadas a corregir las tablas de declinación solar y obtener datos más precisos para el regimiento del Sol y el norte, es decir, las reglas que los marinos empleaban para sus cálculos astronómicos.²⁴

Con respecto al nordestear y noroestear, Zamorano explica a detalle la costumbre de algunos marineros de corregir la declinación, observando la guarda delantera y la estrella del norte, pero al igual que los otros autores no lo recomienda por lo impreciso del cálculo. Sugiere utilizar otra manera técnica que se solía emplear en tierra a partir de la línea meridiana, básicamente un aparato de sombras.²⁵

Sin embargo, la formación del autor y su interés matemático se hace evidente en el instrumento propuesto para conocer la variación magnética. Propone un aparato mucho más complejo y con varias funciones, un "reloj general que sirve universalmente en todo el mundo". A diferencia de los autores que le anteceden, el instrumento descrito a detalle no es sólo un aparato de sombras, en realidad sirve para saber la hora, con ayuda del astrolabio y las tablas de la declinación del sol y también reconocer cuánto nordestea o noroestea una aguja.

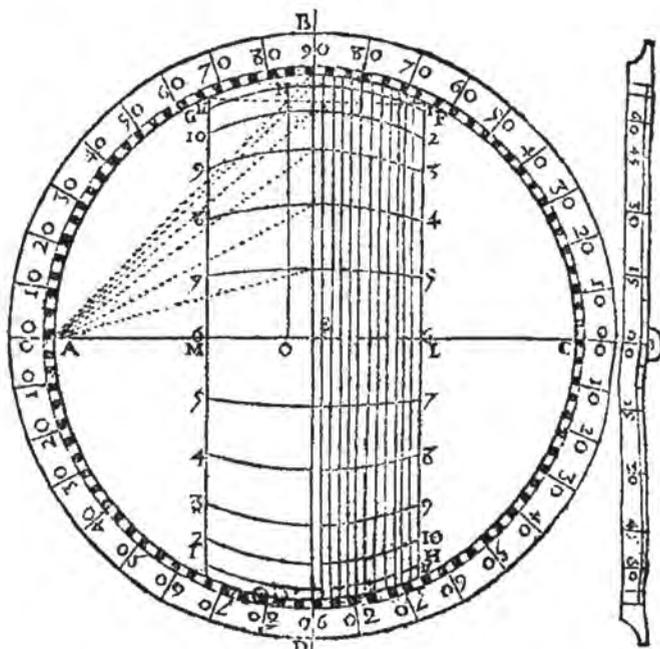
²³ Martín Cortés, *Breve compendio de la sphaera y de la arte de navegar*, 1551, f. LXXIII.

²⁴ José María López Piñero, *El arte de navegar...*, 1979, p. 178; Víctor Navarro Brotóns, "Astronomía y cosmografía entre 1561 y 1625. Aspectos de la actividad de los matemáticos y cosmógrafos españoles y portugueses", en *Cronos. Cuadernos valencianos de historia de la medicina y de la ciencia*, Valencia, Departamento de Historia de la Ciencia y Documentación, Instituto de Historia de la Ciencia y Documentación López Piñero, Universitat de Valencia, CSC, vol. 33, núm. 2, diciembre 2000, pp. 360-361.

²⁵ Rodrigo Zamorano, *Compendio de la arte de navegar*, Sevilla, Alonso de la Barrera, 1581, cap. 18, ff. 16v-17. Sigo el facsímil publicado en edición electrónica de *Obras clásicas...*, 1998, ya citada.

ILUSTRACIÓN 2
Relox general que sirve universalmente en todo el mundo

R E L O X



Rodrigo Zamorano, *Compendio de la arte de navegar* (1581).

Compuesto por un círculo dividido en 360° y dos círculos concéntricos más pequeños, en el reloj se representaba el meridiano, el norte, el sur y la equinoccial, los trópicos de Cáncer y Capricornio, así como los paralelos de la declinación del sol, las líneas horarias y las cuartas de los vientos.²⁶ Después de una minuciosa descripción para su fabricación, en el capítulo 36 explica cómo conocer la hora, y en el siguiente la manera de usarlo para detectar la variación del compás. En caso de que efectivamente la aguja mostrara alguna desviación, proporciona tres reglas para saber de cuántos grados y hacia qué lado del cuadrante es la declinación, y con esas reglas termina el capítulo concerniente a la declinación magnética.²⁷

²⁶ *Ibid.*, caps. 34 y 35, ff. 55-57v.

²⁷ *Ibid.*, ff. 57v-59.

El libro que cierra este grupo es el de Diego García de Palacio. Su *Instrucción náutica* publicada en México en 1587, es reconocida por ser la primera obra sobre el tema escrita en la Nueva España y sumamente consultada por su libro cuarto que trata sobre construcción naval, aspecto que ningún tratado impreso había abordado con detalle e ilustraciones. También es el primer autor en incluir un vocabulario náutico con más de 500 voces.

Aunque el libro de García de Palacio presenta algunas novedades con relación a las obras antecesoras, respecto a la declinación magnética el autor expone una copia fiel de lo explicado por Pedro de Medina en su *Arte de navegar*.

Los experimentos señalados en los capítulos ix y x del libro primero de *Instrucción náutica*, en realidad fueron realizados primero por Medina. Las pruebas consistieron en fabricar dos agujas y navegar con ambas, en dos embarcaciones distintas, hacia dos rumbos opuestos —este y oeste— con resultados análogos. Es decir, si navegaba hacia el este el compás sufría una alteración desde el norte hacia el primer cuadrante del lado oriental (nordestear), mientras que en la navegación hacia el cuadrante occidental la aguja se desviaba desde el norte hacia el oeste (noroestear). Aunque las agujas habían sido fabricadas con idéntico material e imantadas con la misma piedra, ambos compases habían marcado variaciones distintas con relación al norte geográfico. Después de la referencia al experimento, expone posibles explicaciones que son las mismas planteadas en el *Arte de navegar* e incluso en el mismo orden: por el movimiento de los polos, la fabricación de la aguja y las rutas por las que se navega.²⁸

Siguiendo a Pedro de Medina, García de Palacio ofrece el mismo aparato de sombra, un aparato auxiliar para conocer el azimut del sol y calcular la declinación del meridiano, con lo cual se puede corregir la desviación del compás.²⁹

En las obras náuticas publicadas a lo largo del siglo xvi, el problema de la desviación de la aguja durante la navegación de altura fue expuesto en forma similar. A excepción de Fernández de Enciso y Lavanha, quienes no abordaron el tema, los demás proponen el uso de aparatos de sombra y la eliminación de ciertas prácticas que afectaban la lectura correcta de datos. Francisco Falero, en su *Tratado de la sphaera*, fue el primero en escribir sobre el problema y descri-

²⁸ Diego García de Palacio, *Instrucción náutica...*, 1587, ff. 44v-48, pp. 176-182.

²⁹ *Ibid.*, ff. 48-49, pp. 183-185.

bir una variedad de artefactos para su detección.³⁰ Los siguientes autores coinciden en la idea de suprimir la vieja práctica de hacer correcciones en la rosa náutica desde su fabricación y hacer cálculos imprecisos sólo con la vista. Llama la atención el enfoque que Martín Cortés da al problema en su *Breve compendio*. Más teórico que práctico, prefiere reflexionar sobre la causa — con una disertación muy atinada — que describir los aparatos empleados para resolverla. Posiblemente por lo adelantado de su explicación es que los dos siguientes autores no lo retoman en sus libros. Finalmente, Rodrigo Zamorano, como buen matemático, propone un instrumento más complejo en su uso: un reloj que también servía para detectar la desviación del compás.

La experiencia es la mejor maestra de las artes

Durante la Antigüedad, los conocimientos prácticos o las tareas de carácter manual eran actividades devaluadas y de poco prestigio social. Aproximadamente a finales de la Edad Media el método para conocer la causa u origen de algún fenómeno de manera meramente especulativa comenzó a ser cuestionado y a perder seguidores, en un proceso largo y complejo lleno de matices que no serán abordados en este trabajo.³¹ Sin embargo, para los fines del artículo, me interesa resaltar el fenómeno de la nueva valoración de la técnica y el crédito que la experiencia fue ganando sobre la autoridad de los clásicos en los albores del siglo xvi.

El proceso de renovación científica se originó en parte durante el Humanismo, al momento de revisar a los autores de la Antigüedad clásica para realizar traducciones directas y corregir los errores de las ediciones medievales. La tarea de tratar de entender los textos originales llevó a relacionar su contenido con la observación de la realidad. Las discordancias que resultaron de ello condujeron a una crisis del criterio de autoridad como base del conocimiento científico.³² A esto

³⁰ Sin embargo, antes de la publicación del *Tratado* ya existían otras propuestas de instrumentos de sombra. Todos estos aparatos, son semejantes entre sí, con algunas variaciones en su diseño, el momento que debía efectuarse la lectura y algunos instrumentos auxiliares que se empleaban para la toma de datos. Ricardo Arroyo Ruiz-Zorrilla, "Estudio y transcripción", 1989, pp. 30-33.

³¹ Al respecto puede consultarse a José María López Piñero, *Ciencia y técnica en la sociedad española de los siglos xvi y xvii*, Barcelona, Labor Universitaria Manuales, 1979, donde presenta un extenso análisis de la renovación científica que ocurrió durante esas centurias.

³² *Ibid.*, pp. 149-151.

se sumó una nueva valoración de la técnica por parte de los intelectuales europeos junto con los cultivadores de la técnica, quienes comenzaron a reflexionar sobre la importancia de las artes mecánicas y a manifestarlo en sus escritos. Esta postura aparece en diversas áreas como cirugía, ingeniería, artillería, metalurgia y navegación. A esta nueva forma de pensamiento contribuyó el descubrimiento de América. Este suceso obligó a los europeos a enfrentarse con realidades nuevas y a resolverlas de manera práctica, junto con esto la acumulación de nuevos hechos permitió crear una conciencia de superioridad del hombre moderno respecto de sus modelos clásicos. Paulatinamente se fue sustituyendo su autoridad como criterio científico por la experiencia y la razón personales.³³

Se volvió un lugar común oponer la propia experiencia al criterio de autoridad, como lo ejemplifica la provocadora pregunta de Joannes Stoeffler, astrónomo y matemático experto en los métodos para definir latitud y longitud, manifestada en 1534 en una de sus obras: "Y bien querido lector, ¿dónde está pues ese océano infranqueable para los navíos, dónde esa zona quemada, inaccesible a cualquier cosa?"³⁴

En el momento en que se cruzó la "zona tórrida", es decir, la latitud que corresponde al ecuador, sucedió una ruptura entre los autores antiguos y los nuevos navegantes. Américo Vespucci le expresaba en una carta a Lorenzo di Pierfrancesco el mismo sentimiento:

Me parece Magnífico Lorenzo, que la mayor parte de los filósofos queda reprobada con este viaje mío, que dicen que dentro de la zona tórrida no se puede habitar a causa del gran calor; y yo he encontrado en este viaje mío ser lo contrario, porque el aire es más fresco y templado en esa región que fuera de ella, y que hay tanta gente que habita allí que por su número son muchos más que aquéllos que habitan fuera de ella, por el motivo que más adelante se dará; que *cierto es que más vale la práctica que la teoría*.³⁵

Al menos durante las primeras décadas del siglo XVI, la práctica tuvo un papel más importante en las exploraciones de nuevas rutas trasatlánticas que la teoría que empezaba a explicar y comprender nuevos fenómenos en la navegación de altura. El historiador Pablo E.

³³ *Ibid.*, pp. 157-164.

³⁴ Joannes Stoeffler, *In procli Diadochi* (1534), citado por Randles, *De la tierra plana al globo terrestre*, México, FCE, 1990, p. 64.

³⁵ Américo Vespucci, carta del 18 de julio de 1500 dirigida desde Sevilla a Lorenzo di Pierfrancesco de Medici, en Florencia. *Amerigo Vespucci, Cartas de viaje...*, introducción y notas de Adriano Formisano, Madrid, Alianza, 1986, pp. 56-57. Las cursivas son mías.

Pérez-Mallaína, al analizar los aspectos técnicos de los primeros viajes de exploración y descubrimiento, llega a la conclusión de que éstos tuvieron éxito aun sin contar con instrumentos de mayor precisión. Es decir, gracias a la acumulación previa de “grandes dosis de experiencia”, se pudieron compensar o amortiguar los errores propios de una navegación más compleja.³⁶

Grandes navegantes como Colón, Magallanes o Vespucci, y sus pilotos podían sustituir con saberes prácticos —determinados fenómenos meteorológicos o el conocimiento de la fauna marina y de las aves— otros aspectos científicos necesarios para el trayecto de continente a continente. Pero una vez que los viajes entre la península ibérica y el Nuevo Mundo se volvieron regulares y las flotas demandaban un número considerable de tripulación, fue necesario instruir y capacitar a nueva gente en los conocimientos básicos para este tipo de navegación. Esta necesidad se ve reflejada en la aparición de obras y tratados náuticos de carácter más didáctico.

La lectura de los testimonios de personajes que participaron en la empresa de exploración y descubrimiento, así como de algunos itinerarios y tratados de navegación, deja ver cierto conflicto entre los conocimientos que los navegantes adquirían por experiencia y los saberes que se impartían en las cátedras. Esta percepción de que los “marineros de escuela” no podían competir con la experiencia de los hombres de mar ejercitados en lo cotidiano de sus tareas nos habla de un enfrentamiento entre las teorías provenientes de las autoridades clásicas y los nuevos conocimientos técnicos surgidos durante la navegación a nuevos territorios.

Respecto a la enseñanza de las escuelas, posiblemente el problema radicara en que la navegación es esencialmente algo que se domina con la práctica, sin quitarle, por supuesto, su dosis necesaria de teoría. Además, a esto se sumaba el poco tiempo que se dedicaba para la preparación de los aspirantes a pilotos y maestros; aunque se había planteado inicialmente un año de estudios, como se mencionó anteriormente, al final se vio reducido a dos meses porque los candidatos no podían sostenerse económicamente tanto tiempo en Sevilla.

³⁶ Pablo Emilio Pérez-Mallaína Bueno, “Los libros de náutica españoles...”, 1989, pp. 461-462.

ILUSTRACIÓN 3
 Martín Cortés, *Breve compendio
 de la esfera y de la arte de navegar* (1551)



Las obras expuestas muestran la dinámica de la nueva valoración de la práctica, la experiencia y la técnica. Los autores aquí revisados representan los avances y las contradicciones que se generaban en el quehacer de la navegación. Fernández de Enciso fue el pionero en este tipo de obras y por tanto su obra es más un intento por traducir a reglas el arte de navegar, mientras que Francisco Falero, avanza en la intención de ser más teórico que práctico e inicia por escrito la discusión del tema de la declinación magnética.

A mediados de siglo dos autores dan un salto cualitativo, lo que les valió que sus tratados fueran traducidos a varios idiomas y reeditados en diversas ocasiones. Las obras de Pedro de Medina y Martín Cortés superan el nivel de simples manuales para convertirse en auténticos tratados sistemáticos de navegación. Este último logra exponer los temas de manera más metódica y con mayor claridad que Medina, e incluso es el primero en comprender los motivos de la declinación magnética, aunque ningún autor rescató su idea al menos en ese siglo.

Rodrigo Zamorano logró corregir las tablas de declinación solar y abordar el problema de la longitud. La estructura de su obra demuestra que conocía la problemática de la enseñanza de los pilotos y maestros. En las últimas décadas del siglo aparece la *Instrucción náutica* de García de Palacio, quien logra reunir los conocimientos que de la materia se tenían hasta el momento y presentarlos de una manera didáctica y accesible para el público al que debían estar destinadas tales obras: los iletrados hombres de la mar.

*Glosario*³⁷

Aguja: barreta de acero tocada a la piedra imán, que puesta en equilibrio sobre una púa se vuelve siempre hacia el norte; y colocada en el centro de la rosa náutica sirve de gobierno a los navegantes para dirigir su rumbo. Dánsele los nombres de aguja náutica o marina, aguja de marear, aguja de brújula y simplemente brújula.

Ampolleta: el reloj de arena muy conocido. Las hay con duración de media hora, de un minuto, de medio minuto y de cuarto de minuto.

Astrolabio: instrumento de metal que se usaba antiguamente para observar en la mar la altura del polo y de los astros.

Ballestilla: instrumento que se usaba antiguamente para medir la altura de los astros.

Braza: longitud de seis pies de Burgos que sirve de medida en todos los usos de la maniobra y pilotaje, entre éstos el de averiguar la profundidad del agua.

Carta: lo mismo que mapa.

Cuadrante: nombre de todo instrumento de astronomía, cuyo arco consta de 90° o de la cuarta parte del círculo, y sirve para observar la altura de los astros o su paso por el meridiano.

Derrota: el camino que debe hacerse y el que en efecto se hace, ya sea por uno ya por distintos rumbos, para trasladarse de unos puertos a otros.

Derrotero: libro que contiene la situación geográfica de los puntos más notables de una costa o costas y mares adyacentes e intermedios, con todas las noticias necesarias para facilitar y asegurar la navegación.

Escandallo: plomada cónica, que amarrada por su vértice a la sondaleza, sirve para hacer que ésta llegue hasta el fondo del mar, de

³⁷ Timoteo O'Scanlan, *Diccionario marítimo español*, Madrid, Museo Naval, 1974.

cuya calidad recoge al propio tiempo muestras en las partículas que se pegan al sebo que lleva en el hueco hecho al intento en la base, según el paraje en que ha de usarse.

Estribor: la banda o costado derecho del buque, mirando desde popa a proa.

Gobernar: dirigir, guiar con el timón al buque en la derrota que debe seguir.

Latitud: el arco de meridiano comprendido entre un punto cualquiera de la superficie del globo y el ecuador terrestre. Es igual a la altura del polo elevado sobre el horizonte, y se denomina norte o sur, o boreal o austral, según el hemisferio en que se cuenta.

Longitud: el arco del ecuador terrestre comprendido entre dos meridianos, o lo que el uno dista del otro en este sentido, es decir, angularmente. Este es uno de los elementos precisos y únicos que determinan la posición o situación de los lugares en el globo.

Navegación de altura: la que se dirige por la observación de los astros; también se conoce como navegación astronómica o de golfo.

Popa: la parte posterior de las naves, donde se coloca el timón y están las cámaras o habitaciones principales.

Proa: parte delantera de la nave que corta las aguas del mar.

Sonda: sirve para sondar o medir la profundidad y naturaleza del fondo de cualquier cosa. Se da este nombre al conjunto de sonda-leza y escandallo con que en la marina se averigua y reconoce el fondo del mar.