



Mathematics in the books of the corpus of “Pilotage” texts from the Renaissance in Spain

Las matemáticas en los libros del corpus de textos de “Pilotage” del Renacimiento en España

Gabriel Pintos Amengual¹, Rosa Pintos Guillén²

^{1,2}Universitat Oberta de Catalunya.

¹<https://orcid.org/0000-0001-9262-9786>

²<https://orcid.org/0009-0004-8950-2118>

*Corresponding Author: Gabriel Pintos Amengual

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18260239>

Article History	Abstract
Original Research Article	
Received: 01-01-2026	
Accepted: 10-01-2026	
Published: 15-01-2026	
Copyright © 2026 The Author(s): This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY-NC) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial use provided the original author and source are credited.	<p>The “Pilotage” texts of the Renaissance were generally characterized by following a common pattern, written as a recipe book and intended for professionals with limited knowledge in mathematics. The content analysis of these texts, based on the mathematical concepts they contain, has made it possible to determine the scope of said concepts and their pedagogical approach. This reinforces the existing theory that the “Pilotage” books were navigation manuals of a practical nature. However, the Regimiento de Navegación (1606) caused a breakthrough by expanding the development of the content and application of mathematics. This text systematically incorporated geometric, trigonometric and arithmetic propositions to express the laws of position astronomy and navigation, which resulted in the first navigation manual of a scientific-technical nature, establishing a notable difference with respect to its predecessors.</p>
Citation: Gabriel Pintos Amengual, Rosa Pintos Guillén. (2026). Mathematics in the books of the corpus of “Pilotage” texts from the Renaissance in Spain. UKR Journal of Arts, Humanities and Social Sciences (UKRJAHSS), Volume 2(1), 104- 112.	<p>KEYWORDS: Nautical Education, Mathematics, Navigation Texts, Pilots of the Carrera de Indias.</p> <p>Los textos de “Pilotage” del Renacimiento generalmente se caracterizaron por seguir un patrón común, redactados a modo de recetario y destinado a profesionales con conocimientos limitados en matemáticas. El análisis de contenido de estos textos, basándose en los conceptos matemáticos que contienen, ha permitido determinar el alcance de dichos conceptos y su enfoque pedagógico. Esto refuerza la teoría existente de que los libros de “Pilotage” eran manuales de navegación de carácter práctico. No obstante, el Regimiento de Navegación (1606) causó una brecha al ampliar el desarrollo de los contenidos y la aplicación de las matemáticas. Este texto incorporó de manera sistemática proposiciones geométricas, trigonométricas y aritméticas para expresar las leyes de la astronomía de posición y la navegación, por lo que resultó el primer manual de navegación de carácter científico-técnico, estableciendo una notable diferencia con respecto a sus predecesores.</p> <p>PALABRAS CLAVES: Enseñanza Náutica, Matemáticas, Textos de navegación, Pilotos de la Carrera de Indias.</p>

1. INTRODUCCIÓN

En el siglo XVI, el desarrollo de la matemática en España se centró en las necesidades comerciales y náuticas. Paralelamente, también se mostró interés en su estudio especulativo debido a la utilidad que podría ofrecer.

Quizás un examen cuidadoso de los libros de navegación podría descubrir ideas matemáticas nuevas que compensasen este balance tan desfavorable a que nos ha conducido el estudio de las obras de matemática pura. (Rey Pastor, 2014, pp. 63-64).

La navegación, como parte de la cosmografía en el siglo XVI, era una ciencia que incluía conocimientos de geografía, astronomía y matemáticas. Estos conocimientos se enseñaban a los pilotos de la Carrera de Indias en la Casa de Contratación de Sevilla. La formación de estos profesionales se institucionalizó en 1508, año en el que se creó el cargo de piloto mayor de la Casa de Contratación de Sevilla, encargado de enseñar, examinar y censurar los instrumentos necesarios para la navegación (Pintos, 2023, p. 192).

Durante el periodo estudiado, la formación de los pilotos se rigió por los planes de estudio de 1508/1527 y 1552, con las modificaciones de 1555, 1567 y 1568. Estas modificaciones llevaron a una reducción en la duración de la asistencia obligatoria a la lectura de la Cátedra de Cosmografía y Navegación, que pasó de un año a tres meses, luego a dos meses, para finalmente quedar en dos meses, incluidos los días festivos. Para poder ser examinados como pilotos, los aspirantes debían haber cursado dos meses en la Cátedra de Cosmografía y Navegación, demostrar habilidades básicas de alfabetización, como leer el regimiento y firmar sus nombres, y haber realizado un número determinado de viajes a Indias como marineros. El programa de estudio constaba de tres bloques de contenidos: Astronomía y Geografía; Navegación Astronómica; y Navegación de Estima y Costera¹.

Uno de los conocimientos que se incluían en la materia de navegación era la matemática, que en la España del siglo XVI se desarrolló en función de las necesidades del comercio y la navegación, floreciendo el arte de navegar

como una disciplina aplicada. A pesar de que el método de la ciencia empleado era el deductivo, siguiendo el criterio escolástico de autoridad y alejado de la práctica, los textos dedicados a la enseñanza náutica se adaptaron a las necesidades de la formación de los pilotos. En una primera fase, se redactaron a modo de recetarios, fácilmente comprensibles para profesionales formados "a golpe de mar" y con escasos o nulos conocimientos matemáticos. No obstante, con el *Regimiento de Navegación* (1606), Andrés García de Céspedes, a diferencia de los autores que le precedieron, logró compatibilizar la *techné* con la *episteme*, resultando un libro de uso para pilotos y científicos.

La historiografía de la ciencia náutica se ha ocupado de los textos de pilotaje a través de artículos, libros y tesis doctorales, dedicando la mayor parte de las investigaciones a los siglos XVIII y XIX, por ser en los que se resolvió el cálculo de la longitud geográfica en la mar² y se pudo obtener el cálculo simultáneo de las coordenadas geográficas³. En lo que respecta a los siglos XVI y XVII, hemos localizado trabajos que incluyen los textos de autores de estos siglos a modo de reseña literaria, sin entrar en su análisis⁴. También los textos de pilotaje han sido objeto de investigación desde el ámbito de la lingüística⁵.

Otros autores han tratado de forma tangencial los textos de pilotaje en sus trabajos desde diferentes perspectivas: la pragmática enfocada en la resolución de problemas técnicos de la navegación, la cartografía náutica española, la formación de los pilotos, las hipótesis sobre el modelo cosmológico adoptado, y el estudio de las versiones inglesas.⁶

Del mismo modo, en el ámbito internacional se han realizado investigaciones relacionadas con la cosmografía y la formación de los pilotos españoles del Renacimiento, como las de Lamb (1995), Sandman (2011) y Schotte (2019). Esta última autora ha tratado los textos de pilotaje desde una perspectiva transnacional y analiza la formación de los pilotos y los textos que utilizaron, entre los que destacan los de varios autores españoles de los siglos XVI y XVII.

Sin embargo, no se han encontrado trabajos que estudien y analicen los textos apoyados en la matemática como herramienta fundamental para expresar, mediante proposiciones geométricas, trigonométricas y aritméticas, las leyes de la astronomía de posición y la navegación del

¹ Véase Pintos (2020, p. 2); Pintos (2023, pp. 81, 193-194, 197); Anónimo (1841, Vol. 3, p. 305).

² Obtención de la longitud en la mar cronométricamente y por distancias lunares.

³ La Tangente Marcq permitió el cálculo simultáneo de las dos coordenadas geográficas.

⁴ Véase Fernández Navarrete (1846); González (1992); Ibáñez (2002).

⁵ Véase Saba (2001, 2004, 2007); García- Macho (2004, 2010, 2016); Carpi (2004)]; San Mateo (2017); Carriazo (2017); García Macho y Sassi (2018).

⁶ Véase Martín Merás (1993); Cerezo (1994); Vicente Maroto (2003); Portuondo (2013); Navarro (1950); Carriazo (2016); Crespo (2012); Dorce (2017); Pérez Mallaína (2015); Bastarrechea (1997).

momento. En este sentido, se procura alejarse de las líneas de investigaciones anteriores elaboradas desde una perspectiva descriptiva, en las que se detalla la enmienda de los instrumentos para tomar alturas y del padrón real, privilegiando el relato administrativo y jurídico que los rodeaba; aquellas que se han ocupado de la ausencia de discusión de las teorías de Copérnico y Tycho Brahe; o las que, en un contexto general referente a la náutica, los textos de pilotaje y la astronomía, los señalan como el inicio de la decadencia científica.

Por lo tanto, la importancia de este trabajo radica en el análisis de los textos de “Pilotage” del Renacimiento en España, destacando su diferencia respecto a otras investigaciones al centrarse en contenidos concretos y en la utilización del aparato matemático como recurso didáctico para fundamentar los conceptos expuestos. Para ello, se plantea el objetivo de evaluar el grado de matematización presente en estos textos de navegación. El enfoque principal reside en analizar el uso de proposiciones aritméticas, geométricas y trigonométricas en la representación de las leyes que rigen la astronomía de posición y la navegación. En términos formales, esto implica:

- Análisis Aritmético: Revisar el uso de operaciones aritméticas y sus propiedades en la cuantificación y representación de datos astronómicos y de navegación, así como en la fabricación de instrumentos.
- Análisis Geométrico: Evaluar la utilización de teoremas y postulados geométricos en la descripción de trayectorias, medición de ángulos, declinación, y fabricación de instrumentos.
- Análisis Trigonométrico: Examinar la aplicación de funciones trigonométricas (seno, coseno, tangente) y sus identidades en la resolución de problemas relacionados con la posición de cuerpos celestes y la navegación marítima.

Con el fin de alcanzar el objetivo propuesto, esta investigación se ha estructurado en los siguientes apartados: Introducción, en esta sección se presentan los objetivos de la investigación; Metodología, donde se describe detalladamente el método seguido para realizar la investigación; Resultados, apartado en el que se resumen los hallazgos sobre la evaluación del grado de matematización de los contenidos de cada texto y se detalla la inclusión o no de proposiciones geométricas, trigonométricas y aritméticas para expresar las leyes de la astronomía de posición y la navegación; Discusión, donde se analizan y explican los resultados obtenidos en la investigación, comparándolos con estudios previos y teorías existentes. Además, se definen las limitaciones metodológicas de la investigación. Finalmente, se exponen las conclusiones.

2. METODOLOGÍA

Uno de los elementos más importantes en la formación de los pilotos lo constituyen los textos. Su utilización como objeto de análisis permite reconstruir los conocimientos sobre navegación astronómica, su evolución, la matematización de los contenidos y su conformidad con los planes de estudio a los que estaban adscritos. Además, se ha podido evaluar los adelantos que experimentó la ciencia y la técnica en la época objeto de estudio, así como detectar el modelo pedagógico seguido por los autores (Maz y Rico, 2015: 52, citando a Popkewitz, 1994). Los textos analizados en este trabajo son los del corpus de textos de “Pilotage” para los años 1519/1606, establecido por Pintos (2023: 52-54):

- Martín Fernández de Enciso, *Suma de geografía* (1519).
- Francisco Faleiro, *Tratado del sfphera y del arte de marear* (1535)
- Pedro de Medina, *Arte de navegar* (1545).
- Martín Cortés, *Breve compendio de la sphera y de la arte de navegar* (1551).
- Pedro Medina, *Regimiento de navegación* (1552).
- Rodrigo Zamorano, *Compendio de la arte de navegar* (1581).
- Andrés de Poza, *Hidrografía* (1585).
- Andrés García de Céspedes, *Regimiento de navegación* (1606).

Para llevar a cabo esta investigación, se ha seguido el método histórico, basado en el análisis de contenido de los textos de pilotaje. El análisis se ha realizado conforme a la propuesta metodológica de Itsaso Ibáñez para la valoración de los textos utilizados en la enseñanza de la navegación (Ibáñez, 2000). Siguiendo esta propuesta, se han examinado los contenidos relacionados con los conocimientos matemáticos sobre aritmética, geometría y trigonometría.

3. RESULTADOS

Los textos de pilotaje en el periodo cubierto por este estudio, a excepción del de García de Céspedes (1606), estaban basados en reglas nemotécnicas. Estos textos se adaptaban al currículo establecido en los distintos programas de estudios para la formación de los pilotos de la Carrera de Indias y a los requisitos que se exigían para ser examinados.

Los autores exponen los conceptos de forma ordenada y clara. Con la excepción de Poza (1585), incluyen en sus obras imágenes de buena calidad intercaladas en el texto y ejemplos como herramientas de aprendizaje. Ninguno de los textos contiene resúmenes ni esquemas.

Para analizar la cobertura temática de los textos, solo se han considerado aquellas materias incluidas en el paginado del texto. Los autores abordan el contenido de su obra desde cuatro ópticas diferentes, convergiendo todas en la materia de Navegación (véase tabla 1).

Tabla 1. Composición porcentual de los textos por materias (% del total de páginas).

Autor	Cosmografía	Navegación	Derrotero	Tablas
Fernández de Enciso (1519)	9,6	5,5	69,9	15
Faleiro (1535)	50	50	-	-
Medina (1545)	9,8	67,2	-	23
Martín Cortés (1551)	57,3	40,9	-	1,8
Medina (1552)	52,2	30,4	-	17,4
Zamorano (1581)	17,4	69,4	-	13,2
Poza (1585)	5,5	12,4	78,2	3,9
García de Céspedes (1606)	3,6	53,4	36,2	6,8

Fuente: Elaboración propia

El análisis de la cobertura temática realizado ha permitido delimitar la estructura de las obras estudiadas, predominando la diferenciación entre la parte de Cosmografía y la de Navegación. Sin embargo, algunos autores, como Fernández de Enciso (1519), tratan ambos temas sin solución de continuidad, integrándolos junto con el derrotero.

En la exposición de los temas, con la excepción de Poza (1585), los autores han utilizado ilustraciones incorporadas en el cuerpo del texto. No obstante, se ha detectado que ninguno de los autores del corpus de textos de “Pilotage” incorporó los adelantos tecnológicos de la época, tales como la proyección Mercator, la corredera y el cuadrante de Davis.

Para comparar los contenidos concretos de los textos, se han analizado aquellos relacionados con la formación, debido a su contenido científico y su función docente. En este caso, influyeron en el modelo pedagógico de la ciencia náutica, especialmente los contenidos matemáticos, que se han examinado desde tres ramas diferentes: aritmética, geometría y trigonometría.

Aritmética: Todos los autores la incluyen en mayor o menor medida. Fernández de Enciso (1519) y Faleiro (1535) únicamente utilizan sumas y restas en sus textos. Este último autor incluso finaliza su obra con un apartado destinado a contar guarismos (véase figura 1). Medina (1545, 1552) añade la división entre grados, minutos y segundos. Cortés (1551), Zamorano (1581) y Poza (1585) también incluyen multiplicaciones y divisiones. Este fue el límite de los conocimientos matemáticos incluidos en los textos de “Pilotage” hasta que García de Céspedes (1606) empleó de forma regular las operaciones básicas de aritmética (operaciones con

números enteros: suma, resta, multiplicación, división y regla de tres).

Reglas para aprender a cotorar de guarismo en muy breve tiempo.

millar de centeno.	centena de centeno.	desena de centeno.	cuento.	centena de millar.	desena de millar.	millar.	centena	desena	unidad.
1	9	8	7	6	5	4	3	2	1 ^b

*Figura 1. Reglas para aprender a contar guarismos.
Fuente: Faleiro (1535, s/n).*

Geometría: Fernández de Enciso (1519) y Poza (1585) utilizan los conceptos básicos de la geometría en el estudio de la Esfera. Faleiro (1535) la emplea para demostrar gráficamente, mediante rectas paralelas y perpendiculares, el inconveniente de desconocer el meridiano en donde se halla la nao, aunque se conozca el paralelo (véase figura 2).

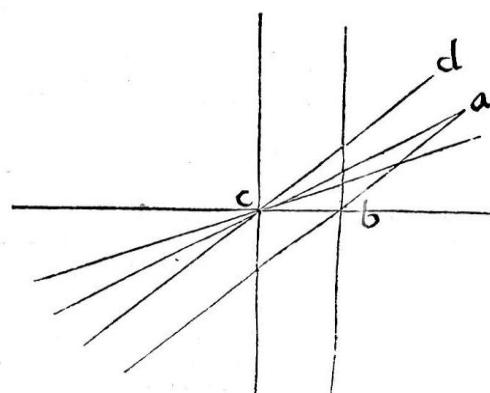


Figura 2. Figura con la que Faleiro ilustra el inconveniente de no conocer el meridiano. Fuente: Faleiro (1535, s/n).

En Medina (1545, 1552), Cortés (1551) y Zamorano (1581), la geometría está presente en el estudio de la Esfera y en la construcción y uso de los instrumentos náuticos. Por otra parte, García de Céspedes (1606), a lo largo del texto, utiliza la obra de matemáticas por excelencia, Los Elementos de Euclides: del libro I, que trata sobre los fundamentos de la geometría, la teoría de los triángulos, las paralelas y el área, con las proposiciones 4, 29, 31, 32 y 47, que se refieren a las propiedades de los triángulos, las teorías de las paralelas y el teorema de Pitágoras; del libro VI, que trata sobre figuras geométricas semejantes y proporcionales, la proposición 2, referida a que, si se dibuja una recta paralela a uno de los lados de un triángulo, cortará proporcionalmente los lados del triángulo, y, si se cortan proporcionalmente los lados de un triángulo, la recta que une los puntos de sección será paralela al lado que queda del triángulo; y del libro XI, que trata de la geometría de los sólidos, las proposiciones 3, 8 y 16, que se refieren a planos que se cortan y a rectas y planos paralelos. García de Céspedes (1606) utiliza la geometría como un instrumento fundamental para demostrar las proposiciones incluidas en el texto. Así, en el capítulo IIII, titulado “En que se enseña cómo se hará la tabla de declinación de las partes del Zodíaco, según que la mayor es $23^{\circ} 28'$ ”, a partir de las proposiciones 16 del XI y 2 del VI de Los Elementos de Euclides, y conocidas la declinación del Sol y el arco de la eclíptica y el seno todo, a través de la figura 3, llega al mismo resultado obtenido por la igualdad demostrada por Monterejo y otros autores: “el seno todo al seno recto de la máxima declinación tiene la misma proporción que el seno recto de cualquier arco de eclíptica al seno recto de su declinación”.

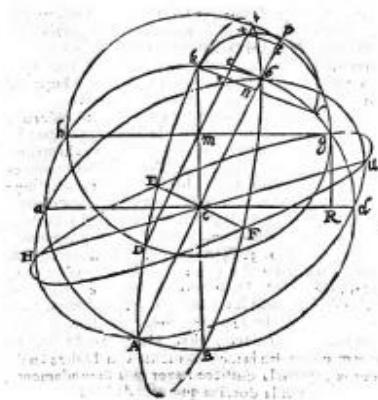


Figura 3. Figura con la que García de Céspedes ilustra el cálculo de la tabla de declinación de las partes del Zodíaco. Fuente: García de Céspedes (1606: fol. 12 verso).

⁷ δ = declinación; α = arco de la eclíptica.

⁸ abcd = el meridiano; e = polo del mundo; a = zenith; hfd = horizonte; hkgl = paralelo que hace la estrella

Trigonometría: De los textos analizados, el único que se ha detectado que utiliza la trigonometría es el de García de Céspedes (1606). Desde el principio de la obra, el autor refleja explícitamente el nivel de conocimientos matemáticos de los pilotos de la época. Para no adentrarse en el fundamento de la paralaje, lo expresa de la siguiente forma, por ser “[...] mucho el embarazo para Pilotos, la dexo para los Matematicos.” García de Céspedes (1606, fol. 8 reverso).

Hace la misma reflexión cuando se refiere al método para calcular la declinación del Sol, según la posición que ocupa cada día en el Zodíaco. Considera que se necesitaba una mayor destreza matemática que la que poseían los pilotos. Aun así, García de Céspedes da cuenta de los errores en los que se incurría al calcular la latitud observada, que podían alcanzar el medio grado, según las reglas que vienen en los Regimientos. Estos errores se producían al utilizar las tablas de declinación del Sol calculadas para una declinación máxima de $23^{\circ} 30'$; el movimiento del Sol según las tablas alfonsinas o las confeccionadas según la teoría de Copérnico y, aunque muy pequeño, el causado por la paralaje.

En el capítulo cuarto, mediante un método propio, García de Céspedes enseña a confeccionar la tabla de declinación de las partes del Zodíaco, considerando la máxima declinación del Sol de $23^{\circ} 28'$. Para ello, utiliza la proposición que ya fue empleada por Monterejo: “El seno todo al seno recto de la máxima declinacion, tiene la mifma proporcion, que el seno recto de qualquier arco de ecliptica, al seno recto de fu declinacion” (García de Céspedes, 1606, fol. 11 reverso).

$$\text{sen } \delta^* = \text{sen } \delta \text{ max. } \odot \text{sen } \alpha, \text{ en notación actual}^7.$$

En el capítulo XI, para el cálculo de la latitud observada por la altura de la Polar, se determina la corrección a aplicar a la altura según cómo los pilotos toman la altura del Polo, dependiendo de si la estrella Polar está más alta o más baja que el polo conforme a las distintas posiciones de la guarda delantera:

La guarda delantera en el norte

Del triángulo recto (eom) de la figura 3⁸, conocido el ángulo (oem) y el lado (em), por la proposición 16 del libro 4 de los triángulos de Monterejo “como se ha el seno recto del ángulo, eom, que es el seno todo, con el seno recto del arco, me, asi se ha el seno recto del ángulo, oem, con el seno recto del arco, om”, calcula el lado (om) (García de Céspedes, 1606: fol. 36 reverso, 37 verso):

alrededor del polo; eh = radio hkgl; klfc = círculo que forma con el meridiano un ángulo recto; h = Norte; K = Oeste; g = Sur; l = Este; m = la Polar; amn = vertical del astro; nm = altura de la Polar; be = latitud del observador.

$\operatorname{sen}(om) = \operatorname{sen}(em) \operatorname{sen}(oem)$, en notación actual.

Conocido el lado (om) del triángulo (eom), por la proposición 19 del libro 4 de los triángulos de Monterejo “como se el seno de complemento del arco, em, al seno de complemento del arco, mo, así se ha el seno de complemento del arco eo, al seno todo”, pasa a calcular el lado (eo):

$$\cos(eo) = \frac{\cos(em)}{\cos(om)}, \text{ en notación actual.}$$

Al sumar el arco (eo) con el (ea), obtiene el complemento de la altura del polo (ao). De ahí, pasa al triángulo (aom), conociendo los lados (ao) y (om) y el ángulo recto (aom). Según la proposición 19 del libro 4 de los triángulos de Monterejo, calcula el lado (am):

$$\cos(am) = \cos(ao) \cos(om), \text{ en notación actual.}$$

La diferencia entre el arco (be) y (nm) es lo que hay que añadir, en este caso, a la altura de la Polar cuando la guarda delantera esté en el norte. La altura del polo con la guarda delantera en el resto de posiciones se calcula de la misma forma que la descrita anteriormente, utilizando los datos de la figura 4, y siguiendo las proposiciones 16 y 19 del libro 4 de Monterejo.

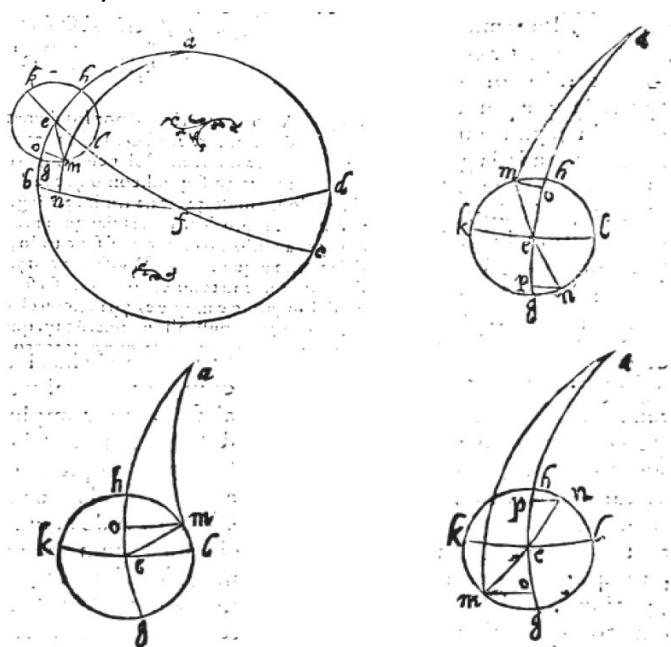


Figura 4. Figuras con la que García de Céspedes ilustra el cálculo de la altura del Polo según la guarda delantera esté en el norte, oeste, sur y este, de arriba a abajo.

Fuente: García de Céspedes (1606, fols. 37-36⁹).

Valiéndose de las mismas proposiciones anteriores, García de Céspedes demuestra el valor de la corrección que se tiene

que aplicar a la altura de la Polar cuando la guarda delantera está en alguno de los ocho rumbos, según lo que imaginan los pilotos en la estrella Polar, donde se cortan todos. También utiliza las proposiciones 16 y 19 del libro 4 de Monterejo para el cálculo de la refracción de los rayos del Sol.

En la Hidrografía, trata sobre el cálculo de la hora de inicio o fin de un eclipse mediante la observación efectuada en ese instante. Menciona dos métodos para calcularla: el primero, por trigonometría esférica, y el segundo, por instrumentos. En lo que se refiere al método trigonométrico, detalla todos los elementos que intervienen en su resolución y señala que la proposición a utilizar es la 30 del libro 4 de Monterejo, aunque no la define ni la desarrolla, y advierte de la dificultad de realizar este cálculo para quienes no cuentan con un conocimiento avanzado en matemáticas.

4. DISCUSIÓN

La ausencia de investigaciones monográficas sobre la aplicación de las matemáticas en los textos de navegación del Renacimiento, no en el sentido que señala Rey Pastor “para descubrir ideas nuevas”, sino en el de la aplicación de la matemática útil para resolver los problemas que planteaba la navegación, ha obligado a adentrarse en estudios realizados sobre los textos de navegación en el Renacimiento. Los hallazgos son consistentes con lo expresado por estudios como los de Fernández de Navarrete (1846, pp. 111-358, 390, 393), quien, al examinar los primeros tratados de navegación, menciona que la profesión de marino requiere unos estudios “arduos y sublimes” acompañados de una aplicación práctica, pero que, al principio, estos profesionales carecían de base científica, lo que fue suplido por “audacia y temeridad”. Sin embargo, no se puede estar de acuerdo cuando se adentra en las obras de navegación del siglo XVI, ya que introduce sus hallazgos con la siguiente observación: “Como estos, hubo otros hombres aplicados que, aprovechándose de la cultura de aquella opulenta ciudad, ilustraron después las ciencias y la navegación: como observaremos al examinar sus obras” (p. 141), en lo que se refiere, al menos, a su carácter científico.

Por otra parte, de acuerdo con González (1992, pp. 70-84, 118-120) al considerar, de forma general, que se trata de textos basados en la experiencia y la práctica, que contenían los conocimientos básicos útiles para los navegantes, calificando al *Regimiento de Navegación* como uno de los tratados de náutica más importantes del Renacimiento. En el mismo sentido, Ibáñez (2002, pp. 35-47) también los considera adecuados para los pilotos a los que iban

⁹ Numeración desordenada como aparece en el libro.

dirigidos y, con respecto al de García de Céspedes, señala que, a pesar de no incluir los últimos adelantos de la navegación, contribuyó a mejorar la práctica del pilotaje.

Navarro (2014), cuando se adentra en la falta de comunicación entre pilotos y cosmógrafos, se hace eco de lo expuesto en sus textos por Fernández de Enciso (1519) y Faleiro (1535), haciendo referencia al menosprecio de los sabios a escribir en castellano. También, después de describir brevemente el *Regimiento de Navegación*, asegura que Rodrigo Zamorano, en su *Compendio de la arte de navegar* (1581), tenía en cuenta que la mayoría de los marineros eran ignorantes en materia de cosmografía, por lo que consideraba que, con una mínima formación, se les podía ayudar a calcular la latitud observada por meridiana de Sol. En definitiva, se está de acuerdo en que los textos de navegación que se escribieron en el Renacimiento respondían a los conocimientos que se exigían a los pilotos de la Carrera de Indias. Sin embargo, no se puede estar totalmente de acuerdo con Navarro (2014) cuando mantiene que el de García de Céspedes no era un texto para pilotos, sino un tratado de cosmografía y navegación, ignorando que, en el mandato del Rey, se especifica que se imprima el texto reduciendo lo necesario para uso de los pilotos y que se tenga en cuenta para todo lo que convenga, así como para los exámenes de pilotos. Esto lo convierte en un texto útil tanto para pilotos como para matemáticos y cosmógrafos.

También Pintos (2020) se ocupa de los textos náuticos del Renacimiento al analizar la evolución del cálculo de latitud por altura meridiana, llegando a la conclusión de que los contenidos se exponen de forma práctica, a modo de recetarios, para poder ser comprendidos por profesionales con escasos conocimientos matemáticos, como en este caso eran los pilotos. Sin embargo, considera que la obra de García de Céspedes (1606) se aleja de la línea didáctica seguida por los otros manuales, incluyendo el uso normal de las matemáticas para explicar los modelos que propone.

A pesar del carácter práctico de los textos de navegación estudiados, no se puede dejar de reconocer su aportación a la ciencia aplicada y estar de acuerdo con Vicente y Esteban (2006) cuando se refieren a alguno de los autores considerándolos como destacados científicos.

A diferencia de estudios previos, esta investigación se enfoca en el contenido matemático de los textos, lo que constituye su aspecto diferencial, que, además, se aleja de las líneas de investigaciones anteriores para explorar un nuevo enfoque, que permitió determinar el carácter básico de los contenidos de los textos de navegación del Renacimiento, a excepción del *Regimiento de Navegación*.

Las implicaciones de estos resultados son significativas para las investigaciones sobre la evolución de los contenidos de los textos de navegación, la utilización de la

matemática aplicada a la navegación y su implicación en la formación de los pilotos de la Carrera de Indias. En particular, ayudarán a cambiar la comprensión de cuál fue el punto de partida de la ciencia náutica aplicada, su repercusión y las condiciones en las que se realizó el dibujo del contorno de las costas de las nuevas tierras descubiertas y el papel desempeñado por los pilotos para conseguirlo, a pesar de poseer unos conocimientos rudimentarios. Sin embargo, es importante considerar las limitaciones de este estudio, derivadas de que la investigación se refiere al corpus de textos de “Pilotage”, lo cual podría afectar la generalización de los resultados.

5. CONCLUSIONES

Del análisis de los textos, se desprende que prácticamente desde el de Fernández de Enciso (1519) hasta el de Poza (1585) siguieron una misma línea pedagógica pautada por: los planes de estudio vigentes, la escasa preparación académica de los que acudían a oír la lectura de la Cátedra de Navegación y la ciencia autorizada del momento, enfocados más en el hacer que en el conocer.

Así queda reflejado en los tratados náuticos del Renacimiento estudiados en este trabajo, en los que utilizan conceptos matemáticos básicos y la cosmografía de Ptolomeo. Por otra parte, García de Céspedes en el *Regimiento de Navegación*, a pesar de estar sujeto a los mismos condicionantes que los tratadistas anteriores, sigue el temario establecido en 1552 para el examen de piloto, pero lo aborda desde una óptica científico técnica, utilizando los conocimientos exigidos, para obtener el grado de piloto de la Carrera de Indias. A lo que añadió investigaciones propias referidas a la cosmografía y la invención y perfeccionamiento de instrumentos de ayuda a la navegación. García de Céspedes (1606) pasa de emplear las matemáticas básicas a las superiores representadas en esos momentos por los Elementos de Euclides, la Trigonometría plana y esférica, a lo que añade, en el desarrollo de los temas, la argumentación deductiva, que hasta ese momento no se habían utilizado en los libros del corpus de textos de “Pilotage”. Lo que produce una brecha científica entre este texto y los anteriores, que se habían instalado en la memorización de los conceptos y las reglas nemotécnicas para ser puestas en práctica de forma rutinaria en la mar.

Por todo lo expuesto, al de García de Céspedes (1606) se le puede considerar el primer texto español de navegación científica, constituyendo un hecho diferencial con los editados desde que se inició la formación de los pilotos, ya que, además de abordar desde la práctica todos los temas del programa de estudios, añade su explicación teórica apoyada en la geometría, Trigonometría plana y esférica y en los Elementos de Euclides, algo inusual en un libro destinado a los pilotos de esa época.

Los resultados obtenidos en esta investigación proporcionan nuevas perspectivas sobre los contenidos matemáticos en los textos de navegación del Renacimiento en España. En primer lugar, se observa que, a excepción del de Céspedes, los textos analizados carecen de un fundamento matemático sólido, lo que limita su capacidad para abordar de manera integral los conceptos tratados. Sin embargo, estaban en línea con la preparación inicial que poseían los pilotos y se adecuaban a sus necesidades formativas para superar el examen conducente al grado de Piloto de la Carrera de Indias.

BIBLIOGRAPHY

Fuentes primarias

1. CORTÉS, M. (1551) *Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar [...]*, Sevilla, En Casa de Antonio Álvarez.
2. FALEIRO, F. (1535) *Tratado del Esphera y del arte del marear: con el regimieto de las alturas [...]*, Sevilla, Joan Cromberger.
3. FERNÁNDEZ DE ENCISO, M. (1519) *Suma de geographia q trata de todas las partidas y provincias del mundo [...]*, Sevilla, Jacobo Cromberger.
4. GARCÍA DE CÉSPEDES, A. (1606) *Regimiento de navegacion [...]*, Madrid, En casa de Juan de la Cuesta.
5. MEDINA, P. de (1545) *Arte de navegar [...]*, Valladolid, En casa de Francisco Fernández de Córdoba.
6. MEDINA, P. de (1552) *Regimiento de navegación [...]*, Sevilla, Juan Canalla.
7. POZA, A. (1585) *Hydrografia [...]*, Bilbao, Mathias Mares.
8. ZAMORANO, R. (1581) *Compendio de la Arte de Navegar [...]*, Sevilla, Alonso de la Barrera.

Fuentes secundarias

9. ANÓNIMO (1845) *Recopilación de las leyes de los Reinos de las Indias, mandada imprimir y publicar por la Magestad Católica del Rey Don Carlos II, Nuestro Señor*, Volumen 3. Madrid, Boix.
10. BASTERRECHEA MORENO, J. P. de (1997) *Traducción al inglés de obra españolas de arte de navegar del siglo XVI*, Tesis Doctoral inédita. Bilbao, Universidad del País Vasco.
11. CARPI, E. (2004) *El Léxico de la Suma de Geographía de Martín Fernández de Enciso*, UNED.

12. CARRIAZO RUIZ, J. R. (2016) “La crisis/revolución de 1700 en la historia de la lengua española el cambio de paradigma en las Weltansichten y lo viejo y lo nuevo en el Diccionario de Autoridades”. *Arte Nuevo, Revista de Estudios Áureos*, (3), 43-108.
13. CARRIAZO RUIZ, J. R. (2017) *El léxico del reparo a errores de la navegación española de Pedro Porter y Casanate*, UNED.
14. CEREZO MARTÍNEZ, R. (1994) *La cartografía náutica española en los siglos XIV, XV y XVI*. Madrid: CSIC.
15. CRESPO SANZ, A. (2012) “El padrón real. Una base de datos cartográfica en continua actualización”, *CT: Catastro*. (76), 65-89.
16. DORCE, C. (2017) *Historia de las matemáticas en España*. 2 volúmenes, San Cugat, Editorial Arpegio.
17. FERNÁNDEZ DE NAVARRETE, M. (1846) *Disertación sobre la historia de la náutica y de las ciencias matemáticas, Que han contribuido á sus progresos entre los españoles*, Madrid, Imprenta de la viuda de Calero.
18. GARCÍA-MACHO ALONSO DE SANTAMARÍA, M. L. (2004) *El léxico de la isnstrucción náuthica para el buen uso y regimiento de las nao, su traça y govierno conforme a la altura de México de Diego Garcia de Palacio*, UNED.
19. GARCÍA-MACHO ALONSO DE SANTAMARÍA, M. L. (2010) *El léxico del arte de navegar de Pedro de Medina*, UNED.
20. GARCÍA-MACHO ALONSO DE SANTAMARÍA, M. L. (2016) *El Léxico del arte de marear de Juan de Moya*, UNED.
21. GARCÍA-MACHO ALONSO DE SANTAMARÍA, M. L. (2018) *El Léxico del tratado del espera y del arte de marear con el regimiento de las alturas, con algunas reglas nuevamente escritas y muy necessarias de Francisco Falero*, UNED.
22. GONZÁLEZ, F. J. (1992) *Astronomía y navegación en España siglos XVI-XVIII*. Madrid: Editorial MAPFRE, S.A.
23. IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, I. (2000) *La difusión de conocimientos náuticos en la España decimonónica: La navegación astronómica en los textos de náutica españoles del siglo XIX*, (Tesis doctoral), Bilbao, Universidad del País Vasco.

24. IBÁÑEZ FERNÁNDEZ, I. (2002) “Tratados españoles de Náutica (siglos XVI-XVIII)”, *Historia Naval. Instituto de Historia Naval*, 20 (76), 35-57.
25. LAMB, U. (1995) *Cosmographers and Pilots of the Spanish Maritime Empire*, Burlington, Variorum.
26. MARTÍN MERÁS, L. (1993) *Cartografía marítima hispana. La imagen de América*. Madrid, Ministerio de Obras Públicas Transporte y Medio Ambiente.
27. MAZ MACHADO, A. y RICO ROMERO, L. (2015) “Principios didácticos en textos españoles de matemáticas en los siglos XVIII y XIX”, *RELIME, Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, (18) 1, 49-76.
28. NAVARRO BROTONS, V. (2014) *Disciplinas, saberes y prácticas. Filosofía natural, matemáticas y astronomía en la sociedad española de la época moderna*, Valencia, Universitat de Valencia.
29. PINTOS AMENGUAL, G. (2020) “Evolución del cálculo de la latitud por la altura meridiana incluido en los textos para la formación de los pilotos de la Carrera de Indias en tiempo de los Austrias”. *Naveg@mérica, Revista electrónica editada por la Asociación Española de Americanistas*, (25), 1-32.
30. PINTOS AMENGUAL, G. (2023) *La transición a la navegación astronómica científica y la formación de los pilotos españoles, siglos XVI al XVIII*, Moldova, Eliva Press.
31. PORTUONDO, M. (2013) *La ciencia secreta. La cosmografía española y el Nuevo Mundo*, Madrid, Iberoamericana Vervuert.
32. PULIDO RUBIO, J. (1950) *El Piloto Mayor de la casa de Contratación de Sevilla. Pilotos mayores, catedráticos de cosmografía y cosmógrafos*, Sevilla, Escuela de Estudios Hispano Americanos.
33. REY PASTOR, J. (2014) *Los matemáticos españoles del siglo XVI*, Oviedo, KRK Ediciones.
34. SABA, A. (2001) *El léxico del Breve compendio de la Sphera y de la arte de navegar de Martín Cortés*, UNED.
35. SABA, A. (2004) *El léxico del compendio de la arte de navegar de Rodrigo Zamorano*.
36. SABA, A. (2007) *El Léxico del arte de la verdadera navegación de Pedro Syria*, UNED.
37. SAN MATEO VALDEHITA, A. (2017) *El léxico del norte de la navegación de Antonio de Gaztañeta*, UNED.
38. SANDMAN, A. D. (2001) *Cosmographers vs. Pilots: navigation and the State in Early Modern Spain*. Ph Dissertation, University of Wisconsin.
39. SCHOTTE, M. E. (2019) *Sailing School. Navigating science and Skill, 1550-1800*. Baltimore, Johns Hopkins University Press.
40. VICENTE MAROTO, M. I. (2003) “La navegación en el siglo de oro”. *Cátedra Jorge Juan: Ciclo de conferencias*, Ferrol: curso 2000/2001/Jesús Victoria Meizoso (dir.congr.), 187-230.
41. VICENTE MAROTO, M. I. y ESTEBAN PIÑEIRO, M. (2006) *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*. Valladolid: Junta de Castilla y León, Consejería de Cultura y Turismo.