

# ANÁLISIS DE LA INNOVACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA EN LA PRIMERA CIRCUNNAVEGACIÓN

José Cándido Martín Fernández  
Universidad de Cádiz

## INTRODUCCIÓN

Con anterioridad al siglo xv ya encontramos tanto en el Cantábrico como en el Mediterráneo y en la costa atlántica andaluza una actividad marítima sumamente importante. La actividad naviera de las provincias vascas así como de las Cuatro Villas<sup>1</sup> de la Mar en Cantabria ya era importante desde el siglo xiv. En este periodo –siglos xiv y xv– la actividad naviera de esta zona se vio reforzada por el privilegio que obligaba a que los fletes se realizaran en naves castellanas, lo que les permitió convertirse en comerciantes. A la tradicional exportación de lana a puertos del norte Europa se incorporó el comercio con el Mediterráneo, compitiendo con genoveses o catalanes<sup>2</sup>.

Juan II construiría las atarazanas de Santander en 1425 disponiendo de amplios espacios tanto para la construcción como para la reparación de naves<sup>3</sup>. En este mismo periodo se produce una explosión de astilleros<sup>4</sup> en la ría de Bilbao, así como en toda

---

<sup>1</sup> Nombre por el que eran conocidas las villas marineras de Castro-Urdiales, Laredo, Santander y San Vicente de la Barquera.

<sup>2</sup> Cf. FERNÁNDEZ IZQUIERDO, Francisco (1989) «Astilleros y construcción naval de la España anterior a la Ilustración», en: *I Jornadas de Historia Marítima. España y el ultramar hispánico hasta la Ilustración*. Madrid: Instituto de Historia y Cultura Naval.

<sup>3</sup> En realidad fueron reconstruidas, pues las mismas datan de 1396, pero sufrieron un incendio, motivo por el que Juan II las reconstruyó.

<sup>4</sup> Mientras las atarazanas eran edificaciones cubiertas en las que se construían y reparaban naves, Barcelona, Valencia, Málaga o Sevilla, los astilleros se caracterizaban por ser un lugar al aire libre para la construcción de los barcos, muy habitual en la cornisa cantábrica.

la costa vasca. Siguiendo a Guiard Larrauri podemos citar: Bilbao (1300), Bermeo (1307), Portugalete (1322), Lekeitio (1325), Ondarroa (1327)<sup>5</sup>, entre otras localidades. Esta industria naval fue acompañada, en este mismo periodo, por una pujante industria de suministros navales, tanto madereros como férricos.

El caso de Barcelona también destaca de modo especial, las Reales Atarazanas y arsenales de Barcelona serían de 1243<sup>6</sup>, y según el cronista Montaner, «la Atarazana de Barcelona podía tener a la vez veinticinco galeras resguardadas y cubiertas», esto nos da una idea de la potencia naval de la ciudad de Barcelona en el siglo XIII. En el siglo XIV su actividad naval se incrementaría con la construcción de un arsenal en 1378.

En este frontal mediterráneo Valencia sería otro pujante puerto, destacando su atarazana del Grao de 1338<sup>7</sup>, aunque las obras se retrasarían por las guerras y las pestes. Hay constancia de que en 1386 son prestadas dos galeras de la ciudad que se hallan en estas dependencias<sup>8</sup>. Aún en los siglos XIV y XV tuvieron un papel en la construcción de navíos, pero a medida que las necesidades técnicas requerían mayor volumen de construcción estas atarazanas dejarían de ser útiles para la construcción naval y terminarían convirtiéndose en arsenales<sup>9</sup>.

Por último, y seguramente porque no se ha estudiado lo suficiente<sup>10</sup>, situaríamos las atarazanas de Sevilla. Según Pérez Mallaína<sup>11</sup> en el momento de su construcción pudieron llegar a ser las instalaciones más importantes de toda Europa. Antes de que Fernando III y Alfonso X las convirtieran en las atarazanas más importantes de la Corona de Castilla, Sevilla ya tenía una tradición naviera puesto que Abd-al-Rahman II ya había ordenado construir un astillero en esta ciudad<sup>12</sup> (*ad-dár assána'a*)<sup>13</sup>. Las atarazanas de Sevilla estaban formadas por un grupo de edificios, una parte de ellos podía albergar a más de 35 galeras de combate, otra parte estaba dedicada a arsenal y a almacén de pertrechos. En conjunto, incluyendo la *Resolana del Río*, Pérez-Mallaína

<sup>5</sup> La obra de Teófilo Guiard es muy precisa y documentada en relación a la industria naval vizcaína. Podríamos añadir los astilleros de Orío, Pasajes, Deusto o Zorroza. GUIARD LARRAURI, Teófilo (1917) *La industria naval vizcaína: (anotaciones históricas y estadísticas)*. Bilbao: Bilbaína de Artes Gráficas.

<sup>6</sup> CAPMANY DE MONTPALAU I SURÍS, Antonio (1779) *Memorias históricas sobre la marina, comercio y artes de la antigua ciudad de Barcelona*. Madrid, 4 vols. [reeditado en Barcelona: E. Giralt, 1965], cf. pp. 26-27. Véase también: CARBONELL RELAT, Laureano (1984) «El Museo Marítimo de las Reales Atarazanas de Barcelona». *Revista de Historia Naval*. II/7.

<sup>7</sup> Pedro III el Grande, que autorizó en 1284 a los cónsules del mar de Valencia construir una barraca en la playa, junto al núcleo urbano de la Vilanova del Grau, para guardar los aparejos de las naves y separarlas cuando fuese necesario. BOIRA I MAIQUES, Josep Vicent y SERRA DESFILIS, Amadeo (1994) *El Grau de València. La construcción d'un espai urba*. València: Ed. Alfons el Magnànim. Cf. p. 20.

<sup>8</sup> Cf. ALMELA Y VIVES, Francisco (1953) «Las atarazanas del Grao». *Ferriario*, 17.

<sup>9</sup> Con los decretos de Nueva Planta emitidos por Felipe V a principios del siglo XVIII, Valencia perdería, entre otras muchas cosas, toda competencia portuaria.

<sup>10</sup> Pérez-Mallaína señala que en dos de las publicaciones más importantes que se han escrito en los últimos años sobre desarrollo marítimo medieval, como son las de ROSE, Susan (2007) *The Medieval Sea*. London: Bloomsbury Academic., y la de STANTON, Charles D. (2015) *Medieval Maritime Warfare*. London: Pen & Sword Maritime, nos encontramos que en la primera apenas se dedican dos líneas a las atarazanas de Sevilla y la segunda ni siquiera una.

<sup>11</sup> PÉREZ MALLAÍNA, Pablo Emilio (2015) «Los responsables de las atarazanas de Sevilla durante la Baja Edad Media», *Norba. Revista de Historia*, 27/28: 201-226.

<sup>12</sup> GIRÓN, Fernando (1994) *Oriente islámico medieval*. Madrid: Akal.

<sup>13</sup> De este vocablo procede el de atarazana, «la casa de la fabricación», según el Diccionario de la RAE.

calcula una extensión de unos 62.000 m<sup>2</sup>, algo más de 6 hectáreas. Estas atarazanas entrarían en decadencia a partir de mediados del siglo xv. Castilla se expandió hacia el Atlántico y las atarazanas de Sevilla sólo construyeron galeras.

En el periodo previo, e incluso a lo largo de décadas posteriores a los grandes descubrimientos y a la primera circunnavegación, no nos vamos a encontrar con construcciones seriadas de navíos que nos resulten identificables<sup>14</sup>. De hecho será todo lo contrario, tendremos dificultades para distinguir en ciertas ocasiones de qué tipo de navío estamos hablando. No vamos a disponer de registros escritos que nos detallen las partes del barco, no hay planos, no hay relatos. El trabajo del carpintero de ribera es, como el resto de trabajos artesanos, transmitido de padres a hijos, de maestros a aprendices, podríamos decir que estamos en un periodo prehistórico de la navegación. En el caso de los barcos de la circunnavegación, por ejemplo, sigue habiendo una gran pelea por dónde se construyeron<sup>15</sup>.

## LOS ELEMENTOS MECÁNICOS

Los dos tipos de barcos<sup>16</sup> que formaron parte de la primera circunnavegación introducían un elemento que revolucionó la navegación, el timón de codaste<sup>17</sup> o timón axial. Un elemento sencillo y proporcionalmente pequeño frente a las dimensiones de estos grandes veleros. Se introducía una pala a lo largo del codaste.

Desde la antigüedad el mayor motivo de diferenciación entre barcos era las filas y números de remeros. En la navegación oceánica esto cambia y los mástiles y las velas serán responsables del movimiento del barco. Eso implicará la introducción de sistemas mecánicos que faciliten las operaciones para las maniobras, se introducirán las jarcias, poleas y palos, convirtiendo al barco en una estructura orgánica capaz de adaptarse a las circunstancias que se presenten en los viajes oceánicos.

<sup>14</sup> El primer texto dedicado, entre otras cosas, a la construcción de naos es *La instrucción náutica* de Diego García de Palacio de 1587, publicado en México. Posteriormente aparecerá la obra de CANO, Tomás (1611) *Arte para fabricar Naos*. Sevilla: Casa de Luys Estupiñan, Editado por el Instituto de Estudios Canarios, con prólogo de Enrique Marco Dorta, La Laguna, 1964.

<sup>15</sup> Tanto Xabier Alberdi como Teófilo Guirard señalan a Ondarroa como el lugar donde se construyó la nao Victoria (cf. GUIARD LARRAURI, *op. cit.*, 1917, p. 71). También podemos citar a Luis Fariña Filgueira, quien en su reconstrucción conjetural de la nao Victoria nos dice: «En el Archivo Histórico Provincial de Sevilla, se puede contemplar el Acta Notarial P-9124 folio 316r y 317r del documento de expropiación de la nave Victoria. En ese acto se persona Pedro de Arexmeni hijo de Domingo de Apallua con un poder «Ad Hoc». La no coincidencia de los apellidos era habitual en esos tiempos de anarquía nominativa de que el hijo usara el apellido de su madre. En el censo de fogueras del año 1511 y de 1514 (Archivo General de Simancas-AGS, registro de sello) y en el Libro de Padrón (1490-1540) y en el Archivo Histórico Eclesiástico de Vizcaya, podemos deducir que dicho Domingo de Apallua era natural de Ondarroa y que su oficio era el de Piloto y que la nao que pilotaba (La Santa María) era de un armador del mismo Ondarroa», (en: [http://www.fidalmar.org/Naos\\_Victoria\\_reconstruccion\\_hipotetica.pdf](http://www.fidalmar.org/Naos_Victoria_reconstruccion_hipotetica.pdf)) [consultado el 21-09-2022].

<sup>16</sup> Los dos tipos de barcos se agrupan bajo la denominación de barcos redondos, las naos, cuyo origen se sitúa en la navegación atlántica y que es propulsado por un conjunto mixto de velas, y la carabela, de posible origen portugués. De modo general podría decirse que eran barcos construidos por la norma de «as, dos, tres», es decir, uno de manga, dos de quilla y tres de eslora. En la expedición todas eran naos: *San Antonio*, *Trinidad*, *Concepción* y *Victoria*, salvo la *Santiago* que era un híbrido entre nao y carabela, siendo algo menor por ser la encargada de las exploraciones costeras.

<sup>17</sup> El origen del timón de codaste es incierto, pero hasta el siglo XIII no encontramos modificaciones en la morfología de las popas para dar cabida al timón en dicha posición. Coincide con la construcción de grandes naves, con alto bordo y velas cuadradas.

En los barcos de vela destacan precisamente los palos que las sujetan y todo un entramado de cabos indispensables para sujetarlos y poder maniobrar, al conjunto de esos elementos se le denomina jarcia. Aquellos cabos que están tensos y firmes, sirven para sustentar los mástiles en su posición, es lo que se llama jarcia firme o muerta. Por otro lado estará la jarcia viva, es aquella que consta de cabuyería que no está fija y que se puede atar y desatar fácilmente a las distintas partes de las velas. Está formada por los cabos y cuerdas que pueden atarse y desatarse durante la maniobra. La forman las drizas, los amantillos, las escotas, la trapa y las contras o retenidas. La jarcia permite operar con el aparejo y las velas para izarlas, orientarlas o arriarlas.

Y junto a la jarcia nos encontramos con la arboladura del barco, el conjunto de los mástiles y vergas que pueda tener. Los mástiles son los palos verticales y las vergas las perchas perpendiculares a los mástiles. Estas perchas permitirán utilizar velas redondas, la vela latina no resultaba útil para grandes travesías donde el viento pudiera rolar, para prevenir los cambios de viento o las maniobras rápidas eran preferibles las velas redondas.

Toda la jarcia viva requería la fuerza suficiente para mover las vergas con sus velas y para eso entraban en escenas las poleas, los motones. Una polea simple no introduciría mejora mecánica, pero la combinación de más de una si supondría una reducción de fuerza considerable. Con una polea si tengo que levantar X kilos tendré que ejercer en el otro extremo una fuerza también de X kilos ( $F=R$ ), no se ahorra esfuerzo, sólo es más cómodo, el esfuerzo se hace con todo el cuerpo.

A partir de aquí la combinación de poleas fijas y móviles permitirá que la fuerza que haya que realizar para levantar un peso determinado se reduzca considerablemente, podrá variar en función del número de poleas móviles (N) que se utilicen.

Otro mecanismo muy útil que nos encontraremos en las naves de la primera circunnavegación será el cabrestante. Consiste en un rodillo giratorio al que mediante barras cruzadas se le aplica la fuerza necesaria para subir el ancla o mover cualquier otra carga. Al cabrestante va unido el trinquete, que consiste en una rueda dentada con un sistema de retención que impide la rotación entre el trinquete y el cabrestante.

## ELEMENTOS CIENTÍFICOS: CARTOGRAFÍA E INSTRUMENTOS NÁUTICOS

La navegación en el periodo bajomedieval seguía siendo de cabotaje. Lo habitual era seguir las indicaciones de los derroteros costeros. El rumbo se mantenía siguiendo los perfiles de la costa. La brújula haría su aparición hacia el siglo XIII, el primer texto que encontramos con referencia a la misma es el *De Naturis rerum* de Alejandro Neckam, y aparece descrita como aguja insertada, fija a un flotador, situada en un recipiente de agua<sup>18</sup>.

Como dice Neckam, los marinos tienen un instrumento que permite situar la proa en la dirección hacia la que quieren ir, aunque el sol esté oculto. Este recipiente se transformaría en una caja, y la suspensión de la aguja se mantendría en equilibrio mediante lo que hoy llamamos suspensión de Cardano<sup>19</sup>, y eso permitiría que el fondo líquido

<sup>18</sup> NECKAM, Alexandri (1863) *De naturis rerum*, edición de T. WRIGHT, *Alexandri Neckham De naturis rerum libro duo*, Londres: Longman and Green. Cf. Lib. II, cap. 98, pp. 181-184.

<sup>19</sup> Este mecanismo de suspensión se forma a partir de dos aros concéntricos cuyos ejes forman un ángulo recto, lo cual permite mantener la orientación de un eje de rotación en el espacio aunque su soporte se mueva.

fuera sustituido por una rosa de los vientos. Esta rosa de los vientos también sufriría modificaciones cuando la navegación pasó del Mediterráneo al Atlántico. Las brújulas españolas del Renacimiento señalaban en sus rosas de los vientos 32 direcciones<sup>20</sup>.

Pero la aguja náutica requiere de otro elemento para tener una mayor funcionalidad, las cartas marinas, que permitan decirnos hacia dónde se dirige nuestro barco. La carta náutica más antigua conocida es la *carta pisana*, fechada a finales del siglo XIII. Y, aunque solemos referirnos con frecuencia a la *Geografía* de Ptolomeo como el primer tratado de geografía, como la primera representación de mapas, no debemos olvidar que este texto sólo subsistió entre musulmanes y bizantinos y que la primera traducción al latín no se realizaría hasta el siglo XV.

La importancia de esta obra de Ptolomeo radica en el tamaño que adjudicó a la Tierra. Asumida la esfericidad de la Tierra, al menos desde Platón<sup>21</sup>, no aparecería la geodesia hasta Eratóstenes quien nos ofrecería el primer cálculo de medición de la Tierra en torno al año 245 a.C., obteniendo una cifra cercana a la realidad, 245.000 estadios (unos 39.690 km, considerando el estadio egipcio de 157,5 m). Pero tras la medición de Eratóstenes aparecería la de Posidonio de Apamea<sup>22</sup>, quien repitió la medición, pero en este caso el resultado fue de 180.000 estadios, una cuarta parte menor que el resultado de Eratóstenes. La importancia de este hecho radica en que Ptolomeo utilizó la medición de Posidonio en su *Geografía*, asumiendo la longitud de un grado de círculo máximo en 500 estadios. Por tanto, en la expedición al Maluco esperaban encontrar una travesía más corta. Tal y como ha calculado Manzón<sup>23</sup>, Magallanes esperaba que la Tierra fuera un 13% más pequeña de lo que es, y que en lugar de tener 40.075 km de diámetro tuviera sólo 34.822 km. Podría implicar que las Molucas corresponderían según el Tratado de Tordesillas a España y no puede olvidarse que Magallanes había conseguido en la Capitulaciones de Valladolid de 1518 asegurarse el gobierno de alguna nueva isla que descubriera.

Esta expedición se afrontó con escaso material científico, pero contó con todo lo disponible en aquel momento: 24 cartas de marear, 6 pares de compases, 21 cuadrantes de madera, 6 astrolabios de metal y 1 de madera, 38 agujas de marear, 4 cajas grandes para agujas y 18 relojes de arena<sup>24</sup>.

El 14 de febrero de 1503 fue creada la Casa de la Contratación<sup>25</sup>. El día 22 de marzo de 1508 Amerigo Vesputio fue nombrado Piloto Mayor, primer cargo científico de la Casa de la Contratación, y la primera carta realizada por la Casa de la Contratación

---

<sup>20</sup> LÓPEZ PIÑERO, José María (1975) *El arte de navegar en la España del Renacimiento*. Barcelona: Editorial Labor.

<sup>21</sup> PLATÓN (1986) *Diálogos III, Fedón*. Madrid: BCG. 97c-98a.

<sup>22</sup> Estrabón en su *Geografía* trata primero la medición de Eratóstenes y, a continuación, la realizada por Posidonio, dejando claro la diferencia entre ambas. Ptolomeo utilizaría la dada por Posidonio. Estrabón (1992) *Geografía. Obra completa*. Madrid: Gredos.

<sup>23</sup> Tomás MANZÓN ha confeccionado una página web excelente para conocer detalles de la primera vuelta al mundo, <https://www.rutaelcano.com/>. [consultado el 12-09-2022].

<sup>24</sup> RUIZ MORALES, Mario (2020) *Apuntes cosmográficos en la primera circunnavegación de la tierra. Fernando de Magallanes y Juan Sebastián Elcano (1519-1522)*. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica, p. 29.

<sup>25</sup> MARTÍN, Cándido (2017) *Cuando el mundo giró en torno a Cádiz*. Cádiz: Diputación Provincial de Cádiz, pp. 13-29; y MARTÍN, Cándido (2018) «La Casa de la Contratación en Cádiz y el nuevo modelo de

fue la de Juan de la Cosa de 1503. La navegación por el Atlántico obligó a los navegantes al uso de instrumentos astronómicos para calcular sus posiciones ante la falta de referencias geográficas. La llegada de los portugueses a las Islas Molucas en 1511, capitaneados por Magallanes, hizo que expediciones españolas buscaran el paso hacia el Mar del Sur descubierto por Balboa en 1513.

Pigafetta nos dice<sup>26</sup> que el 21 de octubre de 1520, adentrándose en un estrecho al que llamaron de las Once Mil Vírgenes<sup>27</sup>, consiguieron abandonar el Atlántico y adentrarse en el Pacífico. Como Pigafetta señala, Magallanes ya había visto dibujado este estrecho en un mapa de «Martin de Bohemia y que el rey de Portugal guardaba en su tesorería»<sup>28</sup>.

## LA NAVEGACIÓN ASTRONÓMICA

La salida al Atlántico supuso tener que realizar una nueva cartografía terrestre y así mismo una nueva celeste. En la navegación del Mediterráneo y del Atlántico Norte la estrella Polar supuso siempre (y supone) una referencia fundamental para navegar. Pero, como dice Pigafetta: «Después de pasar la línea equinoccial, al aproximarnos al polo antártico perdimos de vista la estrella Polar».<sup>29</sup>

Antes de la expedición de Magallanes ya existía alguna representación de la Cruz del Sur<sup>30</sup> como la de Andrea Corsali del año 1515. Sin embargo, como constelación no aparecería hasta 1589, cuando el astrónomo holandés Petrus Plancius (1552-1622) colaboró con el cartógrafo Jacob Floris van Langren en la realización de un globo celeste que mostraba, por primera vez, la Cruz del Sur.

Se recurrirá al astrolabio y al cuadrante para obtener las alturas de los astros sobre el horizonte, lo cual permite determinar la latitud de la posición del observador. Estos instrumentos ayudan a posicionar el barco en la latitud, pero no resuelven el problema de la longitud, esa segunda coordenada que determina la posición del barco. A partir de estas observaciones entran en juego el resto de instrumentos y los datos que ellos hayan ido dando. La aguja náutica que, junto con la ampolleta, nos habrá ido indicando la dirección del barco y el tiempo que ha estado en cada dirección. Estos registros permitirán a los pilotos utilizar el compás sobre la carta náutica y marcar el punto de fantasía. La experiencia del piloto le permitirá calcular cómo han influido las corrientes de aire así como las marinas. Recordemos que la corredera de barquilla no

enseñanza náutica», en: Dolores Ruiz-Berdún (dir.) *Ciencia y técnica en la universidad: trabajos de historia de las ciencias y de las técnicas*. Alcalá de Henares: Editorial Universidad de Alcalá, pp. 433-444.

<sup>26</sup> Pigafetta no era el cronista de la expedición, para ello fueron designados: León de Espeleta en la *Trinidad*, Sancho de Heredia en la *Concepción*, Antonio da Costa en la *Santiago*, Martín Méndez en la *Victoria* y Gerónimo Guerra en la *San Antonio*; sin embargo, la crónica de Pigafetta ha llegado hasta nosotros. García Márquez lo ha llamado «pionero del realismo mágico». PIGAFETTA, Antonio (1922) *Primer viaje en torno al globo*, editor Federico Ruíz Morcuende. Madrid: Edición Calpe, p. 50.

<sup>27</sup> El 21 de octubre es el día que la Iglesia consagra a las Once Mil Vírgenes.

<sup>28</sup> Cf. PIGAFETTA, Antonio, *op. cit.*, pp. 62-63.

<sup>29</sup> *Ibidem*, pp. 44-45.

<sup>30</sup> Amerigo Vesputio en 1511 cartografió estas estrellas. Sin embargo, será en la carta, escrita sobre pergamino por Andrea Corsali (1487-?), dirigida a Giuliano de Medici y en la que relata un viaje al océano Índico a través del sur de África, a bordo de una nave portuguesa, donde aparece representada por primera vez. Data de 1515 y fue publicada en 1518. Además apareció en *Delle navigationi et viaggi* de Giovanni Battista Ramusio de 1550, y en *The Decades of the Newe Worlde or West India* de Richard Eden de 1555.

será mencionada en la literatura náutica hasta 1577 por lo que, este instrumento que facilitó calcular la velocidad de los barcos, no fue utilizado en la circunnavegación.

Sobre la carta náutica tendremos el punto de fantasía, determinado por el rumbo y la distancia recorrida. Una vez marcado este punto la observación astronómica permitirá introducir el punto de escuadría, la latitud del barco. Ambos puntos permitirán determinar la posición del barco, el punto de escuadría corregirá el marcado por el rumbo y la distancia. Hasta muy avanzado el siglo XVIII no se resolverá el cálculo de la longitud en alta mar.

## CONCLUSIONES

Como hemos podido ver, la primera vuelta al mundo se realizó con medios técnicos y científicos muy limitados. Las embarcaciones, las naos, utilizadas en la navegación del Atlántico Norte, resultaban las más adecuadas para afrontar una navegación basada en la fuerza del viento y que abandonaba la fuerza de los remos. Estos barcos ya no incluían sólo velas latinas sino que introducen las velas redondas, velas que pueden girar con su percha sobre el mástil. El manejo de las mismas requería de nuevos elementos como eran los motones, piezas que incorporaban el principio físico de poleas móviles, requiriendo menos fuerza para mover grandes pesos. Otro elemento que aparecerá en la cubierta del barco, y cuya función será la de facilitar el movimiento de pesos hacia o desde el barco, será el cabestrante y el trinquete. Los elementos del barco son los medios técnicos que facilitarán la navegabilidad de las travesías.

Junto a estos medios de tipo técnico se incorporarán los conocimientos científicos que ayudarán a que los pilotos sean capaces de llevar el navío al destino deseado. El primer cuarto del siglo XVI, el periodo de la circunnavegación, es un periodo de aventura y de descubrimiento. Desde la llegada al nuevo continente, el descubrimiento de un nuevo mar, la búsqueda del paso hacia ese mar, todo ello obligaba a los navegantes a dejar registro en sus portulanos de la orografía del terreno, y pasada la línea equinoccial, de la búsqueda de nuevo referente celeste en el hemisferio sur. La astronomía será la ciencia fundamental para los pilotos, la observación de los cielos les facilitará la orientación y el cálculo de la posición del barco. Junto al registro de las nuevas tierras se acomete el registro de los nuevos cielos.

Las herramientas para calcular el rumbo, el compás náutico junto a la ampolleta, facilitarán determinar el rumbo del barco y que el piloto marque el punto de fantasía, y el recurso de la latitud, calculado con el cuadrante o el astrolabio, permitirá echar el punto de escuadría en la carta náutica, los compases determinarán la posición del barco. El arte de la navegación permitió que aquellos navegantes pudieran circunnavegar el globo terráqueo.