



LLOMBART PALET, José; IGLESIAS MARTIN, María Asunción:
“Las aportaciones vascas al ‘arte de navegar’ en algunos libros de
náutica”, *Itsas Memoria. Revista de Estudios Marítimos del País
Vasco*, 2, Untzi Museoa-Museo Naval, Donostia-San Sebastián,
1998, pp. 525-536.

U·M

UNTZI MUSEOA · MUSEO NAVAL

Donostia · San Sebastián



Gipuzkoako Foru Aldundia
Diputación Foral de Gipuzkoa

Las aportaciones vascas al «arte de navegar» en algunos libros de náutica

José Llombart Palet

María Asunción Iglesias Martín

Universidad del País Vasco

1. INTRODUCCIÓN

Entre los siglos XVI y XVIII la ciencia española pasó por periodos de auge y declive. Siguiendo a López Piñero, y de una forma muy esquemática, puede decirse que el siglo XVI representa una época de esplendor, mientras que en el diecisiete se asiste a una etapa de decadencia, que se supera durante la Ilustración. Una visión tan simplificada del quehacer científico exige que se maticen algunos de sus aspectos. En concreto, de cara al tema objeto de este trabajo interesa destacar que durante los últimos años del siglo XVII y los primeros del XVIII se produjo en el seno de la ciencia española un movimiento de renovación o «novator», considerándose que las aportaciones científicas emanadas del mismo fueron las precursoras de los logros que se alcanzaron durante la etapa ilustrada.

A finales del pasado siglo Menéndez y Pelayo creía que el «utilitarismo» era una de las causas que permitían explicar la ausencia de la ciencia española en la génesis, desarrollo y asimilación de la «revolución científica» que se fraguó durante el siglo XVII, afirmando que «mientras las aplicaciones vivieron de la tradición científica recibida de la Edad Media, todo marchó prósperamente; pero cuando otros pueblos avanzaron en el camino de la investigación desinteresada, y nosotros nos obstinamos en reducir la Astronomía a la náutica, y las Matemáticas a la artillería y a la fortificación, y dejamos de seguir la cadena de los descubrimientos teóricos, sin los cuales la práctica tiene que permanecer estacionaria, la decadencia vino rápida e irremisible, matando de un golpe la teoría y la práctica»¹. Esta situación volvió a repetirse en el siglo XVIII cuando bajo la influencia de las ideas ilustradas la ciencia española alcanzó otro de sus momentos culminantes.

Uno de los campos científicos en los que se encuentra reflejada la situación que se acaba de describir es el que da cuerpo a las disciplinas inherentes al «arte de navegar», entre las que se hallan las que pertenecen al área de las ciencias físico-matemáticas y las que se refieren a las materias técnico-científicas relacionadas con los instrumentos de navegación.

Cabe preguntarse qué papel desempeñaron los vascos en esta historia. Si se consulta la extensa bibliografía que trata del pasado marítimo español se observa que un gran número de ellos fueron protagonistas del mismo. Pero al examinar los textos que enfocan el tema desde el punto de vista de la historia de la ciencia, es decir, los que se deben a autores como M. Fernández Navarrete (1765-1844), C. Fernández Duro (1830-1908), J. Guillén Tato (1897-1972), S. García Franco, y otros más modernos, se advierte que en todos ellos se valora positivamente la actividad desarrollada en este ámbito por cuatro personalidades vascas durante el espacio cronológico objeto de este estudio: Andrés de Poza (Orduña, 1547-Madrid, 1595), Antonio de Gaztañeta (Motrico, 1656-Madrid, 1728), Miguel Archer (Bilbao, 1689-1752) y José de Mazarredo (Bilbao, 1745-Madrid, 1812). Uno de los aspectos más atractivos que presenta el análisis comparativo de sus obras reside en que las mismas se corresponden con cada uno de los periodos de auge o renovación que, como ya se ha indicado, experimentó la ciencia española entre los siglos XVI y XVIII.

En este trabajo se pretende describir esquemáticamente y comentar el contenido de cuatro de los libros debidos a dichos autores dedicados a la enseñanza de la náutica, contextualizándolos en el seno de las instituciones docentes a cuyo servicio iban destinados y comparándolos entre sí.

1. MENÉNDEZ Y PELAYO, M.: *«Esplendor y decadencia de la cultura científica española»*, premio compuesto especialmente por el autor para la obra *Cultura científica en España en el siglo XVI*, de A. FERNÁNDEZ VALLIN, 1895. Reedición de Padilla libros, Sevilla, 1989, p. XLV.

2. LA HYDROGRAFIA (1585) DE ANDRÉS DE POZA

Las consecuencias derivadas del descubrimiento de América, como el transporte de las riquezas y materias primas de las Indias a la península y la evangelización de los indígenas, explican que el poder real tuviera un gran interés en fomentar el cultivo de las ciencias que podían proporcionar una mayor seguridad a la navegación. Entre las medidas que se tomaron durante el reinado de Felipe II (1527-1598) para el perfeccionamiento de los pilotos figuraba el establecimiento de nuevos centros de enseñanza de la náutica. Según Goodman², en 1575 la Corona pretendió contratar a un profesor que instruyera en el «arte de pilotaje y navegación» a «los pilotos de la costa norte», recayendo en Andrés de Poza el nombramiento como «profesor itinerante para enseñar en varios puertos a lo largo de la costa», con un sueldo de 200 ducados anuales, aunque por el momento desconocemos la fecha exacta en que fue promovido a este cargo.

Por otro lado, Labayru³ se hace eco de una «Cedula» fechada a 16 de abril de 1581 en virtud de la cual Felipe II ordenaba a Cristóbal de Barros, «superintendente de bosques y director de la construcción de barcos en la costa norte», que «enviase á Bilbao un maestro de náutica para explicar este arte». Según Delmas⁴, Poza «en 1583 regentaba la Escuela de Náutica de San Sebastián; vivió muchos años en Bilbao, fue consejero de su Ayuntamiento y catedrático de la primera escuela de Cosmografía fundada por Felipe II».

La hidrografía o geografía descriptiva de la mar y de las costas fue uno de los saberes relacionados con el «arte de navegar» a los que se prestó un especial interés durante el siglo XVI. Fernández Vallín⁵ afirma que la obra hispana más importante dedicada a esta disciplina en dicho siglo fue la *HYDROGRAFIA*, de Andrés de Poza⁶.

El texto se divide en dos tratados. En el primero se exponen «los principios de la Esfera del mundo, y de los instrumentos y avisos necessarios a la arte de navegar» y en el segundo se describen las costas europeas desde el punto de vista hidrográfico. En el prólogo el autor confiesa que su libro es fruto de haber «juntado lo mas curioso que se halla escrito en las lenguas Italiana, Francesa, Inglesa y Flamenca». A pesar de que afirma que sólo «le ha mouido el zelo de la caridad, con los naturales destos Reynos, para darles noticia de lo mas necesario y vtil, que hasta aqui no se auia publicado», no resulta arriesgado suponer que el contenido del primer tratado guardara una estrecha relación con las enseñanzas impartidas por Poza en los centros de instrucción náutica anteriormente citados.

El primer libro consta de ochenta páginas y está dividido en cinco partes que, a su vez, se subdividen en capítulos.

La primera parte contiene dieciséis capítulos. Empieza definiendo lo que se entiende por esfera, que puede ser de dos clases: sólida o esfera propiamente dicha y cóncava, que da origen a los orbes o cielos. A continuación se describe el Universo refutando algunas de las ideas vertidas por Aristóteles acerca de las proporciones que guardan entre sí los cuatro elementos. La llamada quinta esencia o parte celeste está compuesta por diez cielos, que se corresponden sucesivamente y según el siguiente orden con los de: la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno, el de las estrellas o firmamento, cristalino, y «el mas alto» que es donde se encuentra el primer móvil. Seguidamente y después de hacer referencia a los movimientos de los cielos, especificando el tiempo que tarda cada uno de ellos en dar una «revolución» completa, se exponen varios argumentos que «prueban» que la Tierra «está colocada en el centro y medio del mundo» y se indica la forma de calcular su dimensión, es decir, la longitud de la circunferencia máxima contenida en su superficie.

En los capítulos que van del sexto al décimo de esta primera parte se establecen las definiciones, propiedades y conceptos anejos a los llamados seis «círculos mayores» de la «esfera del mundo»: círculo equinoccial o Ecuador celeste; eclíptica o circunferencia descrita aparentemente por el Sol en la esfera celeste a lo largo de

2. GOODMAN, D.: *Poder y penuria. Gobierno, tecnología y ciencia en la España de Felipe II*, Alianza Universidad, Madrid, 1990, p. 96. (Traducción de la edición inglesa de 1988).

3. LABAYRU, E.: *Historia general del Señorío de Vizcaya*, Biblioteca de la Gran Enciclopedia Vasca, Bilbao, 1967, 2 ed., tomo IV, pp. 490-1 y p. 818.

4. DELMAS, J. E.: *Biografía universal de claros varones de Vizcaya*, La Gran Enciclopedia Vasca, Bilbao, 1966, p. 169-71. En la página 169 se transcribe el comentario que sobre Poza y su obra hace Felipe Picatoste en sus *Apuntes para una Biblioteca Científica Española del siglo XVI*, p. 258. Ver también JUARISTI, J.: *Vestigios de Babel. Para una arqueología de los nacionalismos españoles*, Siglo Veintiuno de España Editores, Madrid, 1992, en especial pp. 40-87.

5. FERNANDEZ VALLIN, A.: *Cultura científica en España en el siglo XVI*, Padilla libros, Sevilla, 1989, p. 91. Se trata una reedición del Discurso leído ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid por el autor en 1893.

6. POZA, A. de: *HYDROGRAFIA, la mas curiosa que hasta aquí ha salido a luz, en que de mas de vn derrotero general, se enseña la nauegacion por altura y derrota, y la del Este Oeste: con la Graduacion delos puertos, y la nauegacion al Catayo por cinco vias diferentes*, Mathias Marés, Bilbao, 1585.



Andrés de Poza, *Hydrografia...*, Bilbao, 1585.

del observador y de sus representaciones en la aguja y en las cartas marear. En el capítulo decimocuarto se da cuenta de la utilización del grado como unidad para medir diferentes magnitudes astronómicas. En el capítulo siguiente se define la latitud como «lo ancho de la tierra desde la equinoccial a los Polos» y la longitud como «lo largo de la tierra de poniente a Levante desde el meridiano que llaman fijo, el de las Canarias, hasta llegar al de las Islas Molucas», explicando los fundamentos del método de los eclipses lunares, debido a Ptolomeo, para calcularla. La primera parte concluye dando cuenta de los treinta y dos vientos principales existentes, incluyendo una tabla con las denominaciones que reciben en cuatro lenguas distintas: español, francés, italiano y flamenco.

La segunda parte consta de cuatro capítulos y está dedicada a los instrumentos de navegación. Después de mencionar las propiedades físicas en que se fundamenta la aguja de marear, Poza se refiere al fenómeno conocido como la «variación de la aguja» y refuta las opiniones de Gerónimo Cardano (1501-1576) para explicarlo. También se hace eco de algunas recomendaciones prácticas, que se encuentran en un libro de Pedro Apiano, publicado en 1580, para utilizar y conservar dicho instrumento. En cuanto a las cartas de marear considera que deben cumplir, esencialmente, dos requisitos: el ecuador debe graduarse respecto al meridiano que pasa por las islas de San Miguel y Santa María en las Azores y por las islas de Buenavista y Mayo en Cabo Verde, y los meridianos deben estrecharse hacia el norte en las debidas proporciones, poniendo en evidencia los errores que se pueden cometer al emplear las cartas planas. Se describen el astrolabio y la ballestilla, así como la forma de utilizarlos y las ventajas e inconvenientes que los mismos presentan, aunque se recomienda que ambos se tengan a bordo.

La tercera parte contiene seis capítulos. Primeramente se presenta una tabla que permite saber las conjunciones con respecto a la Tierra del Sol y de la Luna desde el año 1583 hasta el año 1700. A continuación se explican varias reglas para: obtener las concurrenientes, conjunciones y oposiciones de la Luna sin utilizar tablas; las horas de las mareas en diferentes casos y situaciones; el número áureo y para saber la hora durante la noche mediante la observación de la Estrella Polar. También se indica la manera de construir un «instrumento general de Mareas» según se explica en un tratado de Pedro Apiano —«impresso en frances en la villa de Amberes el año 1585»—, advirtiendo que «es en sustancia casi el mismo que pone el maestro Rodrigo Zamorano en el tratadillo que compuso». Finalmente se recogen en una tabla los meses y los días en que aparecen en la línea Norte-Sur de cualquier lugar las «mas insignes y lucidas estrellas del firmamento» a distintas horas de la noche.

un año; meridiano; horizonte del lugar o círculo máximo sobre la superficie de la Tierra (o de la esfera celeste) que pasa por los puntos en los que «se nos junta el cielo con el agua cuando navegamos»; coluro solsticial y coluro equinoccial, es decir, los círculos máximos que pasan por los polos de la «esfera del mundo» y que cortan a la eclíptica por los puntos solsticiales y equinocciales, respectivamente. Al hablar de la declinación del Sol o apartamiento diario de la eclíptica respecto de la equinoccial se estima que «agora en nuestro tiempo no passa de 23°28' como lo ha hallado Georgio Purbachio, Iuan de Monteregio, Nicolao Copernico, Erasmo Reynholdo, Iuan Estadio, y otros insignes Mathematicos de nuestra era». Conviene destacar que, a pesar de conocer la obra de Copérnico, Poza sigue aferrado, como tantos otros de sus coetáneos, a las ideas geocéntricas.

Los dos capítulos siguientes se dedican a los llamados «círculos menores»: trópicos, el de cáncer y el de capricornio, o paralelos situados tanto en la superficie terrestre como en la «esfera del mundo» a 23° 27' al norte y al sur del ecuador o equinoccial, respectivamente; círculo ártico; círculo antártico; y paralelos, que se utilizan para determinar la posición de un lugar y de los que los anteriores son casos particulares.

En el capítulo decimotercero se habla del zenit o punto de corte de la esfera celeste con la vertical



Antonio de Maris-Andrés de Poza, Hydrografía... San Sebastián, 1675.

La cuarta parte se divide en diez capítulos. Se dan cinco reglas para hallar la altura del Polo y el apartamiento de la línea equinoccial según se utilice el método general o se obtengan observando las estrellas fijas, la Estrella Polar o el Sol. Se examinan algunos de los casos especiales que pueden presentarse. Se explica como debe utilizarse el astrolabio para efectuar correctamente dichas observaciones, tratando de evitar los errores en que incurrieron los antiguos, ya denunciados por Pedro Apiano y Rodrigo Zamorano. Dichas reglas y recomendaciones se complementan con tres tablas: la de las declinaciones del Sol compuesta por Guillermo Bourne, aunque «es la misma que pone el maestro Zamorano»; la establecida por Pedro Apiano para saber las leguas recorridas por una nave cuando se desvía de la línea meridiana hacia el este o el oeste y la que muestra cómo reducir las leguas a grados según el rumbo que se siga. Se describe la forma en que deben interpretarse los resultados de las observaciones astronómicas anteriores y los datos proporcionados por las tablas para la navegación fundada en la derrota y la altura, indicando cómo debe emplear el piloto el compás para reflejar en la carta el camino que sigue la nave.

La quinta y última parte del primer libro es la más interesante de toda la obra desde el punto de vista de las ciencias náuticas. A lo largo de los siete capítulos que la componen se explican

los principios de la navegación por altura y longitud. El problema de hallar la longitud se reduce a calcular la diferencia horaria entre el puerto de salida y el lugar en que se encuentra la nave, los grados correspondientes a la misma y la conversión del tiempo y los grados en leguas en función de los paralelos del lugar y del punto de partida. Las dos últimas cuestiones se resuelven mediante cálculos relativamente sencillos y consultando las tablas de transformación pertinentes. El método propiamente dicho para calcular la diferencia horaria se basa, esencialmente, en comparar el tiempo transcurrido desde que la Luna sale por el horizonte hasta que lo hace una estrella fija conocida. Para aplicarlo resulta preciso hacer un buen uso de las ampollitas o relojes de arena, el astrolabio y las tablas. Se da cuenta de que en el capítulo decimotercero de la *Cosmografía* de Pedro Apiano se describen otros métodos para hallar la distancia entre dos puntos lejanos; pero al ser un libro muy conocido y al estar «traducido en nuestro vulgar romance, nos escusamos de repetirlos aquí». Por último se cantan las excelencias de la navegación por altura y longitud al compararla con la de altura y derrota.

A pesar de los errores que contiene la obra, como pueden ser los derivados del seguimiento que se hace de las ideas de Ptolomeo acerca del sistema del mundo y la excesiva confianza puesta en el buen funcionamiento de las ampollitas para hallar la longitud, el texto tiene la virtud de exponer con extraordinaria claridad los conceptos fundamentales de la astronomía náutica. Las abundantes referencias a otros autores dan fe de la puesta al día de los conocimientos alcanzados por Poza. Por otro lado, la exposición en forma de reglas y recetas que hace el autor del contenido de su obra tiene la ventaja de convertirla en un manual de gran utilidad práctica, pero al mismo tiempo la reducen a un mero ejercicio descriptivo.

El segundo libro, al que se dedican más de doscientas páginas, es, en realidad, un derrotero complementado con informaciones de tipo hidrográfico. Para atestiguarlo basta con leer su subtítulo: *DE LA HYDROGRAFIA en que se contienen los Pvertos, Costas, Cabos, Conocencias, Surgideros, Trauesias, Possos, Entradas, Sendas, y Mareas del mar Oceano, Occidental, dende el estrecho de Gibraltar, asta Ostelanda, y dende el Estrecho à Leuante. Iten va la graduacion de las Puntas, y Cabos mas señalados.* A lo largo de los capítulos que lo componen, se ofrecen al lector escrupulosas descripciones de los accidentes geográficos con el objeto de que le sean de utilidad para navegar en las proximidades de las costas. Este segundo libro se reeditó en 1675 en San Sebastián, junto con un tratado del «Cosmógrafo del Rey de Portugal» Antonio de Maris Cameiro, que sustituía al libro primero de Poza

que figura en la edición de 1585⁷. El texto de Carneiro está dividido en dos libros, el primero de los cuales se dedica a la navegación y trata de los siguientes temas: «EL arte de navegar y su fundamento», «Las Sombras y Reglas del Sol», «Uso de las Tablas siguientes del Sol», «Los Rumbos de la aguja», «La Demarcación de la aguja por el Sol, y su variación», «Las cuatro advertencias de la aguja», «La Carta de Marear», «Las leguas que camina un Navío por cualquiera de los rumbos sobredichos», «Como se Cartea por la fantasía y la navegación de Este a Oeste», «Como se Cartea por el Sol», «Como se toma la altura del Polo por la Estrella Polar», «El Aureo número y la Epacta», «Para saber cuando es luna nueva y plenilunio en todo el año» y «Las mareas».

3. EL NORTE DE LA NAVEGACIÓN (1692) DE ANTONIO DE GAZTAÑETA

La fundación en 1681 del Colegio de San Telmo en Sevilla fue, desde el punto de vista institucional, uno de los hitos más significativos del movimiento «novator» en el seno de la náutica. Este centro de enseñanza se creó, promovido por el Consulado y la Universidad de Mareantes, con el objeto de proporcionar a la armada y a la marina mercante el personal cualificado que estaban demandando. A pesar de las dificultades de orden económico que tuvo que superar en sus inicios, la institución fue adquiriendo paulatinamente un cierto prestigio, por lo que se le considera como la entidad precursora de las escuelas de náutica que se fueron estableciendo a partir de mediados del siglo XVIII. Según López Piñero⁸, una de las contribuciones más destacables emanadas de esta institución fue el libro de Antonio de Gaztañeta titulado *Norte de la Navegación*⁹.

La obra consta de ciento ochenta y seis folios escritos en ambas caras y diez láminas. A pesar de que Gaztañeta divide la obra en dos partes —«la navegación sin reducción de paralelos» y «la navegación con la

reducción de paralelos, en la conformidad que nos demuestra el globo terrestre, propiamente arte mayor de la navegación»—, se considera que para describirla resulta más adecuado agrupar su contenido atendiendo a los siguientes temas o apartados: el cuadrante de reducción, los «términos» de navegación, aplicaciones del cuadrante, reglas astronómicas y tablas. A señalar que a lo largo del texto se encuentran numerosas figuras y gráficos con el fin de ilustrar diferentes cuestiones y ejercicios.

El Padre Jacobo Kresa, «Catedrático de Matemáticas en el Colegio Imperial de la Compañía de Jesús de la Villa y Corte de Madrid», fue el encargado de dar la «aprobación» a la obra desde el punto de vista científico¹⁰. Kresa asegura que la gran utilidad del texto reside en el hecho de que el autor se hubiera acomodado «al modo de hablar, y a los terminos vñados de todos los Navegantes». De esta forma, las personas a quienes va destinada la obra pueden perder «el horror que tienen concebido, juzgando infuerepable la dificultad de los preceptos Geometricos, y Trigonometricos». También valora positivamente el hecho de que se muestre en el libro la forma de corregir los errores en que «comunmente caen» los navegantes.



Antonio de Gaztañeta, *Norte de la navegación hallado por el cuadrante de reducción*, Sevilla, 1692.

7. MARIS CARNEIRO, A. de; POZA, A. de: *HYDROGRAFIA LA MAS CVRIOSIA QVE ASTA OY A LUZ A SALIDO, RECOPIADA DE VARIOS Y ESCOGIDOS AVTHORES DE LA NAUEGACION*, Martín de Huarte, San Sebastián, 1675.

8. LOPEZ PIÑERO, J. M.: *Ciencia y Técnica en la sociedad española de los siglos XVI y XVII*, Labor, Barcelona, 1979, p. 455. Resulta un tanto sorprendente constatar que en muchas de las numerosas referencias a Gaztañeta que se hacen en la historiografía náutica no se mencione su vinculación al Colegio de San Telmo. Sobre Gaztañeta, ver por ej., APESTEGUI, C. et al.: *Antonio de Gaztañeta 1656-1728*, Untzi Museoa-Museo Naval de San Sebastián (Diputación Foral de Guipúzcoa), San Sebastián, 1992.

9. GAZTAÑETA, A.: *NORTE DE LA NAVEGACIÓN HALLADO POR EL QVADRANTE DE REDVCCION*, Juan Francisco de Blas, Sevilla, 1692.

10. Sobre las actividades científicas desarrolladas por Kresa y Gaztañeta en la ciudad de Cádiz durante los últimos años del siglo XVII, consultar LLOMBART, J.: «Los jesuitas y las matemáticas en la España del siglo XVII: las *Theses Mathematicas* de J. Kresa defendidas por I. Manrique de Lara», comunicación (pendiente de publicación) presentada en el *XIXth International Congress of History of Science*, celebrado en Zaragoza en 1993.

Entre los comentarios que se recogen en las páginas que anteceden al texto propiamente dicho merecen destacarse algunos de los juicios emitidos por el Padre Juan de Gámiz, «Catedrático de la Prima de Theologia en el Colegio de San Hermenegildo de Sevilla». Después de lamentar el olvido en que había caído la actividad científica en el marco de la náutica española, considera que, con su obra, Gaztañeta «pretende enriquecer à la posteridad con las mas feugas noticias, que à adquirido, y hazer en adelante facil con el Arte, y Reglas de un Inftrumento folo lo que hafta aqui como acafo, y fin ciertos principios era dificil, arreglado, y cafi defefperado de los Nueftros. Podran ya con efte eftudio fer, no mecarnicos Oficiales, fino inteligentes Maeftros de la Navegacion: podran fer, no executores folos del acierto, fino Sabios dictadores de la Razon ...»¹¹.

En el prólogo Gaztañeta afirma que el contenido de su obra está basado en sus propias experiencias. Pone el acento en el hecho de que le había impulsado a escribirla la carencia de instrumentos y textos de navegación existente en España, pues él mismo, durante su aprendizaje, se vió en la necesidad de utilizar libros extranjeros.

El texto propiamente dicho se inicia cantando las excelencias del cuadrante de reducción o cuadrante dorado y enumerando las ventajas que sus múltiples aplicaciones pueden reportar a la navegación. Se explica con detalle la «fabrica del Qvadrante de Redvción». En esencia, el instrumento consiste en un rectángulo cuadrículado, cuya base es igual a las tres cuartas partes de su altura, estando divididas ambas en treinta y cuarenta partes iguales, respectivamente. Tomando como centro el vértice inferior izquierdo del rectángulo, se trazan arcos de circunferencia que pasan por los vértices de cada cuadrícula. El arco que corresponde a la vigésima quinta división de la base se señala con un trazo más fuerte y se divide, a su vez, en noventa partes iguales. Entre las primeras aplicaciones del instrumento que figuran en el texto, podemos destacar las siguientes: la obtención, después de haber dividido el arco anterior en ocho partes iguales, de los ocho rumbos correspondientes a una aguja de marear; el establecimiento de una regla para el cálculo del seno de un ángulo; la obtención de la eclíptica o círculo máximo de la esfera celeste descrito en un año por el Sol en su movimiento propio aparente, a partir de la cual se pueden hallar las declinaciones del sol; y la reducción de las leguas correspondientes a diferentes paralelos respecto a las de la línea equinoccial o ecuador terrestre.

Con la expresión genérica «terminos» de la navegación se designan no solamente las magnitudes que permiten determinar la posición de una nave, como son la latitud y la longitud, sino también el rumbo que se sigue al navegar y la distancia recorrida por el buque.

Después de definir la latitud, se examinan varios casos correspondientes a las distintas variaciones de la misma, según sea el punto de partida y el rumbo seguido por la nave. Se consideran ejemplos prácticos para explicar cómo se halla la diferencia de latitud entre dos puntos o lugares.

Se dan dos definiciones de longitud, advirtiendo que se opta por tomar como primer meridiano el que pasa por el «Pico de Teybez (Teide) de la Isla de Tenerife». Se explica la manera de resolver algunos problemas relacionados con este concepto, como son: hallar la diferencia de longitud entre dos puntos cuando se conocen la longitud de salida y la de llegada y calcular la longitud del punto de llegada sabiendo la longitud del punto de salida y la diferencia de longitud entre ambos puntos. Se examinan varios casos prácticos para indicar cómo debe procederse según que los puntos de partida o llegada se sitúen al Este o al Oeste del primer meridiano.

La introducción del «termino» que se conoce con el nombre de rumbo se acompaña de la descripción del instrumento que se utiliza para hallarlo, la rosa náutica o aguja de marear. Gaztañeta hace hincapié en el hecho de que su definición es distinta a la dada por Lázaro de Flores en su *Arte de Navegar* (Madrid, 1675). Después de dividir los rumbos en rectos, paralelos y espirales, se da cuenta de las causas que hacen variar, fundamentalmente, la dirección del rumbo, entre las que se halla la variación de la aguja. Se describe un sencillo método para corregir los defectos del rumbo debidos a la acción de la mar y a los abatimientos y guiñadas que sufre la embarcación atribuibles a los timoneles. Se ponen de manifiesto las ventajas que el método conlleva al compararlo con otros. La forma de aplicarlo se explica a través de la consideración de un caso práctico. Se dedican treinta y tres páginas a la variación de la aguja. El autor no se detiene en analizar sus causas, pues cree que no hay forma de saber a qué es debida. Se exponen unas cuantas reglas prácticas para corregirla basadas en la observación de diferentes posiciones del Sol.

Después de analizar críticamente algunos métodos no muy recomendables para hallar la distancia recorrida en la mar, como el que se basa en la contemplación de la estela que deja la nave o el que consiste en echar un palo por la proa y esperar hasta que se le da alcance, Gaztañeta se muestra partidario del empleo de la corredera para calcular dicha distancia. Se describe pormenorizadamente el instrumento y la forma de usarlo.

11. Ver IGLESIAS, M. A.; LLOMBART, J.: «Notas para un estudio del Norte de la Navegacion hallado por el Qvadrante de Redvcion (1692), de Antonio de Gaztañeta (1656-1728)», *Actas del Simposio Agustín de Betancourt. IV Simposio de Enseñanza e Historia de las Ciencias* (Puerto de la Cruz, 2-5 de abril de 1991), pendiente de publicación.

Una vez examinados los cuatro «terminos» de navegación, se explica la forma de ubicarlos en el cuadrante de reducción con el objeto de explotar al máximo sus aplicaciones. Los problemas que se resuelven mediante la utilización del cuadrante se presentan bajo el epígrafe de «proposiciones», entendiendo por «demostraciones» de las mismas las destrezas a desarrollar con el objeto de dar con la solución del problema propuesto. Los fundamentos teóricos en los que se basa la utilización del cuadrante en «la navegación por paralelos» o por la carta plana se desarrollan en ocho proposiciones que se complementan con una cincuentena de ejemplos prácticos. Se comenta que, en algunas ocasiones, las derrotas estimadas no concuerdan con las latitudes obtenidas mediante la observación del Sol o las estrellas, lo que significa que las distancias y los rumbos calculados no coinciden con los verdaderos, por lo que habrá que realizar algunas correcciones. Se expone el método que se considera más apropiado para efectuarlas, ilustrándolo con tres ejemplos. Se insiste en las dificultades que suelen presentarse a la hora de llevar a cabo dichas correcciones, advirtiendo que existen diferentes opiniones autorizadas sobre el tema.

Como ya se ha indicado, la segunda parte de la obra trata de la «Navegación con la Reducción de Paralelos». Se enseña cómo debe utilizarse el cuadrante de reducción para resolver los problemas que se enuncian a través de dieciséis proposiciones. Mediante la consideración de seis «proposiciones paralelas» a las ya estudiadas para la navegación plana se indica cómo se navega siguiendo las «líneas espirales» o loxodromias del globo terrestre. Cada proposición se ilustra con un caso práctico. Se utilizan ejemplos gráficos para comparar los diferentes valores que se obtienen para los «terminos» de navegación al calcularlos por la carta plana o por la esfera terrestre. Se explica que esto se debe a que en el primer caso las distancias entre los meridianos se mantienen constantes, mientras que van disminuyendo a medida que la nave se va alejando del ecuador, anulándose en los polos en el segundo supuesto. Se pone el acento en las importantes repercusiones derivadas de este hecho. Se establecen algunas reglas para poder reducir la navegación a la carta plana cuando ésta se lleva a cabo siguiendo la loxodromia o línea que determina un ángulo constante con los distintos meridianos al mantener el piloto un rumbo fijo. Se ponen de manifiesto las discrepancias existentes entre el método propuesto para hallar la «mediana paralela» determinada por dos latitudes y el que presenta Lázaro Flores en su obra ya citada.

Las últimas aplicaciones del cuadrante de reducción se refieren a la resolución de diez problemas de astronomía como son, por ejemplo, hallar la declinación del Sol en un instante dado, el lugar que ocupa el Sol en la eclíptica en un momento dado, ... ; y al cálculo de los valores de las funciones trigonométricas seno, coseno, tangente y secante correspondientes a cualquier ángulo.

Se establecen varias reglas para efectuar diversas mediciones y observaciones astronómicas relacionadas con el «arte de navegar». La parte dedicada a la astronomía náutica se complementa con una tabla de las declinaciones del Sol, un catálogo de cuarenta y siete estrellas fijas, una tabla de las variaciones de la aguja de marear en diferentes lugares, y una tabla de las latitudes y longitudes correspondientes a trescientos cuarenta y cuatro puntos de la superficie de la Tierra.

Del estudio de la obra se desprende que la misma estaba dedicada, fundamentalmente, a explicar las ventajas y aplicaciones que podían derivarse de la utilización de un instrumento de cálculo: el cuadrante de reducción. Con el objeto de corregir los errores más frecuentes que se cometían en la resolución de numerosos problemas náuticos, Gaztañeta no se limitó al estudio del cuadrante sino que amplió los contenidos de su obra considerando otros temas relacionados con la navegación, como, por ejemplo, la utilización de la corredera. A pesar de la preocupación por el rigor que subyace en la obra, lo cierto es que las llamadas «demostraciones» no son más que detalladas exposiciones de las reglas a seguir en la resolución de los problemas. De todas formas, puede afirmarse que Gaztañeta llegó a alcanzar los objetivos previstos: escribir un manual para el uso de los pilotos, en el que se dieran a conocer algunas de las ideas renovadoras en el campo de las ciencias náuticas que estaban en boga en otros países de nuestro entorno. No en vano se considera que fue el introductor en España del cuadrante de reducción y de la corredera. Es conocida la opinión en virtud de la cual el *Norte de la Navegación* estaría fuertemente inspirado en el *Tresor de la Navigation* (1676), del francés Guillaume Blondel de Saint Aubin; pero, aunque parezca extraño, lo cierto es que en su libro Gaztañeta no se refiere ni una sola vez a este autor ni a su obra, mientras que si se hace eco del *Arte de Navegar*, de Lázaro Flores, texto al que critica con dureza.

4. LAS LECCIONES NÁUTICAS (1756) DE MIGUEL ARCHER

La creación con carácter oficial de Escuelas de Náutica en distintas localidades peninsulares a lo largo de la segunda mitad del siglo XVIII fue una de las consecuencias de la política ilustrada. Durante esta época se establecieron en el País Vasco algunos de estos centros, como las Escuelas de San Sebastián, Plencia, Lequeitio, ..., siendo el «Museo Matemático» o «Escuela de Náutica y Matemáticas» de Bilbao la pionera y, por lo que se sabe hasta la fecha, la más importante de todas ellas.

La Diputación de Vizcaya aprobó, en 1740, la creación de una escuela de matemáticas, con el fin de adiestrar a los jóvenes no solamente en la ciencia de la náutica, sino también en «otros ingenios y ministerios»¹². Se acordó que el nuevo establecimiento se ubicara en los locales de la última planta del Ayuntamiento de Bilbao. Compartieron a partes iguales los gastos derivados de su sostenimiento el Señorío de Vizcaya, el Ayuntamiento de la Villa y el Consulado. En un principio se encomendó la dirección del centro al capitán de fragata José Vicente Ibáñez de la Rentería, que había publicado en 1738 el libro titulado *Explicación del Círculo Náutico astronómico Universal, inventado y nuevamente ampliado*; pero parece ser que los estudios propiamente dichos no se iniciaron hasta el año 1742, cuando tomó posesión de la Cátedra de Náutica el hidrógrafo Miguel Archer (1679-1752)¹³.

Uno de los mayores logros derivados de las actividades desarrolladas en dicho centro fue, sin duda, la publicación del libro de Miguel Archer titulado *Lecciones Náuticas*¹⁴. Esta obra no solo fue utilizada como libro de texto en la Escuela de Bilbao sino que también fue adoptada como tal en otros centros peninsulares análogos¹⁵.

Jorge Juan (1713-1773), al dar su aprobación al texto, lo calificó como uno «de los mejores que jamás se ayan escripto en Epaña por lo que toca a la practica de la Navegación».

La obra propiamente dicha consta de doscientas quince páginas, distribuidas en veinte lecciones, tres tablas y un índice, además de cuatro láminas dibujadas por Ignacio de Albiz.

El texto se inicia con la definición de náutica. La primera lección se dedica a la geometría, conteniendo una cincuentena de definiciones geométricas elementales y concluyendo con la resolución detallada de nueve problemas.

La siguiente lección trata de la trigonometría plana, estableciéndose, entre otros, los conceptos de seno y tangente de un arco y sus propiedades. Se dan reglas para resolver algunos problemas en las que se hace uso de la geometría, el cuadrante de reducción, los logaritmos, la escala doble y la pantómetra.

Al desarrollar la parte correspondiente a la geografía se presenta el sistema del mundo siguiendo las teorías de Ptolomeo. Se definen los conceptos que permiten saber la posición de una nave mediante la latitud y la longitud.

A continuación se describe la rosa náutica, dividiéndola en treinta y dos partes iguales o rumbos. Se explica muy superficialmente cómo se navega siguiendo un meridiano, un paralelo o formando ángulos iguales con todos los meridianos, es decir, siguiendo la loxodromia.

Las seis lecciones siguientes se dedican a la navegación plana. Primeramente se dice que para averiguar la distancia recorrida por una nave debe emplearse la corredera y se explica muy detalladamente cómo debe utilizarse dicho instrumento. A continuación se definen el apartamiento y la diferencia de latitud como los catetos opuesto y contiguo, respectivamente, del ángulo del rumbo, en un triángulo rectángulo cuya hipotenusa es igual a la distancia navegada siguiendo dicho rumbo. Ambas magnitudes se calculan aplicando fórmulas trigonométricas y utilizando las «Tablas de diferencia de latitud y apartamiento», que se encuentran al final del texto. Seguidamente se explica cómo puede corregirse mediante la aplicación de expresiones trigonométricas el error de apartamiento, que se presenta cuando la latitud de llegada obtenida aplicando el método anterior no coincide con la que proporciona una buena observación astronómica. Se indica cómo pueden representarse en la «carta plana» el apartamiento y la diferencia de latitud y se resuelven en dicha carta ocho problemas en los que intervienen ambas magnitudes u otras relacionadas con ellas. Se establecen, examinando distintos casos, métodos trigonométricos y tabulares para hallar la diferencia de longitud entre el lugar de salida y el de llegada conociendo el apartamiento verdadero y la latitud media. Se advierte de la inexactitud de estos métodos cuando «los lugares están muy apartados». Se explican reglas para corregir tales errores en las que se utilizan las tablas de «partes Meridionales» calculadas por Jorge Juan «en atención a la Elepticidad de la tierra».

La lección undécima se dedica a la «Carta Efpherica». Se explica mediante la consideración de diversos casos prácticos la forma de utilizarla. Se indica cómo pasar de una carta a otra, y viceversa. Se exponen las ventajas e inconvenientes que presentan ambos tipos de cartas. Se da a conocer que «poco ha, los Academicos de Berlin han publicado unas cartas, en las quales omiten las Rofas, por evitar la confusion de lineas».

12. Op. cit. en 3, tomo VI, p. 221.

13. Ver LLOMBART, J.: «Noticia sobre el Museo Matemático de la M. N. y M. L. Villa de Bilbao, el Señorío de Vizcaya y su Casa de Contratación», CODINA, R.; LLOBERA, R. (Ed.): *Història, Ciència i Ensenyament*, EU del Professorat d'EGB/SEHCYT, Barcelona, 1990, pp. 339-352.

14. ARCHER, M.: *Lecciones Náuticas explicadas en el Museo Matemático del M. N. y M. L. Señorío de Vizcaya, Noble Villa de Bilbao y su Illustre Casa de Contratación*, Antonio de Egusquiza, Bilbao, 1756.

15. Ver LLOMBART, J.; HORMIGÓN, M.: «Un libro de texto de la Escuela de Náutica de Bilbao en el siglo XVIII», CODINA, R.; LLOBERA, R. (Ed): *Història, Ciència i Ensenyament*, EU del Professorat d'EGB/SEHCYT, Barcelona, 1990, pp. 439-451.

Las dos lecciones siguientes tratan de astronomía. Se introducen veintiocho conceptos astronómicos y, con el título genérico de «teoremas», se exponen 25 propiedades o reglas, más o menos comentadas, que hacen referencia a dichos conceptos. Se resuelven teóricamente cinco problemas astronómicos generales, aplicándolos seguidamente a algunos casos concretos.

En la lección decimocuarta se describen y se enseña el manejo de los siguientes instrumentos que se usan en el mar para calcular las alturas de los astros: el cuadrante de Adams, el cuadrante de Davis o cuadrante inglés, y el octante de Hadley. Seguidamente se explican los errores que se cometen al observar las alturas de los astros y se dan reglas prácticas para corregirlos en algunos supuestos.

La lección decimosexta se dedica a la declinación de los astros. Se describe con cierto detalle la variación de la declinación del Sol y se explica la manera de utilizar las «Tablas de las declinaciones del sol, calculadas para el Meridiano de Londres».

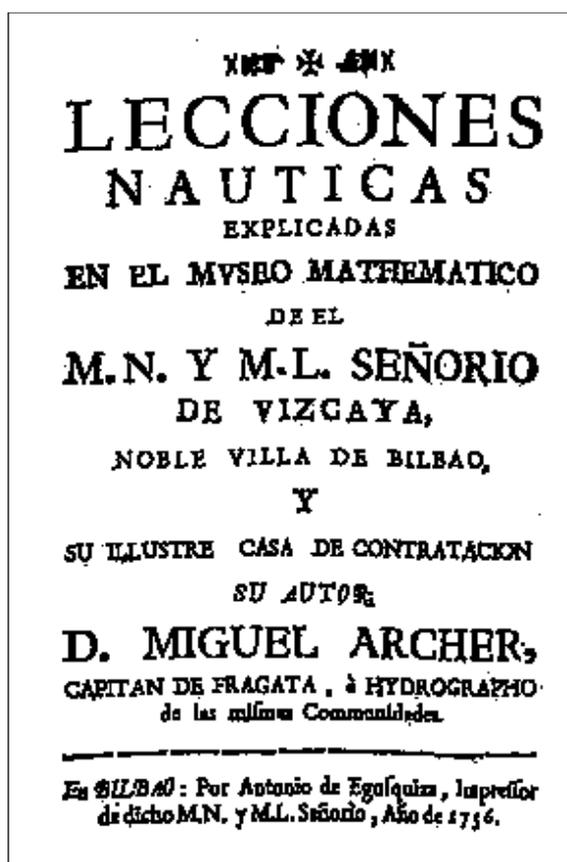
En las cuatro últimas lecciones se tratan los siguientes temas: la variación de la «Brújula», explicando un método para calcularla; la deriva o abatimiento de una nave, indicando como puede hallarse en distintos casos; el «Diario», es decir, «el Libro en el qual fe tiene la cuenta de lo que navega el Navio»; y las mareas, exponiendo un procedimiento para hallar la hora de la pleamar en cualquier puerto.

El contenido del libro nos proporciona una idea bastante precisa de la naturaleza del equipaje científico adquirido por los alumnos que obtenían el título concedido por la Escuela. A destacar la variedad de disciplinas propias de las ciencias náuticas que figuran en el texto, como son: la geometría —tanto planimétrica como estereométrica—, la trigonometría, la geografía, el pilotaje, la cartografía, la cosmografía, la astronomía, la hidrografía, ... Por otra parte, resulta interesante constatar que se seguía explicando el sistema del mundo según las teorías geocéntricas de Ptolomeo. También merece destacarse la coherencia en el correcto ordenamiento de las lecciones que configuran la obra. Señalar, por último, la preocupación didáctica del autor, que no deja de manifestar a lo largo de todo el texto.

A Archer le sustituyó Ignacio de Albiz como «maestro» de la Escuela de Náutica de Bilbao. En 1768, calculó las «Ecuaciones del Sol, que muestran la diferencia del tiempo aparente al Verdadero, que resulta entre Año, por lo que se dirige su inteligencia en esta, al gobierno de los Relojes»¹⁶. Entre 1771 y 1773, dio a conocer un cuadrante náutico de su invención «pordonde enseña asus Dizipulos la Resolución de todo Triangulo Rectilíneo y Espherico»¹⁷.

5. LAS LECCIONES DE NAVEGACIÓN PARA EL USO DE LAS COMPAÑÍAS DE GUARDIAMARINAS (1790) DE JOSÉ DE MAZARREDO

Después de la Guerra de Sucesión la Corona acometió la tarea de modernizar la marina de guerra. Con la creación de la Academia de Guardia Marinas de Cádiz en 1717 se pretendió dotar al país de un centro de instrucción de oficiales de características análogas a los que ya venían funcionando en Francia e Inglaterra. En la segunda mitad del dieciocho y como consecuencia de la política reformista ilustrada se establecieron los departamentos



Miguel Archer, Lecciones náuticas..., Bilbao, 1756.

16. ALBIZ, I.: *Ecuaciones del Sol*, manuscrito datado en 1768 que se encuentra en el Archivo de la Diputación Foral de Alava (Fondo Prestamero), Caja 13, nº 4.

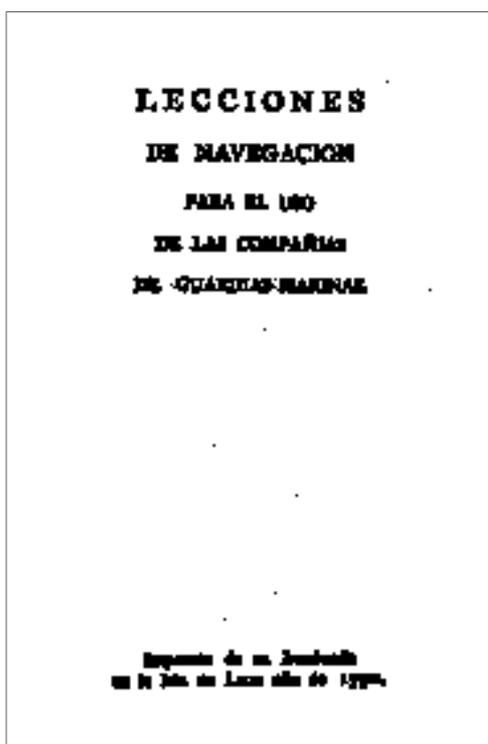
17. ALBIZ, I.: *Quadrante náutico*, manuscrito datado entre 1771 y 1773 que se encuentra en el Archivo de la Diputación Foral de Alava, Legajo DH 1366-10.

marítimos de Cádiz, Cartagena y El Ferrol. La creación en estas dos últimas capitales departamentales, en 1777, de sendas Compañías de Guardia Marinas conllevó el establecimiento de otros tantos centros dedicados a las enseñanzas náuticas. José de Mazarredo fue nombrado director de la Academia de Guardia Marinas de Cartagena. Con el objeto de facilitar el aprendizaje de sus alumnos decidió escribir sus *Lecciones de Navegación*¹⁸, que muy pronto se convirtió en el libro de texto seguido en los restantes centros de instrucción.

La obra consta de ciento ochenta y tres páginas distribuidas en siete «Secciones» y de dos láminas que contienen un total de treinta y dos figuras.

En el prólogo que precede al texto propiamente dicho, se da noticia de que en 1757 Jorge Juan publicó su *Compendio de navegación* para uso de la única Compañía de Guardia Marinas entonces existente, poniendo el acento en el hecho de que «todavía en aquel tiempo no estaba resuelto el problema de las observaciones de Longitud en la mar». El autor advierte a los lectores que en su obra se presentan resumidos los contenidos de las seis primeras «Secciones» del *Compendio*, «añadiendo algunas cosas que la experiencia había enseñado necesarias para la facilidad y seguridad de la práctica en la mar», y se resuelve el problema de las longitudes, que es «el sello de los adelantamientos de la Navegacion en el presente siglo».

En la primera «Seccion» se da una «idea general de la Navegacion». Se especifican las disciplinas que intervinen en la resolución de los problemas que se presentan en la «navegacion teorica»: geografía, aritmética, geometría, trigonometría, mecánica, astronomía y física. Con el objeto de hallar la latitud y la longitud de un lugar se recomienda el uso de los «Octantes o Sextantes de reflexion» para obtener la altura de los astros y para medir la distancia de la Luna al Sol o a las estrellas del Zodíaco, respectivamente. Se explica brevemente como mediante la consideración de los «terminos de la Navegacion» se puede navegar por estima utilizando la carta plana, poniendo de manifiesto tanto los errores derivados de la utilización de tales cartas como los que se deben a otras causas: variación de la aguja, abatimiento, guiñadas, ... Se recomienda, por lo tanto, acudir «a los medios seguros de la Astronomia para tener exacta su Latitud casi á todas horas, y la Longitud con toda la aproximación que se necesita en la mar».



José de Mazarredo, *Lecciones de navegación para el uso de las compañías de Guardias Marinas, Isla de León (Cádiz), 1790.*

La segunda «Seccion» se divide en cuatro apartados. En el primero se describe con detalle la aguja náutica o aguja de marear y se dan algunos consejos prácticos para utilizarla. El segundo apartado trata de la variación de la aguja, afirmando que «no solo es diversa de unos parages á otros, si no que varia en uno mismo». Se da cuenta de las «Cartas de las Variaciones» correspondientes a los años 1700, calculadas por Edmundo Halley, y 1744, obtenidas por Guillermo Mountain y Jacobo D'Obson. También se hace referencia a dos «Cartas generales», una para 1770 y la otra para el año 1800, dadas a conocer por Samuel Dunn en 1776. A continuación se exponen tres métodos para hallar la variación de la aguja: por la amplitud del Sol o de los astros, «Quando el Sol u otro astro corta el vertical primario» y «por los azimutes en qualquier altura de los astros».

En la «Seccion» siguiente se indica la forma de utilizar los elementos que componen la corredera para calcular la distancia recorrida por la nave, poniendo un especial cuidado al comentar la forma en que debe dividirse el cordel para conseguir las mejores mediciones posibles.

La «Seccion» cuarta se dedica a las cartas y a los métodos que pueden utilizarse para «cartear» o «seguir la derrota» en las mismas. Se distinguen las cartas geográficas, que no sirven para la navegación, de las cartas marítimas, que se dividen, a su vez, en planas y esféricas o reducidas. Se da cuenta de las características que presentan las primeras, indicando cómo se construyen y

18. MAZARREDO, J. de: *Lecciones de Navegación para el uso de las Compañías de Guardias-Marinas*, Imprenta de su Academia, Isla de León, 1790.

cómo se representan en las mismas los triángulos que permiten trazar la derrota seguida por la nave desde una posición a otra, según se haga por «Fantasia» o por rumbo y distancia, por «Esquadria» o por rumbo y diferencia de latitud, y por «punto de fantasia y altura» o por diferencia de latitud y distancia. Se exponen los principios que rigen la construcción de las cartas esféricas y de la Tablas de «Latitudes crecidas o partes meridionales» anejas a ellas. Se explican diferentes métodos para medir las distancias oblicuas y las distancias en un mismo paralelo con el objeto de poder dibujar un triángulo equilátero semejante al que tiene por lados las diferencias de latitud y longitud entre el punto de salida y el de llegada, que es a lo que se reduce, esencialmente, el «carteo esférico». Se pone en guardia al lector acerca de los errores que pueden cometer quienes no sigan el método propuesto.

La quinta «Seccion» se divide en cuatro apartados. En el primero se trata de la resolución «por el calculo» de los problemas de navegación ya examinados al «cartear». Después de indicar que los mismos se reducen a la determinación de tres elementos —lados o ángulos— de un triángulo rectángulo cuando se conocen los restantes, se especifica que con este fin pueden emplearse las fórmulas trigonométricas, las tablas de logaritmos, el «Quartier» o cuadrante de reducción, la escala plana, la de Gunter, la pantómetra, el «sacabuche» u «otros varios instrumentos trigonométricos». En el segundo apartado se explica pormenorizadamente el modo de disponer el diario para llevar a cabo el seguimiento de la derrota. El tercer apartado hace referencia a los errores que pueden cometerse al utilizar la latitud media para calcular la diferencia de longitud y a la manera de solventarlos. En el último apartado se hacen algunas advertencias acerca de las consecuencias que pueden derivarse del uso del apartamiento del meridiano cuando se navega en «Latitudes crecidas».

En la penúltima «Seccion» se explica la forma de establecer, en diferentes supuestos, los «triángulos de corrección» que permiten apreciar el error cometido al obtener la longitud por estima cuando en el punto de llegada se advierte que la latitud por estima no concuerda con la observada astronómicamente.

Son conocidas las tentativas que a lo largo de los siglos se efectuaron para resolver el llamado problema de la longitud¹⁹. De todos los métodos astronómicos que se establecieron para resolverlo sólo el método de las distancias lunares proporcionó una solución satisfactoria del mismo. Aunque en sus aspectos teóricos el método ya había sido expuesto por Werner de Nüremberg en 1514, lo cierto es que, debido a los perfeccionamientos técnicos que exigía, no llegó a convertirse en una realidad hasta el siglo XVIII. Según Fernández Navarrete, José de Mazarredo fue quien introdujo dicho método en España. Después de haberlo experimentado durante un viaje, lo enseñó a sus alumnos a partir de 1777²⁰.

La última «Seccion» abarca casi la mitad del texto y en la misma se explican los métodos para efectuar las «observaciones de Latitud y de Longitud». Se divide en veinte apartados. Los tres primeros tratan de los instrumentos que pueden utilizarse para realizar las observaciones. Después de hacer referencia a que antiguamente se utilizaban el astrolabio y la ballestilla para medir la altura de los astros sobre el horizonte, se describe el instrumento que vino a sustituirlos, el «quadrante de dos arcos» o «quadrante de Dávis». A continuación se explica detalladamente en qué consisten y cómo se utilizan los aparatos más modernos dedicados a dicho fin: el octante de reflexión, inventado por J. Halley en 1731, y los sextantes, con los que se pueden «alcanzar á las distancias de la Luna al Sol fuera de quadraturas, y observar con ellas la Longitud». Se recomiendan los sextantes contruidos por: Juan Bird, Juan Ramsden, Sissons, Dollod, y Eduardo Nairne. Se da cuenta de las correcciones —derivadas de los fenómenos de reflexión y refracción de la luz y del paralaje de la Luna— que deben hacerse al utilizar algunos de dichos instrumentos cuando se observan las alturas de los astros. En los tres apartados siguientes, después de destacar la importancia que tiene el uso de las tablas para la realización de las mediciones astronómicas, se explican diversas cuestiones relacionadas con la utilización de las tablas de las declinaciones del Sol y las tablas de ascensión recta del Sol.

En los restantes apartados se exponen distintas cuestiones relacionadas con el problema de hallar la longitud de un lugar respecto a otro. Después de decir que el problema se reduce a calcular la diferencia de tiempo entre ambos lugares, se afirma que «reconocieron los Sabios que solo en el movimiento sensible de la Luna se presentaba un medio de tener la Longitud, observando su lugar por la distancia al Sol ó á alguna estrella proxima á su órbita, y calculando despues la hora de un meridiano conocido en que la Luna debiese ocupar el tal lugar observado». El autor pone el acento en el hecho de que las tablas Lunares existentes determinan con poca exactitud este último elemento, con lo que, como había dicho «el grande Isaac Newton», el problema quedaría resuelto «quando las tablas Lunares fuesen exactas». A continuación se explican los logros alcanzados al

19. Ver, por ejemplo CAPEL H.: *Geografía y matemáticas en la España del siglo XVIII*, Oikostau ediciones, Barcelona, 1982, pp. 234-238.

20. FERNANDEZ NAVARRETE, M: *Disertación sobre la Historia de la Náutica, y de las Ciencias Matemáticas que han contribuido a sus progresos entre los españoles*, Real Academia de la Historia/Imprenta de la Viuda de Calero, Madrid, 1846, p. 414.

seguir las dos vías posibles de resolución del problema, «ya por los relojes, ya por el lugar de la Luna». Se hace referencia a las importantes aportaciones de J. Harrison, F. Bertoud, Le Roy, y Arnold y Kendall en lo tocante al perfeccionamiento de los relojes. Por otro lado, se indica que gracias a las importantes mejoras introducidas en las tablas Lunares por Tobias Mayer ya puede «determinarse por ellas el lugar de la Luna para cualquier hora con despreciable error». Se analizan las ventajas e inconvenientes que presentan ambos métodos, concluyendo que «por uno u otro metodo se determina bien la Longitud, ambos son buenos, y cada uno preferible al otro segun las circunstancias». Finalmente, Mazarredo se decide por el de las distancias lunares, ya que «nunca producirá mas que su error absoluto de medio grado ó poco mas respecto del meridiano de las tablas», mientras que los relojes son «susceptibles de descomposición». A continuación se explican con gran detalle los fundamentos teóricos del método, así como las diferentes cuestiones que deben tenerse en cuenta para su correcta aplicación.

6. CONCLUSIÓN

A través de la comparación de los cuatro textos descritos se puede detectar la importancia que se daba en cada etapa histórica a los diferentes aspectos de la navegación. Aunque no sea el caso, parece como si el libro de Poza estuviera escrito desde la propia nave. Sus resultados son fruto de la experiencia, por lo que generalmente carecen de un fundamento matemático. En la parte dedicada a la astronomía de posición, se dan reglas prácticas al piloto para poder saber, a través de la observación astronómica, el lugar en que se encuentra en la mar cuando se está alejado de la costa y, dado el error que se comete al navegar por la carta plana, no se hace ninguna referencia a este tema, pasando directamente a la navegación por el globo terrestre.

El libro de Gaztañeta es más técnico que el anterior. El autor pretende convencer a los pilotos de las ventajas que puede reportarles la utilización de un moderno utensilio de cálculo para resolver los problemas inherentes a los cuatro «terminos» de la navegación: el cuadrante de reducción.

Puede decirse que la obra de Archer obedece a lo que hoy entendemos por un libro de texto y, por ello, responde a las necesidades derivadas del momento en que fue escrita: la época de la institucionalización de los estudios de náutica.

Finalmente, el libro de Mazarredo presenta analogías con el de Archer en lo que a la enseñanza en la armada se refiere, pero se distingue de este último por el énfasis que pone Mazarredo en dar la respuesta correcta al viejo problema de las longitudes, lo que hace que su obra sea casi un texto monográfico.

Se puede afirmar que los temas tratados en los libros analizados son bastante similares, aunque se advierten importantes diferencias respecto al nivel científico que se detecta en cada uno de ellos. Así, la obra de Mazarredo es la que presenta un mayor rigor. Hecho fácilmente explicable si se tiene en cuenta la distancia cronológica existente entre las fechas de publicación de los textos estudiados.

Como dato curioso, en lo que hace referencia a la falta de homogeneidad existente entre las obras examinadas, cabe indicar que en el libro de Poza las tablas de las declinaciones del Sol están compuestas para el meridiano de Lisboa, en el de Gaztañeta para el meridiano de San Sebastián, y en el de Archer para el meridiano de Londres, mientras que en el texto de Mazarredo no se incluye tabla alguna, recomendando el autor a los lectores que se hicieran con las Efemérides de París o Londres, que ya se venían publicando con cierta regularidad.