

REVISTA
DE
HISTORIA NAVAL

SUPLEMENTO NÚM. 32



**ASTRONOMÍA NÁUTICA: DE LA ESTRELLA
DEL NORTE A LAS DISTANCIAS LUNARES**

Año XXXVIII

2020

Núm. 150

**INSTITUTO DE HISTORIA Y CULTURA NAVAL
ARMADA ESPAÑOLA**

INSTITUTO DE HISTORIA Y CULTURA NAVAL
ARMADA ESPAÑOLA

REVISTA DE HISTORIA NAVAL

ASTRONOMÍA NÁUTICA: DE LA ESTRELLA
DEL NORTE A LAS DISTANCIAS LUNARES

Mario Ruiz Morales
Doctor en Ciencias Matemáticas e Ingeniero Geógrafo



REVISTA DE HISTORIA NAVAL

Presidente: D. Juan Rodríguez Garat, almirante, director del Instituto de Historia y Cultura Naval.

Director: D. José Ramón Vallespín Gómez, capitán de navío, director del Departamento de Estudios e Investigación.

CONSEJO DE REDACCIÓN:

Vocales:

D. Hugo O'Donnell y Duque de Estrada, R. Acad. Hist. ^a	D. Juan Escrigas Rodríguez, capitán de navío
D. Carlos Martínez Shaw, UNED	D. ^a M. ^a Carmen Terés Navarro, Archivos Navales
D. Juan José Sánchez Baena, U. Murcia	D. ^a M. ^a Carmen López Calderón, Museo Naval
D. David García Hernán, U. Carlos III	D. José Antonio Ocampo Aneiros, coronel
D. Enrique Martínez Ruiz, U. Complutense	D. Juan Rodríguez-Villasante y Prieto, coronel
D. José M. ^a Blanco Núñez, cap. de navío	D. Eduardo Bernal González-Villegas, capitán de navío
D. ^a Magdalena de Pazzis Pi y Corrales, U. Complutense	D. Adolfo Morales Trueba, teniente. coronel
D. ^a Marta García Garralón, UNED	

Secretario de Redacción: D. Ignacio María Pita da Veiga Sanz, teniente coronel.

Redacción, Difusión y

Distribución: D.^a Ana Berenguer Berenguer.

Administración: D.^a Rocío Sánchez de Neyra Espuch; D. Manuel Ángel Gómez Méndez

Publicación trimestral: cuarto trimestre de 2020.

Precio del ejemplar suelto, 4 euros.

SUSCRIPCIÓN ANUAL:

España y Portugal: 16 euros.

Resto del mundo: 25 euros.

Depósito legal: M. 16.854-1983.

ISSN: 0212-467-X (edición en papel).

ISSN: 2530-0873 (edición en línea).

NIPO: 083-15-091-7 (edición en papel).

NIPO: 083-15-092-2 (edición en línea).

Dirección postal, t/fno. y c/e:

Instituto de Historia y Cultura Naval.

Juan de Mena 1, 1.^a planta.

28014 Madrid (España).

Teléfono: 913 12 44 27.

c/e: RHN@mde.es

Impreso en España. Printed in Spain.

Imprime: Ministerio de Defensa.

CUBIERTA ANTERIOR: Logotipo del Instituto de Historia y Cultura Naval.

CUBIERTA POSTERIOR: Del libro Regimiento de Navegación, de Pedro de Medina (Sevilla, 1563).



CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES
OFICIALES

<https://cpage.mpr.gob.es/>



<https://publicaciones.defensa.gob.es/>

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad de sus autores.

Mario Ruiz Morales es perito topógrafo, ingeniero en Geodesia y Cartografía, licenciado y doctor en Ciencias Exactas e ingeniero geógrafo. Es autor de numerosos libros y artículos sobre geografía matemática, su principal línea de investigación. Fue profesor de la Universidad de Granada, en la que impartió clases de Geometría Diferencial (Facultad de Ciencias, Sección de Matemáticas), así como de Astronomía, Geodesia y Cartografía (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos). Durante más de veinticinco años fue director del Instituto Geográfico en Andalucía Oriental. En sus diez últimos años como funcionario (2003-2013) representó en Granada al Centro Nacional de Información Geográfica. Fue premio nacional fin de carrera y es miembro de la Real Sociedad Geográfica y de la Orden Civil de Alfonso X el Sabio.

La REVISTA DE HISTORIA NAVAL es una publicación periódica trimestral del Ministerio de Defensa, publicada por el Instituto de Historia y Cultura Naval, centro radicado en el Cuartel General de la Armada en Madrid, cuyo primer número salió en el mes de julio de 1983. Recoge y difunde principalmente los trabajos promovidos por el Instituto y realizados para él, procediendo a su difusión por círculos concéntricos, que abarcan todo el ámbito de la Armada, de otras armadas extranjeras, de la Universidad y de otras instituciones culturales y científicas, nacionales y extranjeras. Los autores provienen de la misma Armada, de las cátedras de especialidades técnicas y de las ciencias más heterogéneas.

La REVISTA DE HISTORIA NAVAL nació pues de una necesidad que justificaba de algún modo la misión del Instituto. Y con unos objetivos muy claros, ser «el instrumento para, en el seno de la Armada, fomentar la conciencia marítima nacional y el culto a nuestras tradiciones». Por ello, el Instituto tiene el doble carácter de centro de estudios documentales y de investigación histórica y de servicio de difusión cultural.

El Instituto pretende cuidar con el mayor empeño la difusión de nuestra historia militar, especialmente la naval —marítima si se quiere dar mayor amplitud al término—, en los aspectos que convenga para el mejor conocimiento de la Armada y de cuantas disciplinas teóricas y prácticas conforman el arte militar.

Consecuentemente la REVISTA acoge no solamente a todo el personal de la Armada española, militar y civil, sino también al de las otras Marinas, mercante, pesquera y deportiva. Asimismo recoge trabajos de estudiosos militares y civiles, nacionales y extranjeros.

Con este propósito se invita a colaborar a cuantos escritores, españoles y extranjeros, civiles y militares, gusten, por profesión o afición, tratar sobre temas de historia militar, en la seguridad de que serán muy gustosamente recibidos siempre que reúnan unos requisitos mínimos de corrección literaria, erudición y originalidad fundamentados en reconocidas fuentes documentales o bibliográficas.

**ASTRONOMÍA NÁUTICA: DE LA ESTRELLA
DEL NORTE A LAS DISTANCIAS LUNARES**

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
La astronomía náutica: de la estrella del norte a las distancias lunares	9

REVISTA DE HISTORIA NAVAL

Petición de intercambio

Institución

Dirección postal

País

Teléfono

Fax

Nos gustaría intercambiar su Revista/Cuadernos:

- Revista de Historia Naval
- Cuadernos Monográficos

con nuestra publicación

.....
.....
.....

(Ruego adjunte información sobre periodicidad, contenidos... así como de otras publicaciones de ese Instituto de Historia y Cultura Naval.)

Dirección de intercambio:

Instituto de Historia y Cultura Naval
Juan de Mena, 1, 1.^a 28071 Madrid
Teléfono: (91) 312 44 27
C/e: ihcn@fn.mde.es

ASTRONOMÍA NÁUTICA: DE LA ESTRELLA DEL NORTE A LAS DISTANCIAS LUNARES

Mario RUIZ MORALES
Doctor en Ciencias Matemáticas
e Ingeniero Geógrafo
Real Sociedad Geográfica
Recibido 17/09/2020 Aceptado 29/09/2020

Resumen

El desarrollo de la astronomía náutica propició la paulatina desaparición de la navegación de cabotaje en favor de la de altura. En este artículo se hace un rápido recorrido histórico, con mención expresa a dos de los instrumentos de observación más señalados (el astrolabio y el kamal), en el cálculo de la latitud del lugar, como altura del polo. Se hace también una apretada síntesis de la especial incidencia que tuvo en la navegación la aparición de la brújula y la de los portulanos. Se destaca también el merecido protagonismo de Martín Cortés, el cual postuló antes que Mercator la conveniencia de usar las latitudes crecientes en las cartas marinas. A lo largo del texto se menciona en varias ocasiones el problema secular de las longitudes, concluyéndolo con un amplio comentario sobre el método de las distancias lunares para recordar así la genial contribución del brillante marino José de Mendoza y Ríos.

Palabras clave: Latitud, longitud, rumbo, loxodrómica.

Abstract

The development of nautical astronomy led to the gradual disappearance of coastal shipping in favor of offshore. This article makes a quick historical

tour, with express mention of two of the most important observation instruments (the astrolabe and the kamal), in the calculation of the latitude of the place, as the height of the pole. A tight synthesis is also made of the special impact that the appearance of the compass and that of the Portulans had on navigation. The deserved role of Martín Cortés is also highlighted, who postulated before Mercator the convenience of using increasing latitudes in marine charts. Throughout the text the secular problem of lengths is mentioned several times, concluding it with an extensive comment on the method of lunar distances to remember the brilliant contribution of the brilliant marine and mathematician José de Mendoza y Ríos.

Key words: Latitude, longitude, rhumb, loxodromic.

EL inicio de la astronomía náutica coincide con el declive de la navegación de cabotaje, esto es con aquella en la que no dejaba de verse el litoral durante la travesía. En cualquier caso, la orientación astronómica permitió saber siempre la dirección del viento. Ese problema que no planteaba dificultad alguna durante el día gracias a la observación del Sol, que siempre se sitúa al sur cuando alcanza su máxima altura sobre la bóveda celeste, no era tan evidente durante la noche. La necesidad de navegar mar adentro debieron sentirla todos los pueblos de la costa, por muy diversas circunstancias: obligación de ampliar su territorio de influencia, transacciones comerciales o meros afanes de conquista. En la historia de la humanidad, escrita en Occidente, cumplen esos requisitos los fenicios, instalados en una estrecha franja litoral limitada en su interior por la barrera de la cadena montañosa dispuesta en paralelo a la línea de costa. No es extraño que se refieran a ellos las primeras referencias sobre la navegación, llegando a referir algunas crónicas que circunnavegaron África muchos siglos antes de que lo hiciesen los portugueses. En cuanto a la astronomía, también debieron de ser ellos unos de los primeros en aplicarla en sus grandes expediciones marítimas; de hecho, hubo un tiempo en que a la Estrella Polar, o del Norte, se la conoció con el nombre de «estrella de los fenicios».

Todo apunta a que, efectivamente, fueron los fenicios quienes tuvieron la perspicacia de elegir como blanco, sobre la bóveda celeste nocturna, la constelación de la Osa Menor, posibilitando así la navegación de altura. Son múltiples las referencias que apuntan en esa dirección, siendo Homero el que comentó que dicha constelación fue transmitida a los griegos por los fenicios. Arato pensaba que los fenicios se guiaban en sus viajes por las mismas siete estrellas, añadiendo que tenían la ventaja de describir un círculo menor que el de la osa mayor. Análogo pensamiento tuvo Ovidio al afirmar que la osa menor servía de guía a los navegantes de Sidón.

El reconocimiento del saber de los fenicios fue más allá de la astronomía náutica. Platón defendía que la nitidez del cielo del verano les había permitido observar los astros durante siglos, llegando inclusive a considerar divinidades al Sol, la Luna y los planetas. Estrabón, que atribuía a los fenicios la creación



Nave mercante fenicia (siglo II a.C.) procedente de un sarcófago en los alrededores de Sidón. Museo Arqueológico de Beirut

de la ciencia del cálculo y de la aritmética, también pensó que fueron ellos quienes enseñaron astronomía a los griegos. Plinio el Viejo, por su parte, comentó que les cupo el honor de haber inventado las letras y de haber hecho otros descubrimientos en astronomía navegación y el arte de la guerra. No menos esclarecedor fue Porfirio, quien aseguraba que Pitágoras y Platón habían visitado Fenicia y que el primero de ellos había aprendido las ciencias matemáticas de los fenicios.

Los navegantes de la Grecia clásica se basaron también en la astronomía para que sus travesías llegasen siempre a buen puerto. Fueron incluso observadores más pacientes que los fenicios, puesto que, además del Sol y de la Estrella Polar, se valieron de la constelación del Dragón y, sobre todo, de la Osa Mayor. Igualmente usaron para ese fin el cúmulo abierto de las Pléyades, las Híades, el Boyero y Orión. El repertorio de autores que así lo justifican es vasto. Sirvan de ejemplo los siguientes. Apolonio de Rodas comentaba que Tifis, el capitán de la nave *Argo*, era, amén de hábil en prever las tempestades, fiel seguidor del Sol y de la Estrella Polar a la hora de navegar. Cayo Valerio Flaco también defendía la competencia de Tifis, indicando que su guía era la constelación del Dragón, «que siempre planea por encima del horizonte y no se esconde jamás entre las olas». Ovidio aclaró que los fenicios tomaron partido por la Osa Menor, mientras que los griegos optaron por la Osa Mayor.



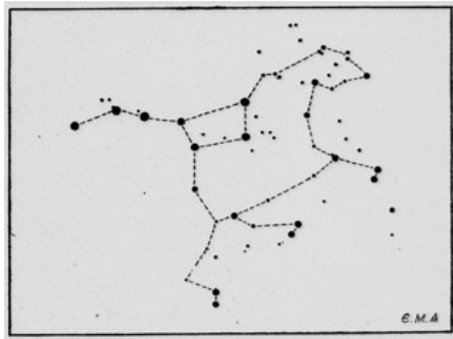
Culminación inferior de la estrella η de la Osa Mayor en la época de Homero y en la actualidad. La precesión de los equinoccios explica que hoy día se produzca el fenómeno cuando está bajo el horizonte

Homero fue otro de los cronistas de excepción que dejó constancia de estos hechos, al señalar que el principal personaje de la *Odisea* dirigió varios días su nave manteniendo constantemente la Osa Mayor a su izquierda. Sin embargo, Ulises no se guiaba solamente por ella, ya que también tuvo en cuenta las posiciones de otras estrellas y constelaciones, tales como las Pléyades, el Boyero y la de Orión. Es muy significativo el comentario añadido a propósito de la Osa Mayor, de la que decía que se trataba de la única que no bañan las aguas del océano¹.

(1) Nos remitimos a la figura en que se evidencia que esa constelación siempre se encontraba, en tiempos de Homero, por encima del horizonte.

La expedición de los argonautas desató la imaginación de los sabios de la antigüedad y de los del siglo pasado. Algunos autores modernos pretendieron ver en ella una especie de alegoría astronómica, aunque otros, como Camille Flammarion, la consideraron real, como pensó Newton, y movida por intereses políticos, religiosos y comerciales. Los héroes partieron de Yolco, al fondo del golfo de Tesalia, hacia el año 1230 a.C.; atravesaron el Hellowponto (Dardanelos), la Propóntide y el Bósforo; entraron con decisión en el temible Ponto Euxino (Mar Negro), y bordeando el Asia Menor, desembarcaron en Colchida, para recoger allí el vellocino de oro. En la vuelta deshicieron el itinerario de ida, lo que permite suponer que recorrerían un total aproximado de 5.000 kilómetros.

La nave, de una construcción esmerada, unas dimensiones nunca vistas (5 m de ancho y unos 30 de largo) y un colorido excepcional, llamó tanto la atención de sus contemporáneos que no tardó en convertirse en un hecho mitológico que pretendió pasar a la posteridad como una constelación más de la bóveda celeste, aunque se localizara en el hemisferio sur de la misma. Reconocida por Tolomeo, fue la mayor del cielo hasta el siglo XVIII, en que el francés Nicolas Louis de Lacaille decidió dividirla en las tres siguientes: *Carina* (quilla), *Puppis* (popa) y *Vela*. Algunos historiadores griegos, como Plutarco, sostenían que esta constelación era una mera actualización de la del Barco de Osiris,



Alineaciones estelares que conforman la constelación de la Osa Mayor ampliando la figura conocida «del carro o cazo». Se aprecian así las patas traseras e inclusive el hocico puntiagudo de la fiera. El dibujo lo incluyó Eugène Michel Antoniadi en su artículo «La première application de l'astronomie a la navigation» (1932)



El «jarrón de las sirenas» (480-470 a.C.). En él se observa cómo Ulises está amarrado al palo mayor y mirando a popa, para no poder atender la llamada de las sirenas². (British Museum)

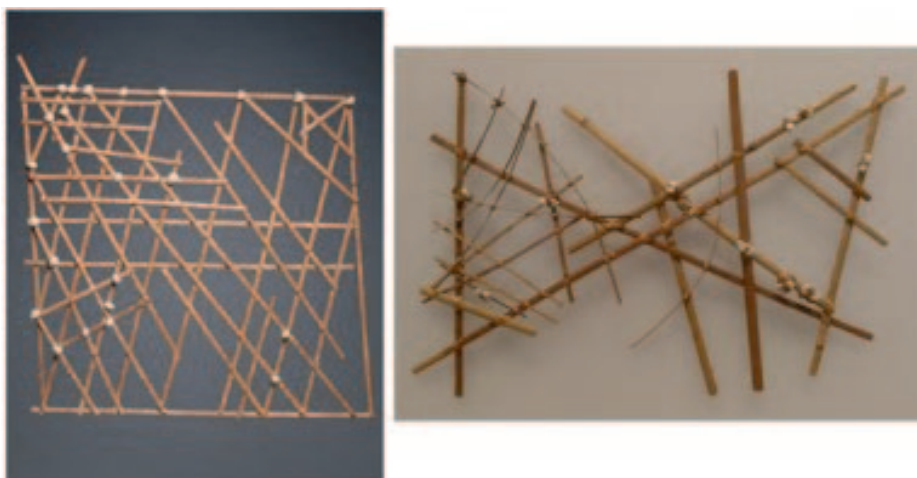
(2) Las sirenas eran seres fabulosos: mitad mujer y mitad pájaro, con probable influencia de las ba egipcias. Ya en la Edad Media se transformaron, deviniendo el pájaro en pez.



Territorio recorrido por los héroes en la *Argonáutica* de Apolonio de Rodas. El mapa lo hizo Abraham Ortelius en el año 1624

instaurada en Egipto alrededor del año 1000 a.C., aunque con el transcurso del tiempo fuese exclusivamente asociada al mito de Jasón y los argonautas.

Análogas reflexiones a las que se hicieron sobre la localización geográfica de la nación fenicia son obligadas cuando se trata de estudiar la interconexión entre las numerosas islas bañadas por el océano Pacífico. Es obvio que en la historia de la navegación escrita en Occidente no pudiesen hacerse en un principio referencias a la misma. Baste decir que las islas Filipinas no fueron descubiertas hasta que desembarcaron en ellas los integrantes de la expedición a las Molucas, comandados por el intrépido Magallanes. Sin embargo, en la actualidad son más verosímiles las dataciones de las travesías efectuadas por los pueblos austronesios que las hasta aquí comentadas. Las noticias sobre ellas no han procedido de documentación alguna, sino de la transmisión oral entre generaciones, teniendo así constancia de que su navegación tuvo también una importante componente astronómica, al apoyarse en la observación de los ortos y ocasos de ciertas estrellas. Lo que sí se conserva, por la consistencia del soporte empleado, son muchas de sus cartas náuticas, en las que se representan tanto los itinerarios seguidos por las embarcaciones como algunas de las islas, materializándose la posición de estas últimas mediante conchas.



Cartas de navegación de las islas Marshall. Localizadas al noreste de Australia, fueron descubiertas por el español Alonso de Salazar en el año 1526, durante la expedición capitaneada por García Jofre de Loáisá. Su actual denominación recuerda al explorador inglés John Marshall, que desembarcó en ellas en 1799

La información de que se dispone hoy es tan interesante como sorprendente, demostrando una vez más la importancia de la transmisión oral ya citada. La navegación en el Extremo Oriente tuvo su origen en las migraciones que, partiendo de la isla de Taiwán, se dirigieron a las del Sudeste asiático y a la de Melanesia, durante dos milenios (3000-1000 a.C.) La primera expedición de largo recorrido fue la que concluyó con la colonización de Micronesia a partir de las Filipinas en torno al año 1500 a.C. Alrededor del 900 a.C. sus descendientes navegaron más de 6.000 km a través del Pacífico, hasta llegar a las islas de Tonga y Samoa; desarrollándose allí una cultura propia que distingue a los habitantes de la Polinesia. En los siglos siguientes alcanzaron esos nativos Hawái, Nueva Zelanda, la isla de Pascua y muy probablemente Sudamérica.



La migración y expansión marítima de los austronesios a partir del año 3000 a.C.

Los polinesios conocían perfectamente las aguas por las que navegaban, apoyando sus largas travesías tanto en las observaciones estelares como en las de pájaros o de otros hechos por los que deducían la proximidad de tierra. Todas sus experiencias las plasmaron en sus peculiares cartas náuticas, en

otras del cielo y hasta en canciones o en relatos ancestrales, que no dejaron de usar para mantener la relevante información que fueron acumulando desde tiempo inmemorial. Mientras tanto, los austronesios comenzaron a imponer su dominio marítimo alrededor del año 1000 a.C., enlazando China con India, Oriente Medio y la costa oriental de África. Marineros procedentes de Borneo llegaron a Madagascar a comienzos del primer milenio de nuestra era, colonizándola hacia el año 500.



El cúmulo abierto de las Pléyades (M45) y el cuadro que les dedicó Elin Wedder en 1885. (Metropolitan Museum of Art, Nueva York)

No obstante, las influencias de las estrellas y constelaciones sobre la navegación no siempre fueron positivas, puesto que en ocasiones se las consideraba responsables de fenómenos atmosféricos nada agradables. Digamos en primer lugar que a los marinos de antaño parecían preocuparles especialmente las tempestades que solían desencadenarse en las proximidades de los equinoccios.

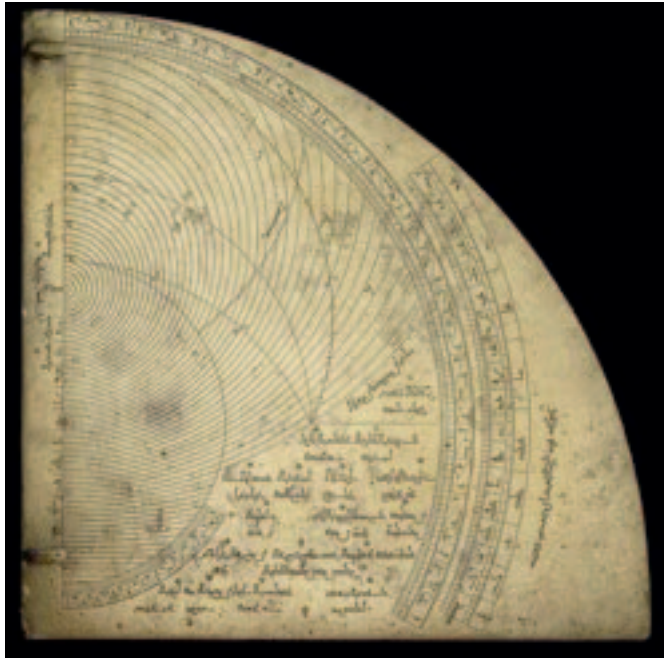
Plinio el Viejo, por ejemplo, creía que la constelación de Orión debería ser considerada peligrosa por ser responsable de las tempestades. Polibio concretaba además que la flota romana naufragó, durante la primera guerra púnica, por haberse obstinado los cónsules en navegar entre los ortos heliacos de Orión y de Canis, a pesar de las advertencias recibidas. Teón de Alejandría sospechaba que la constelación del Águila era borrascosa al salir del mar al final de la noche. De igual opinión era Apolonio de Rodas a propósito del orto de Arturo, una estrella lluviosa relacionada también con las tempestades. Se le atribuye a Demóstenes el pasaje siguiente: «... he estado esperando en este lugar 45 días hasta que partieron los barcos del Ponto tras el orto de Arturo». Virgilio se refirió igualmente a esas supuestas correspondencias, identificando a Capricornio con cabritos lluviosos, los cuales, a juicio de Avieno, desencadenaban vientos terribles apenas salían del océano.

Terminamos estos apuntes con el importante papel jugado por las Pléyades³. Ovidio pensaba que eran la sede de los vientos, mientras que Demóstenes las consideraba causantes de tormentas y de la aparición de vendavales en el momento de su ocaso. De igual modo pensaba Columela cuando insistía en que las Pléyades, al ocultarse por la mañana, anunciaban el mal tiempo. Finalmente se reproduce el amigable consejo que daba Hesíodo a los jóvenes marinos: «Si el deseo de una navegación peligrosa se apodera de tu amo, teme la época en que las Pléyades, huyendo del impetuoso Orión, se sumergen en el océano; pues es entonces cuando se desencadena el soplo de todos los vientos, y no expongas ninguno de tus barcos al furor de la mar tenebrosa».



Marino de Tiro (dcha.) y Claudio Tolomeo (izqda.) en el frontispicio de una de las versiones de su *Geografía*. El autor fue el cartógrafo Pieter van Bert (Petrus Bertius) en el año 1618, apoyándose en la previa de Mercator (1578)

(3) Las siete hijas del titán Atlas y de la ninfa Pléyone. Eran ninfas en el consejo de Artemisa. Sus nombres fueron los siguientes: Alcione, Celeno, Electra, Estérope, Maya, Mérope y Táigete. Todas mantuvieron relaciones con los dioses más importantes del Olimpo, salvo Mérope.



Cuadrante astronómico del siglo XIV (Damasco)

La experiencia astronómica de la antigüedad no fue aprovechada en la primera mitad de la Edad Media, a pesar de que la herencia fue valiosa. Ciertamente, a Hiparco de Nicea se le atribuye la invención del astrolabio, un instrumento astronómico que siglos después sería el más usado en la astronomía náutica, y la determinación de la diferencia de longitudes geográficas entre Rodas y Alejandría, por medio de la observación simultánea de un eclipse lunar desde ambas localidades. También fue él quien diseñó la red ortogonal de meridianos y paralelos que cubren el globo terráqueo, gracias a la cual se pudieron definir el par de coordenadas geográficas que localizan cualquier punto de su superficie. Marino de Tiro es otro de aquellos personajes que ha de ser referido por sus innovadoras cartas marinas. Contemporáneo suyo fue el gran Tolomeo, quien incluyó en su *Geografía* un nuevo método para calcular la diferencia de longitudes. Si A y B son los puntos implicados, se forma un triángulo esférico dos de cuyos vértices serían precisamente ambos puntos. El tercer vértice sería el polo Norte, siendo los tres datos de partida la latitud de A, lo que equivaldría a conocer el lado PA (cuya amplitud coincidiría con su colatitud), la amplitud angular del arco AB y el ángulo formado por él y el meridiano de A. De modo que, mediante los cálculos propios de la trigonometría esférica, se podría obtener el ángulo formado por los meridianos de A y B, coincidente con la diferencia de longitudes entre ellos.

Quizá fueran los navegantes árabes los primeros que continuaron con las observaciones astronómicas previas, usando para ello el *kamal*, un artilugio rudimentario con el que lograron medir no solo la altura de la Estrella del Norte, sino también la de otras muchas estrellas. Su incuestionable interés por la astronomía les llevó a idear un novedoso instrumento: el cuadrante astronómico, siendo esta una de sus principales aportaciones a esta disciplina; aunque fuese diseñado para otros menesteres, al final acabó usándose como un instrumento más de navegación. Sus travesías más memorables se enmarcaron en el espacio geográfico definido por el Mediterráneo, el Mar Rojo, el golfo Pérsico, el mar arábigo y la bahía de Bengala. Una evidencia más de su notable desarrollo en la navegación fue el hecho de que las carabelas, las naves más señaladas de portugueses y españoles, solo fueron una versión mejorada de alguno de los navíos fletados por los exploradores andalusíes del siglo XIII.

En plena Edad Media se produce un doble acontecimiento que, sin ser astronómico, marcó el devenir de la navegación de altura, favoreciendo su desarrollo y convirtiéndola pronto en una actividad científica. Ciertamente, la aparición, casi simultánea, de la brújula y de los portulanos supuso llegar a un punto de no retorno, al transformarse de inmediato en instrumentos imprescindibles para la práctica de la navegación. La brújula es una manifestación directa del magnetismo terrestre, que al parecer fue descubierta en China. Su elemento esencial es una aguja imantada que marca permanentemente la dirección de la meridiana magnética sobre un limbo graduado, en cuyo centro se sustenta; ocasionalmente se incorporaba en torno al mismo una rosa de los vientos. Fue tal la sensación que causó la brújula en la comunidad científica que creyeron haber resuelto con su concurso el problema secular de la longitud geográfica. Nada más lejos de la realidad, pues cometieron el error de suponer coincidentes el norte geográfico y el norte magnético, cuando realmente forman un ángulo (la declinación magnética) que varía con el lugar y con el tiempo. La confusión se produjo porque las líneas isógonas (de igual declinación) seguían sensiblemente direcciones próximas a las de los meridianos geográficos. Una de las primeras observaciones de ese fenómeno tan singular se realizó durante el primer viaje de Cristóbal Colón, justamente cuando la expedición cruzó la llamada línea ágena o de declinación nula. Así quedó reflejado en el cuaderno de bitácora «Jueves, 13 de septiembre. Aquel día con su noche, yendo a su vía, que era al Oeste, anduvieron treinta y tres leguas, y contaba tres o cuatro menos. Las corrientes le eran contrarias. En este día, al comienzo de la noche, las agujas noroesteaban, y a la mañana noroesteaban algún tanto».

La brújula fue, desde que se incorporó a la navegación, el medio ideal para materializar la dirección de los vientos y fijar el rumbo del barco, relegando las observaciones astronómicas al cálculo de la latitud –siempre necesario para localizar un determinado paralelo.



Isógonas en el Atlántico y línea ágona. (*A new and correct chart showing the variations of the compass in the western & southern Oceans*, Edmund HALLEY, 1700)

Los portulanos fueron representaciones iconoclastas, y alejadas por tanto del fundamentalismo religioso que impregnó otros mapas medievales (mapas de T en O y derivados). Su origen es incierto, y hay unanimidad al considerar que las escuelas española e italiana fueron preponderantes. En España se distinguieron dos grupos principales: el mallorquín y el levantino. Abraham Cresques fue el representante más genuino del primero, muy conocido por ser el autor del mejor mapamundi del medievo (1375), con la particularidad de añadir información geográfica en el interior del campo del mapa, una característica que no tenían los portulanos italianos. Jafuda Cresques, hijo del anterior, que emigró a Portugal temeroso de la persecución contra los judíos, es probable que crease su propia escuela en el país vecino. Los cartógrafos musulmanes también dibujaron portulanos de gran colorido, sobresaliendo la figura del almirante turco Piri Reis. Los portulanos fueron una documentación determinante para la navegación costera; no en vano ofrecían una imagen fidedigna del litoral, bien iluminada con una amplia y correcta información toponímica.



Portulano de Jorge Aguiar (1492). Ofrece la imagen del Mediterráneo, de Europa occidental y del litoral africano. Se ha ampliado la bella representación del último bastión musulmán en la Península. Universidad de Yale, New Haven. EE.UU

Los portulanos y la brújula parecían llamados a solucionar la fijación de los rumbos en las grandes travesías de la navegación, aunque solo se tratase de una posibilidad sin soporte matemático alguno. Al formarse los portulanos sin el apoyo de un sistema cartográfico predeterminado, ofrecían una imagen de incuestionable valor estético, pero de escasa utilidad geométrica; ha de tenerse en cuenta que sobre tal imagen no se podían evaluar con el mínimo rigor ángulos y distancias. La dificultad al explotar la información geográfica que ofrecen es tal que no se puede dibujar, a ciencia cierta, la imagen plana de las líneas de igual rumbo (loxodrómicas) ni la de las líneas de mínima distancia (geodésicas u ortodrómicas).

Con la llegada del Renacimiento cobra de nuevo protagonismo la astronomía náutica, al entender que sin el concurso de la cosmografía no serían posibles las grandes expediciones que caracterizaron a la época. La transformación introducida en la navegación alcanzó de lleno a la tripulación de los barcos, requiriendo el empleo de cosmógrafo una cualificación muy por encima de la exigida a otros puestos tan esenciales como el de los pilotos.

No obstante, ha de entenderse que en ningún caso se trató de aportaciones sobresalientes en sentido estricto, aunque los resultados conseguidos pudieran hacer creer lo contrario. El gran matemático español Julio Rey Pastor⁴, expresó de manera magistral ese sorprendente suceso:

«Ciencia y técnica muy rudimentarias sin duda, desde nuestro actual punto de vista, fueron las utilizadas por los descubridores de nuevas rutas y de mundos nuevos, como parecerán rudimentarias a las venideras generaciones las hipótesis físicas que usan nuestros ingenieros para el cálculo de sus estructuras y nuestras actuales ideas sobre el cáncer. Precisamente esta dramática desproporción entre la insignificancia de los medios y la grandiosidad de los resultados hace resaltar con más impresionante relieve el valor de quienes los lograron».

Parece ser que el detonante de la expansión marítima de Portugal fue la conquista de Ceuta en el año 1415. En ella cobró especial protagonismo el infante don Enrique, apodado «el Navegante» después de que acuñasen tal sobrenombre los alemanes Heinrich Shaefer y Gustav de Veer en el *sigl* XIX. La iniciativa de los dos historiadores estuvo plenamente justificada, dado el decidido apoyo que prestó a la exploración del litoral africano –con el empeño personal de que se doblase el cabo Bojador–, movido no solo por intereses geopolíticos y comerciales, sino también por otros de índole religiosa, centrados principalmente en contactar con el personaje mitológico del Preste Juan, un supuesto rey sacerdote que también había logrado vencer a los musulmanes. A Enrique el Navegante se le atribuye con frecuencia –y con escaso fundamento– la creación de una escuela de náutica en la villa de Sagres, aunque lo único realmente cierto es que pasó allí los últimos años de su vida.

La vocación marinera del infante Enrique fue apoyada en todo momento por su padre, el rey Juan I; por su hermano el también rey Enrique I (o Duarte I), y por su sobrino el rey Alfonso V, conocido luego como «el Africano» por razones obvias. Fue el rey Juan II, hijo de este último, quien fundó en el año 1480 la Casa de Indias y la Junta dos Matemáticos, como doble soporte político y técnico que amparase todas las travesías atlánticas, consumándose así la desacreditación de los antiguos: Bartolomé Díaz alcanzó el océano Índico en 1486, al doblar por primera vez el cabo de Buena Esperanza (antes llamado «cabo de las Tormentas»), y Vasco de Gama consiguió llegar hasta la India en su primer viaje (1497-1499). La Junta no tardó en dar sus frutos, tras contratar al alemán Martín Behaim. Este discípulo de Regiomontanus estaba al tanto de las tablas de su maestro, en las que se detallaban los valores de la declinación solar a lo largo del año. Suyo fue el último globo terráqueo en el que no figuró el nuevo continente americano, fechado en el año crucial de 1492. Precisamente, en ese año se incorporó a la Junta otro miembro ilustre: Abraham Zacuto, el cual había sido profesor en la Universidad de Salamanca y era el

(4) *La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América*, Espasa Calpe Argentina, Buenos Aires, 1942.



Reloj de sol y rosa de los vientos en Sagres (cabo de San Vicente)

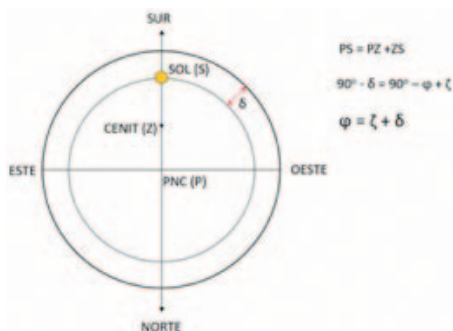
autor de un calendario perpetuo. En él se basaron tanto portugueses como españoles para confeccionar sus regimientos de navegación. Zacuto⁵ fue nombrado astrónomo real por Juan II, continuando en su cargo en el reinado de Manuel I, sucesor y yerno del anterior. Juan II le transmitió a Manuel I el emblema que se convertiría con el tiempo en un símbolo de Portugal: la esfera armilar o esfera de los matemáticos, un homenaje imperecedero a todos aquellos que hicieron posible tan heroicas gestas.

M. Behaim prestó un gran servicio a la corona portuguesa, que vino a solucionar el problema planteado a los marinos portugueses al acercarse al ecuador. En efecto, a medida que lo hacían iba acercándose la Estrella Polar a la línea del horizonte y era sumamente complicado hallar su altura y, por tanto, la latitud del lugar. El inconveniente fue aún mayor una vez que traspasaron la equinoccial, no sabiendo entonces a ciencia cierta en qué paralelo se encontraban. La solución propuesta por el alemán fue una

(5) Este astrónomo genial, que ya había huido del reino español a causa de la persecución contra los judíos, se vio obligado a abandonar Portugal, temeroso de las conversiones forzadas. Después de refugiarse en Túnez, pasó a Damasco, siendo allí donde pereció.



Mosaicos con la esfera armilar (1508) en el Palacio de Sintra. Esta esfera de los matemáticos llegó a ser el emblema personal del rey Manuel I



Proyección ortográfica de la esfera celeste sobre el plano del ecuador. Estando el Sol en su culminación superior, se obtendría la latitud (ϕ), sumándole a la distancia cenital (ζ) el valor de la declinación (δ). La distancia cenital es el ángulo complementario de la altura

enmienda radical al procedimiento empleado hasta entonces, señalando que se podía obtener la latitud observando el Sol en el instante en que alcanzase su altura máxima, es decir cuando se produjera su culminación superior. La operación resultaba factible, ya que al disponer de los valores que tomaba la declinación del Sol en cada día del año, bastaba con medir su altura y proceder en consecuencia⁶.

A. Zacuto cumplió con sus cometidos de astrónomo real y transformó el astrolabio terrestre, poco práctico en alta mar, por otro más sencillo con el que se pudiesen medir las alturas del Sol sin dificultad. El novedoso instrumento impidió contratiempos como el que le sucedió a Bartolomé Díaz, que hubo de desembarcar en la bahía de Santa Elena, fundamentalmente, para asegurarse del valor de la latitud con observaciones más fiables. El astrolabio náutico, metálico y no de madera como los previos, fue utilizado sin problemas tanto por Vasco de Gama como por Pedro Álvares Cabral en sus travesías por el océano Índico. Recientemente (2014) se encontró uno de aquellos instrumentos, explorando los restos de la nave *Esmeralda*, hundida frente a las costas de Omán en el año 1503. La nave formaba parte de la flota de Vasco de Gama en su segundo viaje a la India (1502-1503).

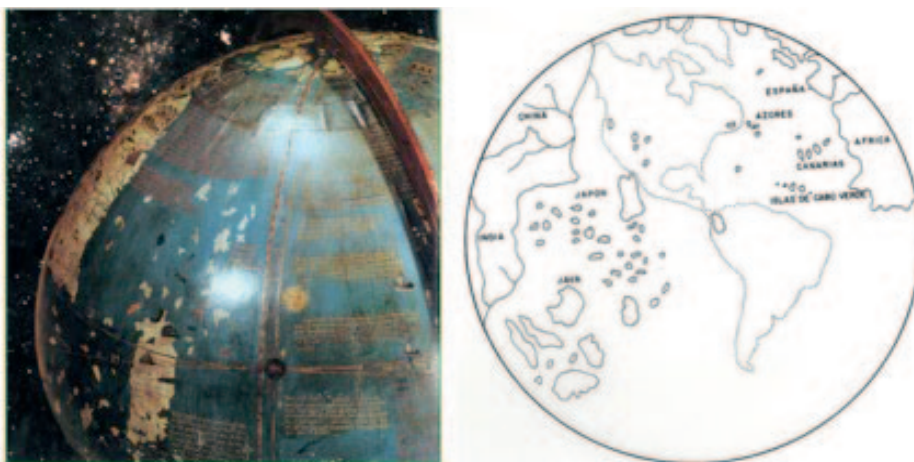
(6) En términos matemáticos se diría que la declinación del Sol, su altura y la latitud son combinación lineal.



Astrolabio de 1496 hallado en el pecio de la nave Esmeralda, que navegó en el segundo viaje de Vasco de Gama a la India (1502-1503). Se presentan el anverso y el reverso, superponiendo en este la graduación del limbo. Obsérvese el grabado de la esfera armilar en su borde inferior, emblema del rey Manuel I. Se conserva en el Museo Nacional de Omán

Casi concluye el siglo XV con la gesta inconmensurable de Cristóbal Colón, quien al descubrir un nuevo mundo cambió la historia de la humanidad, conectándolo al Occidente cristiano, con todo lo que ello significó y significa⁷. Es sabido que el error cometido, al identificar el territorio en que

(7) Octavio Paz escribió en *Vislumbres de la India* (1995) lo siguiente: «No todo fue horror, sobre las ruinas del mundo precolombino los españoles y los portugueses levantaron una construcción histórica grandiosa que, en sus grandes trazos, todavía está en pie. Unieron a muchos pueblos que hablaban lenguas diferentes, adoraban dioses distintos, guerreaban entre ellos o se desconocían. Los unieron a través de leyes e instituciones jurídicas y políticas, pero, sobre todo, por la lengua, la cultura y la religión. Si las pérdidas fueron enormes, las ganancias han sido inmensas. Para juzgar con equidad la obra de los españoles en México hay que subrayar que sin ellos –quiero decir: sin la religión católica y la cultura que implantaron en nuestro país– no seríamos lo que somos. Seríamos, probablemente, un conjunto de pueblos divididos por creencias, lenguas y culturas distintas».



Detalle del globo de Martin Behaim y uno de sus hemisferios, en el que se ha superpuesto la imagen del continente americano para evidenciar la natural equivocación de Cristóbal Colón

acababa de desembarcar, estuvo plenamente justificado; puesto que el modelo esférico de la Tierra en que se apoyó tenía un radio sensiblemente menor del debido⁸. Por otro lado, es evidente que, sin habérselo propuesto, demostró de modo palmario que el problema de las longitudes geográficas distaba de estar resuelto. De nuevo hacemos nuestro el juicio emitido al respecto por J. Rey Pastor en la publicación ya citada:

«La genial equivocación geográfica de Colón, que hizo posible la epopeya del 1492, y sin la cual se habría retrasado el descubrimiento quién sabe cuánto tiempo, y la terquedad con que persistió en su error hasta el fin de sus días, han dado pie a la creencia de que los descubridores y colonizadores obraron inconscientes de la trascendencia eterna de su empresa; creencia falsa en absoluto, pues los más cultos entre ellos se daban buena cuenta de que estaban actuando en un elevado plano histórico».

La política exterior de España no supo estar a la altura de las circunstancias y actuó en este sentido a remolque de la corona portuguesa, probablemente por su falta de experiencia. El caso es que hasta el año 1503, esto es once años después de tan importante acontecimiento, no se creó la Casa de Contratación de Indias, debiendo pasar veintiún años más para que se fundara el Consejo Supremo y Real de las Indias. Uno de los oficiales de la Casa más afamados en su tiempo fue el cosmógrafo florentino Américo Vesputio, nacionalizado

(8) En lugar de 6.371 km supuso que sería del orden de los 3.820 km. De modo que el perímetro de la Tierra resultaba ser, según Colón, de unos 24.000km, en lugar de 40.000.



Américo Vespucio observando la Cruz del Sur con un astrolabio esférico. El autor fue el pintor belga, afincado en Florencia, Giovanni Stradano (1600)

español en 1505, el cual participó en los preparativos del primer viaje colombiano. Él también hizo, al parecer, algunos viajes –como el del año 1501–, de los que dejó constancia en sus escritos más conocidos: *Mundus Novus*, impreso en París (1501), y su carta a Soderini. De su contenido es subrayable el hecho de que hubiese identificado como continente los territorios del Nuevo Mundo. Siendo esa la circunstancia que aprovechó el cartógrafo Martin Waldseemüller para bautizar con su nombre los territorios en cuestión, el topónimo «América» figuró por primera vez en su mapamundi del año 1507. Pero lo más relevante que ofrecen las cartas, en este contexto, fue la relación de sus observaciones astronómicas. He aquí una de ellas: «Tanto navegamos por la zona tórrida hacia la parte del austro, que nos encontramos bajo la línea equinoccial, y teniendo un polo y el otro a final de nuestro horizonte, y la pasamos por seis grados perdiendo totalmente la estrella tramontana». Es muy llamativa su referencia a la Cruz del Sur⁹, realizada en los siguientes términos: «Y a la

(9) La escena fue immortalizada a finales del siglo XVI por el pintor Jan van der Straet (1600), que representó a Vespucio midiendo la posición de la Cruz del Sur. Figurando igualmente Dante Alighieri, junto a unos versos astronómicos.

derecha vuelto, alcé la mente al otro Polo, y vide cuatro estrellas que solo vio la primitiva gente. ¡Qué alegre el cielo de sus chispas bellas! ¡Oh viudo Septentrión que estás privado eternamente de la vista de ellas!».

De mayor calado es su afirmación de que había ideado un método para hallar la longitud, concretando incluso el valor de la obtenida con relación al meridiano de Cádiz (82 30'), siendo probable que le enviara al rey Manuel I una copia del procedimiento que había ideado. Es igualmente destacable la reflexión geodésica de Américo Vespucio, citando tanto a Tolomeo¹⁰ como a al-Farghani, con la que concluye la reseña que se ofrece a continuación:

«En cuanto a la longitud digo, que para conocerla encontré tanta dificultad que tuve grandísimo trabajo en hallar con seguridad el camino, que había recorrido siguiendo la línea de la longitud, y tanto trabajé que al fin no encontré mejor cosa que observar y ver de noche la posición de un planeta con otro, y el movimiento de la Luna con los otros planetas porque el planeta de la Luna es más rápido en su curso que ningún otro, y lo comprobaba con el Almanaque de Giovanni da Monteregio¹¹, que fue compuesto según el meridiano de la ciudad de Ferrara, concordándolo con los cálculos de la Tablas del Rey Don Alfonso: y después de muchas noches que estuve en observación, una noche entre otras, estando a veintitrés de agosto de 1499, en que hubo conjunción de la Luna con Marte, la cual según el Almanaque debía producirse a media noche o media hora antes: hallé que al salir la Luna en nuestro horizonte, que fue una hora y media después de puesto el Sol, el planeta había pasado a la parte de oriente, digo, que la Luna se hallaba más oriental que Marte cerca de un grado y algún minuto más, y a la media noche se hallaba más al oriente 15 grados y medio, poco más o menos, de modo que hecha la proporción, si 24 horas me valen 360 grados, ¿qué me valdrán 5 horas y media?, encuentro que me valen 82 grados y medio, y tan distante me hallaba en longitud del meridiano de la ciudad de Cádiz, que asignando a cada grado 16 leguas, me encontraba 1,366 leguas y dos tercios más al occidente que la ciudad de Cádiz, que son 15,466 millas y dos tercios. La razón por la cual asigno a cada grado 16 leguas y dos tercios es porque según Tolomeo y Alfragano, la tierra tiene una circunferencia de 24.000 [millas] que valen 6.000 leguas, que, repartiéndolas en 360 grados, corresponden a cada grado 16 leguas y dos tercios, y esta proporción la comprobé muchas veces con el punto de los pilotos, encontrándola verdadera y buena»¹².

(10) Tolomeo hizo suya la medida de la Tierra atribuida a Posidonio, el cual asignó al perímetro terrestre un valor de 180.000 estadios. Es prácticamente imposible hallar la equivalencia métrica de esa medida, pues se ignora el tipo de estadio que empleó; en el supuesto de que hiciese realmente esa observación geodésica.

(11) Se estaba refiriendo a Regiomontanus (Johann Müller).

(12) Sin embargo, el historiador Felipe Fernández-Armesto ha señalado que el valor dado por Vespucio (82 30' desde el meridiano de Cádiz) es una mera copia del obtenido por Cristóbal Colón en 1494 al observar un eclipse lunar desde la isla Española, lo que le hace pensar que Vespucio no realizó ninguna medición de la longitud, sino que se limitó a plagiar al Almirante, afirmación que se compeadece poco con el texto que aquí se reproduce.



Américo Vespucio, con un astrolabio náutico, se dirige a una mujer desnuda con gorro de plumas que representa a América. (Grabado de Giovanni Stradano [1638])

Américo Vespucio fue nombrado piloto mayor en el 22 de marzo de 1508, recayendo en tal puesto las obligaciones de enseñar el manejo de instrumentos tales como astrolabio, cuadrante y todos los que resultasen útiles para la navegación. Los pilotos de su alteza, allí formados, tenían la obligación de dar cuenta de sus travesías a dicho piloto mayor, ya que este debería avalar los documentos y padrones confeccionados en el transcurso de las diferentes expediciones:

«Mandamos a nuestros oficiales de la Casa de Contratación de Sevilla, que hagan juntar a todos nuestros pilotos, los más hábiles que se hallaren en la tierra a la sazón, é en presencia de vos el dicho Amerigo Despuchi (sic), nuestro piloto mayor, se ordene é haga un padrón de todas las tierras é islas de las Indias que hasta hoy se han descubierto pertenecientes a los nuestros reinos é señoríos, é sobre las razones e consulta dellos, é al acuerdo de vos el dicho nuestro piloto mayor, se haga un padrón general, el cual se llame el padrón Real, por el cual todos los pilotos se hayan de regir é gobernar».

Otro funcionario clave para la Casa de Contratación, y la ciencia española fue el sevillano Alonso de Santa Cruz. Cosmógrafo de la Casa desde 1535, fue un consumado especialista en la materia, tanto a nivel teórico como práctico; su título así lo aventuraba: cosmógrafo de hacer cartas e instrumentos para la



Fragmento del mapamundi de Martin Waldseemüller, con el topónimo «AMERICA», junto a un grabado de Américo Vesputio

navegación. El profesor Mariano Cuesta Domingo¹³, profundo conocedor de la vida y obra de nuestro protagonista, dijo de él que se trataba de un personaje «que fue geógrafo, cronista, cartógrafo y hasta *archicósmografo*, un sabio de la Casa de Contratación (...) vivió sesenta y dos años (...) llenos de trabajo y cargados de actividades, también de aventuras, de un hombre lúcido, emprendedor y afortunado por más que no viera publicadas sus obras».

Alonso de Santa Cruz intentó en reiteradas ocasiones que le autorizasen a publicar sus trabajos, como prueba el texto que se acompaña y que dirigió al mismo monarca Felipe II:

«Y no dexaré asimesmo de suplicar a Vra. Mg. sea servido de me mandar dar preuilegio y licencia para poder imprimir algunos libros que tengo hechos y cartas generales y particulares de toda la geographía del mundo y que ningún otro lo pueda hazer sin mi voluntad y licencia, pues no es justo que aviendo pasado tantos y tan continuos trabaxos en lo hazer y con tantos gastos de hazienda aya de llevar otro el premio dello, y otro preuilegio como este mandó dar la Mag. del emperador don Carlos a Pedro Apiano alemán por ciertos libros que le dedicó y servicios que le hizo, y no menos lo mereceré yo, pues los que tengo hechos van todos dedicados a Vra. Mg., cuya muy católica y real persona prospere y guarde Nuestro Señor con acrecentamiento de muchos más Reynos y Señoríos, como sus criados deseamos desta corte de vra. Mg. a 5 días de mayo de 1558 años».

(13) *Alonso de Santa Cruz*. Estudio crítico, Fundación Ignacio Larramendi, 2016.



Carlos V y Felipe II, sosteniendo el Orbe. (Antonio Arias Fernández, Museo del Prado)

La respuesta implícita del rey no dejaba lugar a dudas acerca de su intención, con la excusa de que las informaciones que pudiese proporcionar el peticionario pudiesen, a la larga, perjudicar los intereses de su reino. Efectivamente, en su carta del 26 de noviembre 1563, dirigida al presidente y demás miembros del Consejo de Indias, lo hace en los términos siguientes:

«Y quanto a lo de los libros que el dicho Alonso de Santa Cruz ha ofrecido que imprimirá tocantes a la declaración de las Indias que dezís serán de provecho para tener noticia más en particular de aquellas partes, aunque esto sea así, havéis de mirar que por esta misma razón podría traer mucho inconveniente en que los dichos libros se imprimiesen por la noticia y claridad que por ellos hallarían extranjeros y otras personas que no fuesen súbditos ni vasallos nuestros de las dichas Indias que es punto de consideración, y por esto os encargo lo miréis y tratéis y me aviséis de vuestro parecer»¹⁴.

(14) Tanto el texto de Alonso de Santa Cruz como la respuesta del rey Felipe II han sido extraídos del dossier «Alonso de Santa Cruz, el cosmógrafo real expoliado», Cuadernos Hispanoamericanos (6 feb. 2020). También se comenta en él que sus trabajos debieron de ser aprovechados por su sucesor, Juan López de Velasco, para redactar sus conocidas Relaciones topográficas, y que Andrés García de Céspedes se apropió de dos de ellos, suplantando burdamente al autor de los mismos.

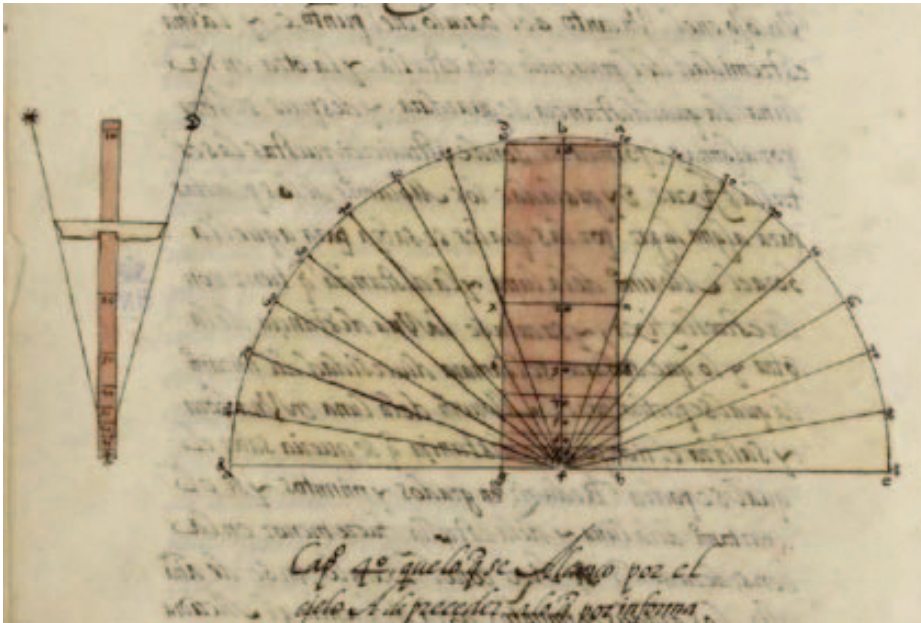


Portada del *Libro de las longitudes*, de Alonso de Santa Cruz. (Biblioteca Nacional de España)

Aunque no tenga una aparente relación directa con la evidente recomendación del rey, sí me ha parecido interesante reproducir en su integridad dos párrafos incluidos en el dossier sobre la expoliación:

«Es muy curiosa la reflexión que hace el autor sobre el desinterés existente en su siglo por el cultivo de los saberes, y acusa a sus contemporáneos de no querer salir de su ignorancia –viviendo de espaldas tanto a los conocimientos antiguos como a los nuevos que nacen– y no desear más que las riquezas y el poder:

“... pero el día de oy todo lo vemos al contrario, porque no se piensa ser otra cosa más suave que el tener y valer y ser honrado de todos, y el saber y virtud no sólo lo menosprecian, más aún tienen en poco a los que a ella se dan. Por manera que ha venido el siglo a tan estrema miseria que no sólo no queramos deprender las Artes que cada el día de nuevo se descubren, más antes y es lo peor (como dize Plinio en el segundo libro) que las que otros tiempos fueron halladas con mucho trabajo y curiosidad de los hombres, y para provecho dellos, por necesidad y



Medida de la distancia angular entre la Luna y una estrella mediante la ballestilla –o vara de Jacob–. (*Libro de las longitudes*, Alonso de Santa Cruz)

simpleza las menospreciemos y tengamos puestas en olvido, y esta es la causa como tan pocos sean doctos en esta nuestra edad, y como estén tan echados los estudios de las buenas Artes, que ya de sepultadas no puedan resucitar”».

Santa Cruz fue desde luego un autor prolífico, aunque solo se reseñen aquí dos de sus obras: el *Libro de las longitudes* y su celebrado *Islario general*. A él le cupo el honor de haber escrito el primer tratado en que se abordó de manera sistemática el secular problema de las longitudes, incluyendo un resumen histórico de su evolución desde tiempos pretéritos. El título completo de la obra fue *Libro de las longitudes y manera que hasta agora se ha tenido en el arte de navegar, con sus demostraciones y ejemplos*, escrita probablemente en la segunda mitad del siglo XVI. La introducción es en realidad una carta de presentación al rey Felipe II, en la que explica el contenido y su estructuración. Aunque con ninguna de sus propuestas se pudiera determinar de manera fiable la diferencia de longitudes, sí hay que atribuirle el mérito de haber asociado indefectiblemente a la cuestión el conocimiento de la hora. El libro fue, como se dice en la carta, el resultado de las deliberaciones de la junta técnica que examinó algunos instrumentos metálicos fabricados por Peter Apiano.

Doce fueron las maneras de hallar la longitud según el cosmógrafo, remontándose inclusive al Génesis, aunque se detuviese de manera expresa en los cálculos de Tolomeo y Marino de Tiro. Resulta curioso que, apoyándose en ellos y en algunas reflexiones cartográficas propias, llegase a la conclusión errónea de que las islas Molucas pertenecían a España y no a Portugal. Otro de los procedimientos que defendió fue el clásico de las observaciones de los eclipses solares o lunares, «a condición de que quien efectuara los cálculos fuera persona docta, con buenos instrumentos y llevando tablas precisas con los cálculos y predicciones de eclipses en el lugar de origen»¹⁵. El procedimiento magnético no pudo faltar en su detallada exposición, anunciando además la construcción de un instrumento específico destinado a ese fin, que llegó a presentar al Emperador. El complemento indispensable fue una carta náutica con la imagen de las isógonas, siendo este uno de los primeros mapas magnéticos, sino el primero, de que se tienen noticias. Fueron muchos más los métodos citados, aunque solo merezca ser reseñado el del transporte horario, con la consabida dificultad de conservar la hora durante el trayecto. Igualmente debe ser subrayado el de las distancias lunares, llegando a ilustrar el libro con el dibujo de una ballestilla, instrumento con el que se podía medir la distancia angular entre la Luna y una estrella dada, como bien se muestra en el mismo.

El *Islario general de todas las islas del mundo*¹⁶ es incuestionablemente la obra más completa y mejor de Alonso de Santa Cruz¹⁷, el cual, como cosmógrafo mayor, se la dedicó al rey Felipe II. Este trabajo monumental no fue solamente un atlas portulano, con información geográfica puntual en el interior de sus más de cien mapas, sino que proporcionó datos valiosos de tipo descriptivo íntimamente asociados a una abundante y cuidada toponimia. Mención especial merece el tratado de la esfera con que encabeza la obra, relacionando como es debido la geometría de la esfera celeste y la terrestre, analizando con detenimiento la duración de los días y las noches, dependiendo de la latitud y de la época del año, ilustrándolos convenientemente con las figuras oportunas.

(15) CUESTA DOMINGO, ob. cit.

(16) Edición, transcripción y estudio de Mariano Cuesta Domingo, Madrid, 2003.

(17) Sin embargo, la zafiedad del impostor Andrés García de Céspedes pretendió hacer creer que la obra era suya, llegando hasta el extremo de querer dedicarla al rey Felipe III. El empleo de la palabra «zafiedad» no es en absoluto gratuito, ya que los nombres originales (Alonso de Santa Cruz y Felipe II) fueron burdamente raspados y, en algún caso, simplemente se tachó «segundo» y se escribió «tercero» encima. Las sustituciones se hicieron sin procurar que coincidiera el tipo de letra empleado. Baste decir que en la portada la escritura original era vertical y la que la suplantó oblicua.



Rosas de los vientos en el *Islario* de Alonso de Santa Cruz

Como el trabajo pretendía ser útil a la navegación, se incluyó en esa especie de introducción astronómica un capítulo sobre los vientos, incluyendo el dibujo de dos rosas, con los cuatro principales y todos los secundarios, referidas al Mediterráneo y a las Indias orientales y occidentales. Termina esta parte de la obra relacionando todos los autores en que se apoyó para su redacción, debiendo reseñar que Américo Vespucio figura entre ellos, junto a otros tan destacados como Sacrobosco y Oroncio Fineo.

La presentación de cada mapa se efectúa detallando su contenido¹⁸; la que se reproduce seguidamente puede servir de ejemplo:

«TABLA CUARTA: Esta tabla contiene todas las islas que están en el Mar Mediterráneo y las que están en el Mar septentrional con la península de Scandia e Inglaterra, Irlanda, Islandia y otras junto a estas y las islas de Azores y Canarias, y Cabo Verde y otras junto a las Costas de estos mares».

(18) Se incluyeron no solo las islas, sino también las penínsulas de todo el mundo conocido y los territorios descubiertos hasta mediados del siglo XVI.



Extremo oriental del Mediterráneo, con las islas griegas y el Mar Negro. En el extremo inferior derecho se aprecia la imagen del Preste Juan

La información complementaria que se ofrece en este *Islario* se aferra generalmente a la tradición impuesta por los supuestos mapas de Tolomeo, como cuando representó las míticas montañas de la Luna (en las que supuestamente nacía el río Nilo), aunque dé también cuenta de otras leyendas más modernas, como la del Preste Juan, cuya imagen situó junto a dicho río. Aparte de las islas, se incorporaron a la obra planos tan singulares como el de la célebre ciudad mejicana de Tenochtitlán o la de la no menos conocida de Venecia¹⁹, apoyándose con toda probabilidad en representaciones

(19) Bajo el epígrafe de «VENECIA» figura un texto de seis páginas que se ilumina con la detallada imagen aquí reproducida.



Plano en perspectiva de la ciudad de Venecia en el Islario de Alonso de Santa Cruz

previas²⁰. El *Islario* de Alonso de Santa Cruz se consideró perdido hasta que, en 1909, Antonio Paz y Meliá lo encontró en la Biblioteca Nacional, no sin dificultad, puesto que estaba catalogado como de Andrés García de Céspedes. La Real Sociedad Geográfica lo editó por primera vez en el año 1918, gracias al trabajo ímprobo de Ángel Blázquez Jiménez. Recientemente (2003) se ha hecho una edición facsímil de aquella, por iniciativa de Mariano Cuesta Domingo, bibliotecario de esa sociedad, contando con la colaboración indispensable de la entidad financiera Ibercaja.

(20) Luisa Martín-Merás Verdejo vio similitudes entre este islario y el que hizo años antes el cartógrafo italiano Benedetto Bornone: *Liber nel qual si ragiona di tutte l'isole del mondo* (Venecia, 1528). Nada más cierto que sus apreciaciones, a las que añado la coincidencia entre los planos de las ciudades de Tenochtitlán y de Venecia con los que se presentaron en la obra del italiano.

Tanto el *Islario* de Santa Cruz como los que se hicieron antes y después del suyo contribuyeron a mejorar el conocimiento del litoral marítimo del mundo y, consiguientemente, al perfeccionamiento de la navegación costera –las imágenes cartográficas incorporaban cada vez más detalles que hacían posible medir mejor las distancias entre puertos próximos–. En cambio, la navegación de altura permanecía bien avanzado el siglo XVI en cierto *stand by*, sin que los tratados y manuales que fueron apareciendo lograsen, en el cálculo y trazado de la derrota, un avance análogo al que fueron adquiriendo sobre el régimen de los vientos. Los primeros antecedentes fueron los conocidos Ruteiros portugueses, con limitaciones tan patentes como las que implícitamente señalaba Duarte Pacheco Pereira en su obra *Esmeraldo de Situ Orbis* (1505-1508):

«... lo que pertenece a la cosmografía y la marinería espero explicar... como se ubica un promontorio o lugar con respecto a otro... y la costa pueda ser navegada con mayor seguridad... y también mediciones de los polos desde los cuales se puede saber cuantos grados están separados los lugares y la latitud relativa del ecuador».

Es verosímil que Rui de Falero, cosmógrafo significado en la mitad de la segunda década del siglo XVI, escribiera un manual de navegación o al menos una especie de vademécum de astronomía náutica, ya que pensaba acompañar a su amigo Magallanes en su pretendida expedición al archipiélago de las Molucas. yendo siempre hacia el oeste y en busca del pasoque, existente –suponía– al sur del continente americano, habrían de atravesar mucho antes de llegar a su destino. Pero su propuesta ni siquiera pudieron llegar a presentársela al rey Manuel I, por lo que es entendible su frustración, su petición de la nacionalidad española (que les fue concedida a los dos) y su ofrecimiento al rey Carlos I, que acababa de hacerse cargo de su reino, para que hiciese suya tan ambiciosa empresa. Por variadas razones, Rui de Falero no pudo acompañar a Magallanes, siendo sustituido por Juan de Cartagena, inexperto pero sobrino (o hijo) del influyente obispo Juan Rodríguez de Fonseca. El desenlace es sabido: motín promovido por Cartagena, ampliamente seguido (Elcano entre ellos), que fue abandonado a su suerte en la bahía de San Julián. Descubrimiento, poco después, de lo que sería llamado con el tiempo «estrecho de Magallanes», así como de las islas Filipinas, donde pereció, luchando contra los nativos, el comandante de la flota.

La nave capitana, (*Trinidad*), y la *Victoria* llegaron por fin a las Molucas, pero solo la segunda pudo regresar a España, comandada por Juan Sebastián Elcano, consumándose así formalmente la primera circunnavegación de la Tierra. Pero, volviendo al posible tratado de Rui Falero, no es extraño que Magallanes zarpara con información precisa que aquel le hubiese proporcionado con anterioridad, y que este a su vez se la trasladase, de una u otra forma, al cosmógrafo sustituto, Andrés de San Martín, también vilmente asesinado en Filipinas. En cualquier caso, quizá sea esta de las pocas expedi-

ciones de la época en lque consten observaciones, prácticamente diarias, al Sol para obtener la latitud. Incluso parece haber certeza de ciertos intentos de San Martín por obtener el valor de la longitud; siguiendo para ello alguno de los procemientos señalados por Falero, aunque el resultado distara del correcto. Es posible que el diario de las observaciones de San Martín o alguna otra documentación técnica que usara o preparara se custodie sin ser conscientes de ello en algún archivo del país vecino. Lo que sí parece sorprendente es que Antonio de Pigaffeta, cronista oficial de la epopeya, redactara un manual de navegación siendo tan profano en la materia; de ahí nuestra sospecha de que el original lo escribiese el cosmógrafo portugués y que él pudiese haberse hecho con el mismo tras el fatal desenlace que acabó con la muerte de su capitán.

El primer avance cualitativo se produjo gracias a las enseñanzas impartidas por el matemático Pedro Nunes²¹, el mejor cosmógrafo de la época. A él se debió el primer estudio riguroso de las líneas de rumbo en su *Tratado de la navegación* (1546), demostrando que no se trataban de arcos de círculo máximo, tal como se venía sosteniendo hasta entonces. Tales líneas, llamadas «loxodrómicas» por Willebrord Snell van Royen (Snellius) en el año 1624, eran realmente curvas de la familia de las espirales y, de seguir su curso, acabarían envolviendo a cualquiera de los polos del globo terráqueo.

No obstante, Nunes ya había hecho un reconocimiento expreso de los navegantes portugueses en su *Tratado de la Esfera* (1537):

«Nam se fezeram indo a acertar: mas partiam os nossos mareantes muy ensinados e prouidos de estromentos e regras de astrologia e geometria que sam as



Apuntes cosmográficos en la primera circunnavegación de la Tierra, publicación del IGN & CNIG que pretende homenajear a los protagonistas de tan singular acontecimiento ahora que se está celebrando el quingentésimo aniversario de la efeméride

(21) Aunque quede fuera de este contexto, no puede dejar de citarse que el aditamento mecánico que permitía mejorar la lectura en los limbos de muchos instrumentos topográficos, geodésicos y astronómicos fue diseñado por este sabio portugués y bautizado en su honor con el nombre de *nonius*.



Una de las ediciones del *Tratado de navegación* de Pedro Nunes (1573), junto a un modelo de su nonius

cousas que os cosmographos ham dadar apercebidas (...) e leuaua cartas muy antiguas rumadas e na ja as de que os antigos vsuam»²².

Uno de los más estrechos colaboradores de Nunes fue el navegante João de Castro, luego virrey de la India, autor de unas observaciones magnéticas muy singulares en el océano Índico (1538), movido por las sugerencias y enseñanzas de aquel, así como empleando los instrumentos que diseñó a tales efectos. Se presenta a continuación un resumen de la tesis «O magnetismo terrestre no roteiro de Lisboa a Goa: As experiências de D. João de Castro», defendida con éxito por Artur José Ruando Rangel (2008):

«D. João de Castro llevó a cabo una serie de experimentos que lograron detectar fenómenos, en particular relacionados con el magnetismo y la aguja magnética a

(22) «No se hicieron por casualidad, pero nuestra gente de mar partió bien enseñada y provista de instrumentos y reglas de astrología [astronomía] y geometría que eran asuntos que los cosmógrafos proporcionarían (...) y tomaron cartas con exactitud rutas y ya no las utilizadas por los antiguos».



Pedro Nunes (izqda.) y João do Castro. El primero diseñó para el segundo un instrumento con el que se podía medir la altura del Sol –por la sombra arrojada– y la declinación magnética. Ese fue el utilizado por João do Castro en sus observaciones magnéticas

bordo. Cabe suponer que tal conocimiento para Pedro Nunes, por supuesto, la inspiración directa de todas las observaciones que ha realizado en sus viajes. Cuando el 5 de agosto de 1538, D. João de Castro decidió determinar la latitud de Mozambique, encontró la causa que dictaba la asombrosa inquietud de las agujas; notó la desviación de la aguja, descubriéndola 128 años antes que Dennis Guillaume (1666) de Nieppe, que se registra en *History of Sailing* como si fuera el primero en conocer este fenómeno. Su punto cerca de Baçaim, el 22 de diciembre de 1538, un fenómeno magnético, por el cual hubo variaciones de la aguja debido a la proximidad de ciertas rocas, confirmado cuatro siglos después, fue llamado atracción local. D. João de Castro refutó la teoría de que la variación de la declinación



El *Arte de Navegar* (1545) y una versión francesa (1554)

magnética no está formada por meridianos geográficos. Sus comentarios son el registro más importante de valores de declinación magnética en los océanos Atlántico e Índico, en el siglo XVI, y son útiles para el estudio del magnetismo terrestre. Fue una de las personalidades de la ciencia experimental europea de este siglo, que vincula la importancia de este estudio con la navegación» .

Aunque la Casa de Contratación fuese creada mucho después que la Junta dos Matemáticos, surgió con un empeño tan decidido que no tardó en eclipsar a su homóloga portuguesa. Baste como certificación la enumeración de los títulos ofertados: pilotos mayores, pilotos mayores arqueadores y medidores de naos, pilotos mayores catedráticos de artillería, fortificaciones y escuadrones, catedráticos de arte de navegación y cosmografía, cosmógrafos constructores de instrumentos y cartas de marear; aparte de otros puestos que fueron surgiendo a medida que lo requería el mejor funcionamiento de la Casa. En lo que se refiere a la náutica propiamente dicha, se publicaron numerosas obras en las que se recogían los principios básicos de esa disciplina. No obstante, la docencia en esa institución no debió de ser tarea fácil, a tenor de que manifestó en su momento el cosmógrafo Martín Cortés de Albacar: «Pocos o ninguno de los pilotos saben apenas leer y con dificultad quieren aprender y ser enseñados». Contemporáneo de este fue Pedro de Medina, siendo estos dos autores los seleccio-

nados para hacer una breve reseña de sus publicaciones náuticas. Comenzaremos precisamente con las de este último, remitiendo al lector interesado en el personaje al libro *La obra cosmográfica y náutica de Pedro de Medina* (1998), una obra de referencia cuyo autor es Mariano Cuesta Domingo. En dicho libro nos apoyaremos para comentar sus dos obras más señaladas acerca de la navegación: *Arte de navegar* (1545) y *Regimiento de navegación* (1552).

El *Arte de navegar*, en que se contienen todas las reglas, declaraciones, secretos y avisos que a la buena navegación son necesarios y se deben saber, fue dedicado al príncipe Felipe y constó de ocho libros, todos ellos vistos y aprobados «en la insigne Casa de la Contratación de las Indias por el Piloto Mayor y Cosmógrafos de su Majestad». El primero de sus libros fue una especie de introducción al modelo aristotélico del cosmos; el segundo lo dedicó a la navegación en sí, y el tercero, a los vientos. Llama poderosamente la atención que en un libro dedicado a los vientos incluya una cuestión tan compleja como el problema de las longitudes, aunque no las mencione como tales. La explicación radica en que se trataba de un asunto intrínsecamente asociado a la medida del tiempo, que era irresoluble por aquellas fechas, surgiendo entonces métodos supuestamente ingeniosos, como los magnéticos, pero que partían de premisas tan absurdas como los resultados a los que se creía llegar. Medina lo trató bajo los epígrafes siguientes: «IX) Cómo sabrá el piloto, navegando por cualquier rumbo el meridiano donde está», «X) En qué se declara más esta regla suso escrita», «XI) Cómo el piloto debe elegir el rumbo que conviene según la derrota», «XII) Cómo se ha de echar punto en la carta para saber el lugar en que la nao está». La imposibilidad de resolver la cuestión de esa manera estriba en el empleo de una representación gráfica nada fiable desde el punto de vista geométrico, de forma tal que, al carecer de una expresión analítica concreta, no podría saberse su escala, ni tampoco sería posible medir con el mínimo rigor tanto ángulos como distancias²³. El cuarto capítulo se centró en la observación del Sol (analizando sus movimientos y cómo se podía saber la posición del observador a través de su altura sobre el horizonte). En el quinto libro se trató de la altura de los polos como medio para calcular la latitud del lugar, señalando la utilidad de las guardas y la posibilidad de hallar la hora nocturna²⁴ superponiendo una cruz a la Estrella del Norte: «... de la cruz, la parte de encima llamamos cabeza y la de abajo pie, y las otras dos, brazo derecho y brazo izquierdo».

El libro VI lo dedicó a las agujas de marear, mostrando que no estaba al tanto de la materia que pretendía explicar. Basta con leer el contenido de su

(23) En términos matemáticos se trataría de transformar el par de coordenadas polares planas (módulo y argumento) en el par de coordenadas curvilíneas correspondientes (latitud y longitud).

(24) La analogía con el llamado Hombre del Norte y con el reloj nocturno que idearon los egipcios, al observar la Estrella del Norte con su *merkhet*, es del todo evidente.



que no se puede conocer precisamente en la aguja por la manera que dicha es, si hace el dicho apartamiento del polo ni cuanto es ni yo por esta vía he tal podido alcanzar».

Los dos últimos libros los dedicó al estudio de la Luna (VII), comentando «cómo los crecientes y menguantes sirven en la navegación», y a la variación de la duración de los días a lo largo del año (VIII). *El Regimiento de navegación* también fue dedicado al futuro rey Felipe II, indicándose en su portada que «contiene las reglas, cosas que los pilotos han de saber para bien navegar, los remedios y avisos que han de tener para los peligros que navegando les pueden suceder». Es destacable el carácter un tanto poético del prólogo de Medina, ensalzando la utilidad de la astronomía para la navegación y subrayando la importancia del instrumental empleado:

«Primor y sutileza que la navegación de la mar tiene...que conviene regirse en ella por los cuerpos celestiales, esto es, por el Sol, Luna y estrellas (...) También que primor y sutileza tan singular es que un hombre con un astrolabio tome la altura del Sol...y sabe lo que el Sol ha subido desde que salió hasta el mediodía. Luego exagera al afirmar: (...) y por esta subida y cuenta que con ella se hace sabe el lugar en que está y cuanto ha navegado por el camino que ha llevado y si ha subido o descendido o si va derecho al lugar donde quiere ir».

capítulo III, en el que declaraba su opinión acerca de la oscilación de la aguja en torno al norte magnético, pues de él se infiere que no solo dudaba de la existencia de la línea ágena, sino que tampoco creía en la de la propia declinación magnética:

«Opinión se tiene entre los que navegan que las agujas de marear nordestean y noroestean, y dicen que en el meridiano de las islas Azores que allí el aguja muestra el polo en su lugar y que de allí pasando al oeste noroeste, esto es, que no enseña el polo en el lugar donde primero sino que se aparta al Noroeste (...) Por manera que dicen que en solo aquel meridiano el aguja enseña el polo y no en otro lugar ninguno sino a una parte o a otra (...) sobre esto yo he procurado buscar alguna autoridad o razón o alguna cosa en que esto tenga fundamento y digo que de esta variación que del aguja se dice no hallo cosa escrita ni razón ni experiencia que cierta sea (...) De donde concluyo

La mención de la vara de Jacob y de las medidas que podrían hacerse con ella también merecen ser reproducidas. Medina comentaba, a propósito de las observaciones astronómicas nocturnas y de la imposibilidad de hallar la altura del Sol: «... proveyó Dios por que esto no hiciera falta en la navegación, de un primor muy grande y es que dio entendimiento a los hombres para que con una vara pequeña y una tabla como una mano se haga un instrumento que se llama ballestilla, con la cual se toma la altura del Norte y con esta se sabe de noche lo mismo que de día se sabe con la altura del Sol».

Esta obra de Medina se dividió en siete libros, dedicándose el primero al tema de los vientos y al de echar el punto, separándose poco de lo que ya se había apuntado en su *Arte de nave-*

gar. El segundo trató de la altura del Sol; el tercero, de la altura del Norte²⁵; el cuarto, de las agujas de marear; el quinto, de la Luna y las mareas; el sexto, del reloj nocturno o del norte, dedicándose el séptimo a los avisos y advertencias que han de saber los pilotos. A título de curiosidad, señalamos cómo en el cuarto libro insistía en que en la navegación había tres cosas cuyos efectos se ven sin que se sepan sus causas. La primera se refiere al origen desconocido de los vientos; la segunda, a las corrientes marinas, y la tercera, a la virtud que los aceros de la aguja tienen de que la piedra imán les influya: «¿De dónde le viene la virtud a esta piedra? (...) Plinio en la *Natural Historia* dice que la piedra imán atrae el hierro y que por una parte lo atrae y por otra lo aparta (...) pero no dice esta virtud de mostrar el polo dónde le viene; solo Avicena (en el *De viribus Cordis*) dice que esta virtud le proviene de suprema y plenísima influencia».



(25) En el capítulo VI de este libro (De cuando el piloto toma la altura del Sol y la del Norte en un lugar y las halla diferentes, que es lo que ha de hacer) se evidencia la aventura en que se convertía en tal supuesto la navegación de altura. Así se pronunciaba Medina: «Miradas por el piloto todas las cosas susodichas [si se habían efectuado bien las medidas], torne a hacer su cuenta la más cierta que pudiera hasta venir en conocimiento de que se ha causado es yerro que en su cuenta ha hallado, y conocido, iguale su cuenta y haga su camino como debe». Téngase además en cuenta que aquellas cartas de marear valían de poco en alta mar.



La rosa de los vientos en el *Regimiento de navegación* de Pedro de Medina

En torno al año 1530 llegó a Andalucía occidental Martín Cortés, un joven aragonés de familia noble, llamado con toda probabilidad por el eco ya lejano de la expedición magallánica y de la consecuente circunnavegación de la Tierra, cuyos supervivientes habían llegado a Sanlúcar de Barrameda ocho años atrás. De inmediato comenzarían sus estudios de náutica y de cosmografía, con tal aprovechamiento que llegaría a enseñar esas materias y a convertirse en un cosmógrafo de vanguardia. Fue en esa época cuando debió de escribir su obra maestra: *Breve compendio de la sphaera y del arte de navegar, con nuevos instrumentos y reglas exemplificadas con muy subtiles demostra-*



ciones, publicada²⁶ en Sevilla (1551). No es exagerado añadir que con ella logró situar a España como referente esencial en dichas disciplinas.

Así se viene a reconocer implícitamente en la excelente reseña sobre este particular de la Real Academia de la Historia:

«La obra constituye un auténtico tratado sistemático del arte de navegar que, tanto por la altura científica de su contenido como por su estructura y extensión, ejerció una influencia en Europa que desbordó los límites estrictos del mundo de

(26) Aunque la fecha de la publicación fuese efectivamente el año 1551, la realidad es que fue escrito en 1545. En el bloque II, capítulo VI, se dice: «... En el presente año de mil y quinientos y cuarenta y cinco».

la navegación. Fue traducida al inglés por Richard Eden y editada en Londres en 1561; la obra alcanzó tal popularidad en Inglaterra que se hicieron nueve ediciones hasta 1630, afirmando en su prólogo el traductor: “porque en Inglaterra no había libro alguno que con un método sencillo contenga tantos y tan raros secretos”. De esta versión en inglés se hicieron otras cinco ediciones en el siglo XVI (1572, 1579, 1584, 1589 y 1596) y otras tres en el siglo XVII (1609, 1615 y 1630), lo que da una idea de la importancia que tuvo la obra en Inglaterra, usada, entre otros, por el famoso pirata Francis Drake».

El frontispicio de la primera edición es el escudo real, con el águila bicéfala, acorde con la dedicación al emperador Carlos, que incluyó en forma de carta. No obstante, el autor la complementó con una segunda dedicatoria, dirigida en este caso al granadino Álvarez de Bazán y Guzmán, capitán general de la Armada de su Majestad. Entre ambas dedicatorias expuso el contenido de la obra, estructurado en tres grandes bloques: I) Sobre la composición del mundo y los principios universales que rigen en la navegación, expuesto en veinte capítulos; II) Sobre los movimientos del Sol y la Luna, y de los efectos causados por los mismos, expuesto en veinte capítulos; III) Sobre la composición y uso de los instrumentos y las reglas del arte de la navegación, expuesto en diecinueve capítulos. La exposición del contenido fue esmerada, al igual que su presentación, como se refleja en las letras capitulares con que se inician cada uno de sus capítulos.

En el primer bloque no se hizo mención alguna del modelo heliocéntrico y revolucionario de Copérnico, publicado póstumamente en 1543, ciñéndose por tanto a los geocéntricos previos de Aristóteles y de Tolomeo, acordes con la doctrina de la Iglesia. Así se aprecia en la cuidada ilustración con que concluyó su capítulo V, una cualidad que tienen todas las imágenes con que acompañó el resto del libro. En el capítulo VIII se incluyó una breve lección metrológica, recordando medidas antiguas y diferentes como los estadios, las millas, las leguas y las parasangas; aunque todas «conformen en que cuatro granos de cebada hacen un dedo, cuatro dedos una mano, cuatro manos un pie, cinco pies un paso geométrico». Acto seguido recuerda que en España hubo dos clases de leguas, proponiendo él una que tuviese 3.000 pasos, «y a cada paso cinco pies, y así cada legua quince mil pies»; muy interesante es su aplicación para evaluar el tamaño de la Tierra, partiendo de que cada grado equivalía a 16 leguas y $\frac{2}{3}$, de modo que resultaría un perímetro de 6.000 leguas. Termina este bloque con el capítulo «De algunos principios que se suponen saber para esta ciencia», una especie de glosario, referido a los elementos geométricos de la esfera celeste.

En capítulo IV del bloque II se permitió Martín Cortés una licencia religiosa muy poco divulgada: llegando a defender que en los días de los equinoccios y los solsticios «acaecieron cuatro cosas admirables». A saber:

«... el equinoccio de verano (*sic*) que fue a los veinte y cinco de marzo el hijo de Dios encarnó y después nació de la virgen sin mancilla en el solsticio de invierno que fue a los veinte y cinco de diciembre. En el equinoccio de otoño que fue a los



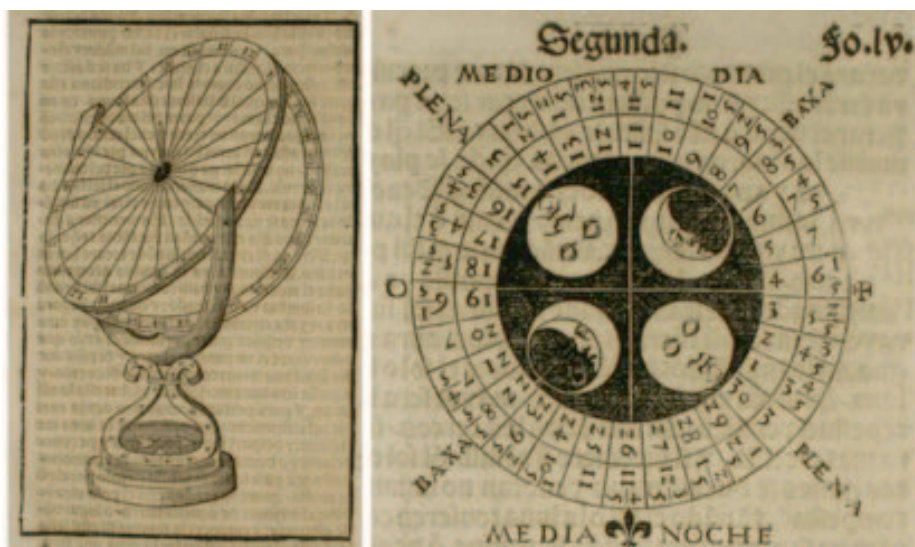
Dibujo para explicar la esfericidad de la Tierra en la obra de M. Cortés *De la redondez de la tierra y agua*

veinte y siete de septiembre fue concebido el bienaventurado San Juan Bautista pregonero y precursor de Cristo y en el solsticio estival que era a los veinte y cuatro de junio nació (...) Lo cual especifica san Juan Crisóstomo diciendo que San Juan nació cuando los días comenzaban a decrecer y nuestro señor cuando comenzaban a crecer».

Más adelante, y en ese mismo capítulo, establece con toda claridad la equivalencia entre la longitud geográfica y el tiempo astronómico, al señalar que si se avanzaban 15° hacia el oriente, se tendría que añadir una hora, justamente lo contrario a lo que sucedería si se retrocede hacia occidente, en cuyo caso habría que disminuir una hora.

En el capítulo VII se describió un instrumento con el que se podía hallar el lugar y la declinación del Sol, además de los días y el lugar ocupado por la Luna. En el capítulo siguiente se abordó el estudio de los eclipses solares y lunares²⁷, ilustrándolo convenientemente con dos bellos dibujos. Los capítulos IX y X se dedicaron al tiempo astronómico y las diferentes clases de años. Los números XI y XII a los meses y a las semanas. El capítulo XIII lo dedicó al estudio del día y de la noche, distinguiendo entre día natural y día artificial; el primero lo definió como el intervalo de tiempo empleado por el Sol en pasar dos veces consecutivas por un mismo meridiano. Especialmente interesante es la información que proporciona sobre cuándo comenzaba el día para romanos, griegos y babilonios. Inmediatamente después definió el día

(27) «Los eclipses de Sol y de Luna son cosa que causa al vulgo gran admiración y espanto, y a los que entienden la causa de ello ninguno», así iniciaba Cortés el capítulo correspondiente.



Reloj de sol y fases de la luna, dos bellas ilustraciones en la obra de Martín Cortés

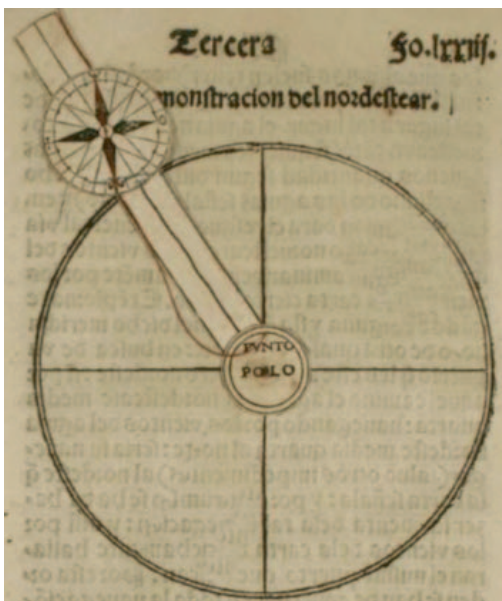
artificial como parte del día natural: «... y es el tiempo que tarda el Sol desde que nace en oriente hasta que se pone en el occidente». Igual de relevante es el capítulo XIV, centrado en las horas y en sus diferentes clases.

La medida del tiempo también ocupó su espacio en esta obra de Martín Cortés, valiéndose para ello del Sol y de la Estrella del Norte. En el primer supuesto dio unas clases magistrales de gnomónica en los capítulos XV (Sobre la fábrica y uso de un reloj diurno universal) y XVI (Sobre los relojes murales y horizontales particulares). En el capítulo XVII abordó la medida del tiempo durante la noche, bajo el epígrafe siguiente: «Sobre la composición y uso de un instrumento horario nocturno general», apoyándose para ello tanto en las guardas de la Estrella Polar como en la constelación de la Osa Menor, conocida entonces como «bocina» o «trompetilla», marcando las pautas necesarias para la construcción de un nocturlabio. El capítulo XVIII estuvo especialmente dedicado a los navegantes, como apuntaba su título: «Del tiempo de las mareas o flujo y reflujo del mar». En él recuerda el triste episodio histórico que le sucedió al conde de Niebla en el año 1436, aunque confundiese al hijo (Juan) con el padre (Enrique) y no se ajustara del todo a lo que realmente sucedió: «... que murió ahogado estando sobre la ciudad de Gibraltar por no tener los marineros cuenta ni razón con las mareas: y justamente con el dicho conde acabaron buenos caballeros y capitanes valerosos de la nuestra España». El colofón del capítulo fue el siguiente: «El crecer y decrecer de las mareas no es siempre en igual cantidad. En las conjunciones y oposiciones crecen y decrecen mucho: a que los marineros dicen aguas vivas: y al mayor creci-

miento de ellas: cabeza de aguas. En los cuartos de la Luna... crecen y decrecen poco: a que los marineros llaman aguas chifas y aguas muertas».

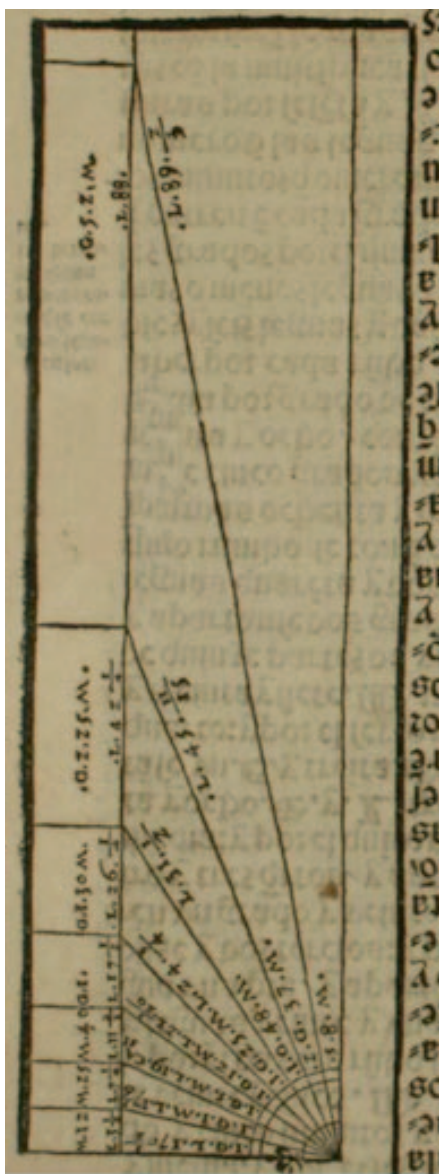
Lo que más novedoso y sobresaliente del *Breve compendio de la esfera*, escrito por Martín Cortés, figura en la tercera parte de la obra, y más concretamente en su capítulo V: «De un efecto tiene el aguja que es nordestear y noruestear». Al afirmar allí que existía un punto atractivo, estaba postulando sin proponérselo la existencia del polo magnético, una intuición genial que contribuyó a cambiar muy positivamente el devenir de la navegación de altura. Tan solo a partir de entonces se encontró una explicación, alejada de la superstición, de un hecho tan desconcertante como que las agujas de las brújulas a veces nordesteaban y otras noruesteaban. Al inicio del capítulo fue decidido, pues afirmó que «había oído

muy diversas opiniones y en algunos modernos escritores²⁸ acerca del nordestear y noruestear de las agujas y a mi parecer ninguno da en el fiel y pocos en el blanco». La base de su explicación es la existencia de ese punto atractivo que no se encontraba en «los cielos móviles ni en el polo geográfico, porque si estuviere en él la aguja no iría de un lado a otro del norte». Más adelante describe implícitamente la existencia de los meridianos magnéticos y la consiguiente declinación magnética, es decir el ángulo que forman en un punto dado del Globo el meridiano magnético con el geográfico. Ha de tenerse en cuenta que este trabajo de Cortés se gestó en la misma época en que Mercator era cosmógrafo real (desde el año 1542), pudiendo entender que el holandés tuviera acceso a documentación confidencial tanto de la Casa de Contratación como del entorno del Emperador. No parece casual que en uno de los grabados más conocidos de este cartógrafo tan prolífico figurase marcando el polo magnético con una punta de su compás, o que en su celebrado mapamundi de 1569 abriese una ventana con un mapa de la zona polar en la que se representó el «punto atractivo».



Nomograma con la «demostración del nordestear» de la aguja magnética, según Martín Cortés

(28) No parece muy descaminada la sospecha de que se estaba refiriendo, entre otros, a Pedro de Medina.

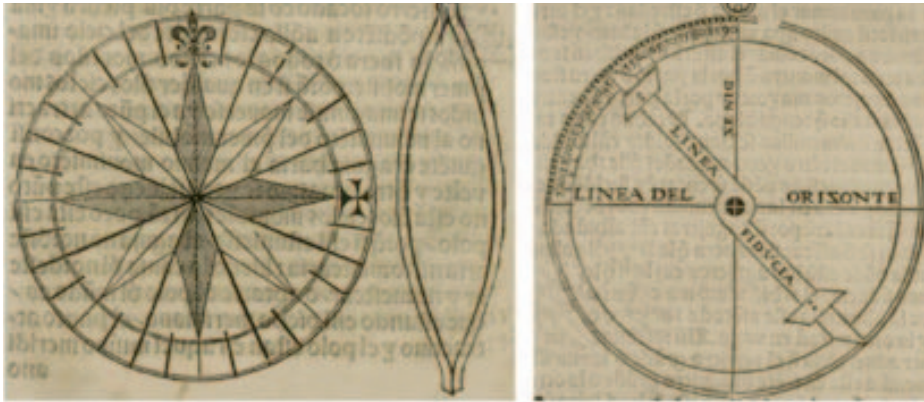


Hubo otra contribución de Cortés de no menos trascendencia que la anterior, la cual podría encuadrarse indistintamente en la náutica o en la cartografía matemática, teniendo en ambas una repercusión evidente. También figuró en la sección más práctica de su obra, esto es en la tercera, y dentro de su capítulo XII: «De las leguas que se corre por grado según ciertas derrotas». En su exposición resulta un tanto críptico, aunque la posible duda deba disiparse de inmediato una vez examinada con detenimiento la ilustración («demonstración») con que acompañó el texto. Ya se había pronunciado antes sobre la inconveniencia de manejar las cartas planas, puesto que en ellas no se tenía en cuenta la curvatura terrestre, y es en esa circunstancia precisamente en la que insistió en esta ocasión, propiciando su modificación para convertirlas en esféricas y conseguir así que las líneas de igual rumbo fuesen rectas en la representación cartográfica.

En la figura referida y aquí reproducida, se constata sin mayor dificultad que pretendió conseguirlo aumentando paulatinamente la separación entre las imágenes de los paralelos, y haciendo que la escala se fuese haciendo cada vez menor²⁹ a medida que aumentaba la latitud del lugar. En otras palabras, propuso lo que vino a hacer pocos años después Mercator en su mapamundi del año 1569. Martín Cortés ya había anun-

ciado su intención al principio del capítulo VI, cuando señaló que había dos maneras de navegar: por vientos y por leguas, en función de la escala o tronco

(29) Aunque sea una obviedad, parece oportuno recordar que la escala es una fracción, y como tal es menor cuando aumenta su denominador.

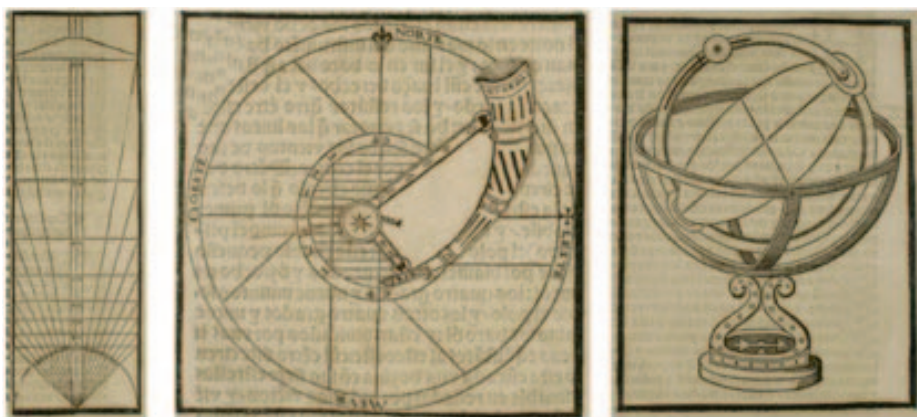


Brújula y astrolabio en la obra de Martín Cortés

de las leguas, tomando con un compás la distancia entre dos lugares y aplicándolo a la escala. Entre las diferentes posibilidades refería la de navegar entre lugares con latitud y longitud diferentes, conviniendo en que se podía hacer siguiendo un cierto rumbo: «... empero corresponden más grados por el camino que hace el navío que los grados que se varían las alturas de la equinoccial al polo». Ya en el capítulo XIII dejó escrito que, según los cosmógrafos, las travesías deberían hacerse siguiendo arcos de círculo máximo³⁰, puesto que de esa forma «será caminar por brevísimo camino». Del mismo tenor fueron sus comentarios referidos a los otros supuestos, detallando las leguas a que habría que dibujar la imagen del paralelo de una latitud dada, adelantándose así al establecimiento de las latitudes crecientes que hizo Mercator por vía similar a la suya, y que expresó analíticamente el matemático inglés Edward Wright (1599) empleando los logaritmos neperianos.

Terminamos los comentarios sobre esta obra magna de Martín Cortés destacando la minuciosidad con que describió la construcción y uso de los diversos instrumentos que convendría usar en la práctica de la navegación: brújula (cap. IV), astrolabio (cap. VII), ballestilla (cap. IX) y otros dos instrumentos sin nombre definido: a) para hallar las alturas del polo sabidas por las del norte (capítulo X), y b) otro por el que se averiguaba, en función de la altura del Sol a mediodía, la latitud y la hora. Cada uno de dichos capítulos lo embelleció con unas ilustraciones muy cuidadas que enriquecían y aclaraban el texto explicativo; de entre todas ellas merece ser resaltada la trompetilla con que representó la constelación de la Osa Menor en el capítulo X de este tercer y último bloque.

(30) La mínima distancia entre dos puntos de una superficie esférica se mide sobre el arco de círculo máximo que los contiene: intersección de la esfera con el plano central que los contiene.



Ballestilla, constelación de la Trompetilla (bocina) y el instrumento para calcular la latitud observando al Sol en su culminación superior. (Martín Cortés)

Al habernos referido, casi con exclusividad, a las obras publicadas en España y Portugal, hemos mostrado nuestro acuerdo con el astrónomo y matemático portugués Francisco Gomes Teixeira³¹ cuando afirmaba, a comienzos del pasado siglo XX, que la astronomía náutica era ibérica y que su origen estaba en los regimientos de las navegaciones portuguesas; a la vez que hizo especial mención de la estrecha colaboración de Abraham Zacuto con los náuticos de la Junta dos Matemáticos, para concluir después que se trataba de una aplicación de las doctrinas de griegos y árabes, que ya figuraban la gran obra de Alfonso X el Sabio. Sin embargo, conviene hacer justicia a alguna otra obra aparecida fuera de nuestras fronteras. De entre todas ellas nos hemos permitido seleccionar una francesa, aparecida en el año 1583, cuyo autor fue Jacques de Vaulx, cosmógrafo y piloto de altura en el puerto de El Havre. El título no refleja en absoluto el contenido: *Les premieres oeuvres de Jacques Devaulx, Pillote en la Marine*. Realmente se trata de un manuscrito de cuidada caligrafía, que puede ser catalogado como un sencillo prontuario de navegación, hidrografía y cartografía, ilustrado con figuras de los instrumentos de navegación, debidamente comentadas. Al año siguiente de haber aparecido se hizo una edición corregida. Lo más sobresaliente de su trabajo es la esmerada escenografía de los observadores manejando el instrumento en cuestión. Recientemente se ha hecho una edición facsímil a cargo de la editorial alemana Taschen.

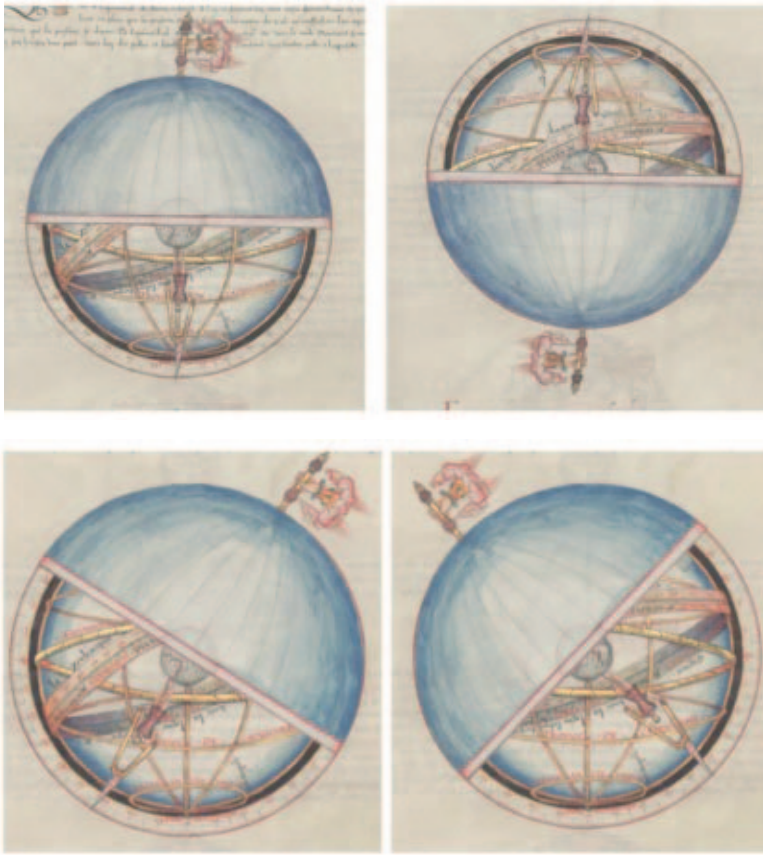
(31) *Obras sobre Mathematica*, Imprensa da Universidade, 1908.



Portada de la obra manuscrita del piloto y cosmógrafo Jacques Devaulx (1583)

Las expectativas por disponer de una carta esférica no se vieron satisfechas hasta el año 1569, en que apareció el mapamundi más renombrado de Mercator: *Nova et Aucta Orbis Terrae Descriptio ad Usus Navigantium Emendate Accommodata*³². Ya en su título se anunció su utilidad para la navegación, pues al tratarse de un sistema cartográfico en que se conserva el valor de los ángulos al pasar de la esfera al mapa, la imagen de las travesías

(32) Nueva y más completa descripción del globo terráqueo, convenientemente adaptada para su uso en la navegación.



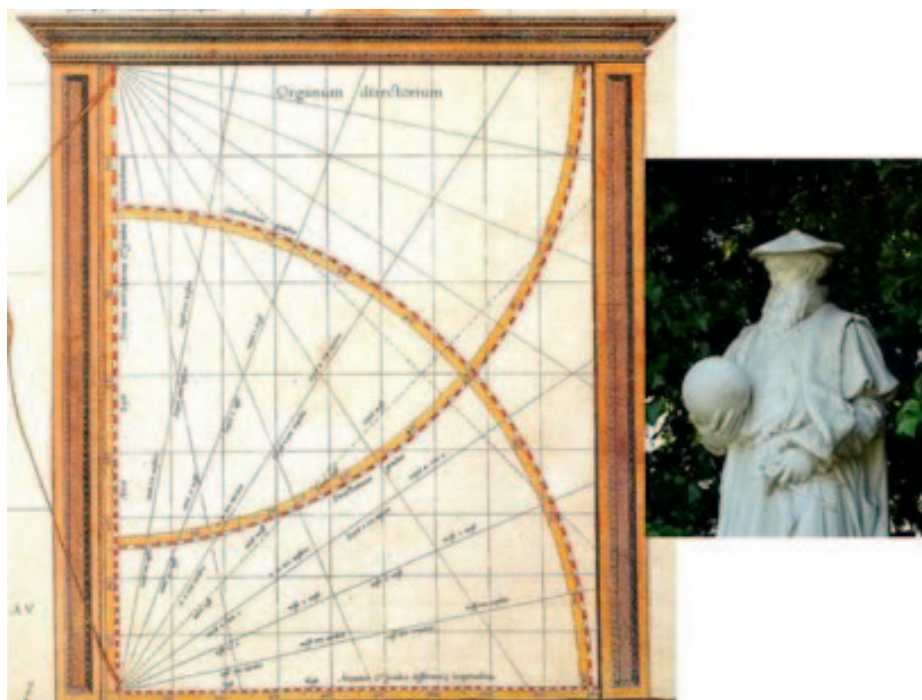
Sobre la práctica de la esfera y medida de la altura de una estrella con la escala de Jacob

con igual acimut (las loxodrómicas³³) serían rectas, al serlo también la imagen de los meridianos³⁴. El principal inconveniente de este modelo es el hecho de que la escala varía sustancialmente con la latitud, siendo $1/\cos\phi$ la relación entre un elemento diferencial del mapa y de la esfera; su interpretación geométrica es simple: las deformaciones aumentan al separarse del ecuador, baste decir que un arco de 1 km en el paralelo de 60° , se transformaría en el plano en otro de 2 km. La conclusión en lo referente a las superficies es obvia: en las latitudes altas, este sistema no es útil para calcular las superficies; baste decir que las imágenes de los polos terrestres quedan fuera del campo del mapa. Otra consideración digna de tener en cuenta es que la imagen de las geodésicas, arcos esféricos de círculo máximo, es una curva trascendente en el mapa, que presenta su concavidad hacia la imagen ecuatorial; presentando allí un punto de inflexión. La expresión matemática de este sistema cartográfico, que no fue deducida por Mercator, liga las coordenadas cartesianas del mapa (X, Y) con las geográficas de la esfera (ϕ, λ). De manera que, establecida una de las imágenes de los meridianos como eje de ordenadas, la imagen del ecuador sería el de abscisas, y la intersección de ambas, el origen del sistema, relacionándose ambas por el par de ecuaciones siguiente: $X = R \lambda$ e $Y = R \ln \tan(\pi/4 + \phi/2)$.

El saber enciclopédico de Gerard Kramer (Mercator) fue reconocido enseguida por sus contemporáneos, que no duraron en considerarlo el Tolomeo de su tiempo. Siguiendo las enseñanzas de su maestro, Gemma Frisius, construyó globos terráqueos y celestes, otros instrumentos complementarios de la navegación. En el ámbito cartográfico introdujo los signos convencionales y la rotulación especializada, logrando, junto a su amigo Abraham Ortelius, colocar a los Países Bajos en el pedestal en que se mantuvieron durante todo el siglo XVII, el siglo de los atlas y la edad de oro para la cartografía. Uno de los mayores protagonistas de esa época gloriosa fue Willem Janszoon Blaeu, discípulo de Tycho Brahe en su observatorio de Uraniburgo y principal mentor de Snellius. Además de su vasta producción cartográfica, se especializó en la construcción de globos y otros instrumentos matemáticos, como el gran cuadrante mural con el que Snellius midió el arco de meridiano Alkmaar-

(33) Se demuestra que el desarrollo de la loxodrómica entre dos puntos dados es igual al producto del arco de meridiano correspondiente y la secante del acimut de esa línea.

(34) La carta esférica era la imagen de la Tierra que usaba como superficie auxiliar un cono tangente a lo largo de su circunferencia ecuatorial. Las imágenes de los meridianos serían las intersecciones de sus planos con el cilindro, es decir sus generatrices. El plano del mapa coincidía con la superficie cilíndrica una vez desarrollada, con lo que la circunferencia ecuatorial sería una recta de longitud igual a $2\pi R$, si es R el radio de la esfera. En cuanto a la de los paralelos, serían también rectas perpendiculares a las anteriores y, por tanto, paralelas a la imagen del ecuador. La principal particularidad de este desarrollo cilíndrico directo es la de su conformidad, pues se conservan los ángulos, lo que se consigue separando los paralelos cada vez más a medida que aumenta la latitud. No obstante, se conservaba una cierta dificultad para los navegantes, derivada del hecho de que el rumbo de la nave no coincidía con su acimut; si bien ambos están relacionados a través de la declinación magnética, variable con el espacio y el tiempo.



El *Organum Directorium* de Mercator, ábaco esencial que acompañó al mapa (Duisburgo, 1569) para ayudar a resolver los problemas geométricos que pudiesen plantearse sobre el mismo. El mapa constó de 24 hojas dibujadas a escala de 1/20.600.000, figurando el ábaco en la número 24. La semejanza entre este gráfico y el propuesto por Martín Cortés es del todo evidente

Bergen op Zoom, empleando por primera vez el método de la triangulación para calcular el desarrollo del mismo. El éxito de su firma se explica por la novedosa política mercantil seguida en la distribución de sus productos, alcanzando su punto álgido hacia el año 1630, siendo entonces cuando proliferaron sus famosos atlas. No se sabe si hubo relación causa-efecto, pero el caso es que en 1632 fue nombrado cartógrafo oficial de la Compañía Neerlandesa de las Islas Orientales (VOC, *Vereenigde Oostindische Compagnie*), que había sido creada treinta años antes. Para entonces, Blaeu gozaba de un prestigio que solo estaba al alcance de los privilegiados, debiendo haber influido en ello el tratado de navegación tan completo que había publicado en 1617: *Het Licht der Zee-vaert*³⁵ (*Luz de navegantes*), luego traducido al francés (*Le flambeau*

(35) *Het licht der Zee vaert daerinne claerlijck beschreven ende afghebeeldet werde[n]n, alle de custen ende havenen van de Westersche, Noordsche, Oostersche ende Middellandsche zee'n, oock van vele landen, eylanden ende plaetsen van Guinea, Brasilien, Oost ende West Indien .../door Willem Ians Zoon*



Luz de navegantes, de Willem Janszoon Blaeu. Obsérvense la Luna y el Sol en su parte superior

de la navigation, mostrand le la description et delineation de toutes les costes & havres de la mer occidentale, septentrionale, & orientale, 1620) y al inglés (*The Light of Navigation, wherein are declared and lively pourtrayed, all the Coasts and Havens, of the West, North and East Seas ...*, 1625).

El contenido de la primera edición iba encabezado por los conocimientos propios de la astronomía náutica, incluyendo el manejo del astrolabio, la ballestilla y el nocturlabio, completado con 41 hojas de mapas³⁶. El frontispicio de este tratado es muy conocido para los amantes de la astronomía náutica y de la navegación propiamente dicha: en él se ve a un numeroso grupo de

(36) «Todas las costas y puertos de los mares occidental, septentrional, oriental y mediterráneo, también de muchos países, Eylanden y los lugares de Guinea, Brasilien, Oostende Oeste-Si ...».



Los meridianos terrestres elegidos como líneas de demarcación, en los siglos XV y XVI

marinos, acompañados de dos globos (celeste y terrestre), compases, mapas, una ampolleta, una brújula, dos astrolabios y una ballestilla. El grabado es de obligada reproducción, presentándolo en dos imágenes (b/n y color), procediendo la segunda de la versión francesa.

En cualquiera de los atlas de la familia Blaeu³⁷, e incluso en el previo de Ortelius (*Theatrum Orbis Terrarum*, 1570), se comprueba el éxito de las grandes expediciones marítimas, en tanto facilitaron y ampliaron el conocimiento de los territorios que se venían descubriendo desde tanto tiempo atrás. Pero, aunque pueda resultar paradójico, continuaba sin saberse con fiabilidad geométrica la posición de los puertos, extremos de la travesía, sobre la superficie de la Tierra. La causa es conocida y se ha venido repitiendo en diversas ocasiones: la irresolución permanente del problema de las longitudes. Algunas de sus repercusiones históricas también han sido citadas: el descubrimiento del Nuevo Mundo. Otras son menos conocidas, pero de gran importancia en su momento: la imposibilidad material de cumplir con lo dispuesto en el tratado de Tordesillas (1494) y en su homólogo de Zaragoza (1529), a propósito de la línea de demarcación que separaba teóricamente las posibles zonas de conquista de España y Portugal³⁸.

(37) Tanto el *Atlas Novus (Theatrum Orbis Terrarum, sive Atlas Novus in quo Tabulae et Descriptiones Omnium Regionum*.1635-1638) como el *Atlas Maior* (1662-1667), basado en él, son dos obras fundamentales en la historia de la cartografía. El segundo, también conocido como *Geografía blaviana*, fue confeccionado por el segundo miembro de la dinastía: Joan Blaeu, digno sucesor de su padre, Willem Janszoon.

(38) La expansión de los reinos de España y Portugal, gracias a sus múltiples expediciones geográficas, supuso un serio conflicto que en principio pareció someterse bajo el arbitraje del



Conjunción y ocultación de Júpiter por la Luna (21 de julio de 2012)

Aunque no sea aquí donde deba abordarse el tratamiento de una cuestión tan singular en la historia del conocimiento, sí han de citarse al menos los hitos sobresalientes de la misma. En primer lugar, los intentos de los astrónomos del califato de Bagdad, continuados luego por otros cartógrafos árabes; gracias a sus trabajos se mejoraron sustancialmente las coordenadas geográficas de Tolomeo –en torno a un grado–, a pesar de que las longitudes continuasen siendo defectuosas. Generalmente se acepta que gracias a ellos pudo corregirse la longitud del Mediterráneo, aumentada por aquel en torno a los 20° . La longitud la redujo al-Jwarizmi a $43^{\circ} 20'$, y al-Battani, a $35^{\circ} 30'$. En el

papa Alejandro VI (1494), al fijar un meridiano como línea de demarcación entre ambos reinos. Sin embargo, el problema era irresoluble, a pesar del posterior acuerdo de Zaragoza (1529). La razón no era otra que la imposibilidad de fijar con el debido rigor la longitud geográfica, además de usar como unidad de medida una que dependía del lugar y del tiempo (la *legua*: distancia que se puede recorrer en una hora, a pie o en cabalgadura). Se entiende así que las desavenencias entre los cosmógrafos de ambos países fuesen permanentes. Se da la circunstancia de que el archipiélago de las Molucas (las islas de las Especias) siempre fue motivo de discusión. Finalmente, los portugueses firmaron un acuerdo que las situaba bajo el dominio español, cuando realmente se localizaban dentro de la zona de su influencia.

mundo occidental del medievo debe subrayarse la obra *Dialogi cum Judeo*, por equipararse en ella tiempo astronómico y longitud. Su autor fue el aragonés Pedro Alfonso, también conocido como Moisés Sefardí. Uno de sus discípulos, el monje Walcher, observó eclipses de luna entre los años 1107 y 1112, defendiendo la posibilidad de que la longitud se podía hallar como la diferencia horaria entre los lugares de Italia e Inglaterra, desde los que se había divisado simultáneamente uno de ellos.

En la segunda mitad de ese mismo siglo, Roger de Hereford señaló que el eclipse del 12 de septiembre de 1178, observado desde su ciudad, Marsella, y Toledo, permitió calcular sus longitudes con relación al meridiano de Arín (India). La observación simultánea de los eclipses lunares³⁹ fue también el procedimiento elegido, en los *Libros del Saber de Astronomía*, para determinar la longitud geográfica. La cuestión es tratada concretamente en el capítulo LXIX (Libro segundo⁴⁰. *Libros del astrolabio redondo*) bajo el epígrafe «De saber las longuras de las ciudades». Durante la expedición magallánica a las Molucas, parece que su cosmógrafo Andrés Martín calculó la longitud de Río de Janeiro al observar la ocultación de una estrella por la Luna, aunque lo más probable es que se tratara del planeta Júpiter; en todo caso, el resultado fue muy poco aproximado. Baste decir que se fijó su longitud en 17 h y 15' al oeste de Sevilla (trasladando su posición hasta las proximidades de China).

Aunque Regiomontanus ya había sugerido en 1472 un nuevo procedimiento para calcular la longitud, el primero en hacerlo de un modo más convincente fue su compatriota el astrónomo y cartógrafo Johannes Wermer, más de cuarenta años después, en 1514. El método no era otro que el de las distancias lunares, basado en el desplazamiento horario de la Luna en ascensión recta, que llega a ser de más de dos segundos por minuto⁴¹. La observación consistía en medir con instrumentos de la familia del sextante la distancia angular entre el borde de la Luna y diversas estrellas, tomando nota de las horas locales correspondientes para compararlas, acto seguido, con las asociadas a las mismas distancias en el meridiano elegido como origen; se obtenían así una serie de diferencias cuyo promedio proporcionaba el valor de la longitud.

El método requería, evidentemente, el empleo de numerosas tablas lunares, con sus efemérides diseñadas a tal efecto, en las que se detallaran las posiciones relativas, incluidas distancias y horas, de la Luna con relación a las estrellas, unas tablas de las que se haría uso ininterrumpidamente hasta comienzos del siglo XIX.

(39) Los eclipses lunares se observaban, a efectos de calcular la longitud, todavía en el siglo XVIII, según se desprende de los trabajos realizados por el alemán T. Mayer para el taller cartográfico de J.B. Homann. Mayer llegó a optar al premio prometido por el Consejo de la Longitud de Inglaterra, recibiendo sus herederos un total de 3.000 libras.

(40) La transcripción completa del texto, realizada por Manuel Rico y Sinobas, se incluye en el artículo «El problema de las longitudes: De Hiparco a Morse», al cual me remito.

(41) Se puede admitir que la Luna recorre cada hora una distancia angular equivalente a su diámetro, por decirlo en términos coloquiales.



Midiendo la distancia angular entre una estrella y la Luna. *Introductio Geographica Petri Apiani in Doctissimas vernerii...* (Ingolstadt, 1533).a

Una muy conocida fue la del marino José de Mendoza y Ríos (*Tablas para los usos de la navegación y astronomía náutica*), publicada por vez primera en 1800, que alcanzó su quinta edición, debidamente actualizada⁴², en el año 1898. Al parecer fue otro español, el navegante Pedro Sarmiento de Gamboa⁴³, el primero en emplear este método de las distancias lunares en alta mar, cuando viajaba hacia el estrecho de Magallanes. En realidad, la distancia angular medida por Sarmiento fue la existente entre la Luna y el Sol, realizando la operación astronómica con una especie de ballesta que fabricó a tal fin: «... y con este instrumento,

(42) Una variación mejorada del método de las distancias lunares se centraba en la observación del paso del borde lunar por el meridiano del lugar. Antes y después se observaban además estrellas previamente seleccionadas, con declinaciones similares a las que tuviese la Luna.

(43) Este marino, nacido en Alcalá de Henares, marchó pronto al Nuevo Mundo en busca de fortuna, simultaneando sus viajes con el aprendizaje de la astronomía. Su vida fue un tanto azarosa, llegando a tener problemas con la Inquisición: fue encarcelado en Lima (1564) por orden de su arzobispo e inquisidor ordinario.

con la ayuda de Dios, tomó los grados de longitud por la llena de la Luna y nacimiento del Sol ...»⁴⁴. Otro ejemplo de su utilización fue la que tuvo lugar durante la expedición de Alejandro Malaspina (1789-1794), contando con el auxilio de los cronómetros de Harrison para tomar la hora local, que tanto ayudó a la renovación de la cartografía náutica española.

(44) «Pedro Sarmiento de Gamboa, el Navegante», *Boletín de la Real Academia de la Historia*, t.XXVIII, abril 1896.



Suplemento núm. 32 a la REVISTA DE HISTORIA NAVAL núm. 150 de 2020

