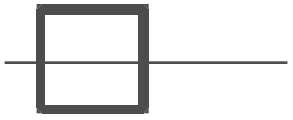


E L M A R

Camino de ciencia y de cultura

M U S E O I N V E S T I G A C I Ó N

EL MAR. Camino de ciencia y de cultura.

EXPOSICIÓN:
Universidad de Alicante
Colección: *Museo investigación.* Mayo de 2001.
Dirección: Mauro Hernández Pérez.
Comisario exposición: Mauro Hernández Pérez.
Coordinación: Gabino Ponce Herrero, Carmen Giner Peralta y Alessandro Cavaliere.
Dirección proyecto científico: Antonio Gil Olcina y Enrique Giménez López.
Textos catálogo: Enrique Giménez López, Cayetano Mas Galván, Jesús Pradells, Emilio Soler Pascual, Armando Alberola, Rosario Die y Juan Suay Artal.
Fotografía: MUA.
Diseño paneles: MUA.
Realización exposición: Gabino Ponce Herrero, Carmen Giner Peralta y Sofía Martín.
Colaboran: Museo Naval. Madrid. Instituto Hidrológico de la Marina de Cádiz. Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante.
Montaje: Servicio de Mantenimiento de la Universidad de Alicante.
Transportes y seguros: Viguer, S.L.

CATÁLOGO:
Portada: Carta de Juan de la Cosa (facsímil realizado en 1992)
Diseño y maquetación: Alessandro Cavaliere
Coordinación: Gabino Ponce Herrero, Carmen Giner Peralta y Alessandro Cavaliere.

© Vicerrectorado de Extensión Universitaria
Secretariado de Cultura
Universidad de Alicante

ISBN: 84-600-9656-4
Depósito Legal: MU-1001-2001
Fotocomposición e Impresión: Compobell, S.L.

INTRODUCCIÓN

Antonio Gil Olcina

La figura de Jorge Juan y Santacilia (1713-1773), eje de esta exposición sobre la marina española del siglo XVIII, reviste singular interés, no sólo por su relevancia y méritos científicos excepcionales, resaltados por sus coetáneos con sobrenombres tan expresivos como los de el "Euclides español" o el "Sabio español", sino también por que su propia biografía constituye un espléndido observatorio y una inmejorable clave interpretativa de la apasionante época que le tocó vivir, es decir, el período que transcurre desde la paz de Utrecht, que puso término, a favor de la dinastía de Borbón, a la Guerra de Sucesión a la Corona de España, al apogeo reformista del reinado de Carlos III, rey al que el marino noveldense, vísperas ya de su muerte, encarecía, como asunto vital para la monarquía española, la urgente necesidad de revisar el sistema de construcción naval.

Nacido en el seno de una familia prototípica del patriciado urbano de las tierras valencianas meridionales, su temprana adscripción a la Orden de San Juan, con estancia en Malta, le llevaría a ingresar en la Real Compañía de Caballeros Guardias Marinas, creada por Patiño para la formación de la oficialidad indispensable a una Armada capaz de asegurar las comunicaciones y defensa del amenazado imperio utlramarino. La pléyade de marinos que cursaron estudios en Cádiz como miembros de dicha Real Compañía integran, sin duda, una de las referencias primordiales de la España ilustrada, ya que su aportación, lejos de agotarse en la reconstrucción de la flota, se deja sentir amplia e intensamente en el ámbito científico y en la realización de multitud de obras públicas. Sirva de muestra la destacada participación de Jorge Juan y Antonio de Ulloa en la medición del grado de meridiano terrestre, quizá la expedición científica más importante del siglo XVIII, que les retuvo en el virreinato del Perú durante una década.

Las dificultades que, cara al Santo Oficio, fue preciso sortear para la publicación, en 1748, de la *Relación Histórica del viage a la América Meridional hecho de Orden de S. Mag. para medir algunos grados de Meridiano Terrestre, y venir por ello en conocimiento de la verdadera Figura y Magnitud de la Tierra, con otras varias Observaciones Astronómicas y Phísicas*, nos devuelven a la realidad del momento histórico. Casi mediada la centuria, la penetración de ideas científicas generalmente admitidas en las naciones de nuestro entorno no se producía aquí sin riesgo, y prueba de ello es que ni el

heliocentrismo ni la forma elipsoidal de la Tierra pudieron ser defendidas abiertamente por Jorge Juan y Antonio de Ulloa en esta primera impresión; no sería sino un cuarto de siglo después cuando en el prólogo a la segunda edición, aparecida en 1773, año de su muerte, Jorge Juan escribiese: "Estas reflexiones se han hecho ya en casi toda la Europa: no hay Reyno que no sea Newtoniano, y por consiguiente Copernicano... Hasta los mismos que sentenciaron a Galileo se reconocen hoy arrepentidos de haberlo hecho, nada lo acredita tanto como la conducta de la misma Italia: por toda ella se enseña públicamente el Systema Copernicano y Newtoniano..."

Para evidenciar, una vez más, el papel de primer orden que estos marinos desempeñaron en el andamiaje del reformismo borbónico, baste añadir que mientras Jorge Juan era comisionado por Ensenada para una compleja y arriesgada misión de espionaje en Inglaterra (1748-1750), con la ingeniería naval como objetivo básico, Antonio de Ulloa, dos años después de la Representación de 1751 a Fernando VI, con la que dicho ministro pretendía la vertebración del Reino y el logro de un mercado agrario nacional, Antonio de Ulloa, en colaboración con el ingeniero militar Charles Lemaur, concluía su Proyecto General de Canales de Navegación y Riego para los Reinos de Castilla y León, que marca los albores de la planificación hidráulica en España.

El haber académico de estos hombres y su contribución a la España posible, a la postre frustrada, del reformismo borbónico, son inmensos; recordemos, como muestra, para Jorge Juan, además de lo ya indicado, la redacción del *Compendio de navegación para el uso de los Cavalleros Guardia Marinas*, su labor como Capitán de la Compañía de Guardias Marinas y Director de su Escuela, la embajada a Marruecos, primer hito de una política mediterránea encaminada a conjurar el peligro de la piratería berberisca, el desempeño del Rectorado del Seminario de Nobles de Madrid, la temprana fundación, en Cádiz, de la "Asamblea Amistosa Literaria" para el fomento de las Artes, las Ciencias y las Letras, y, en especial, la publicación de su célebre *Examen Marítimo Theórico Práctico o Traslado de Mechánica aplicado a la construcción, conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones* (1771), primer gran tratado europeo de ingeniería naval.

Todo esto, y mucho más, rememora la Exposición que, adobada por valiosas aportaciones de historiadores del XVIII español, ha instalado el Museo de la Universidad de Alicante, contando con la competente y entusiasta colaboración del Dr. Juan Suay Artal.

Alicante y abril de 2001

s u m a r i o

LA VIDA EN EL MAR EN LA ERA DE LOS GRANDES VELEROS 9
Enrique Giménez López

UNA APROXIMACIÓN A LA HISTORIA DE LA CARTOGRAFÍA 17
Cayetano Mas Galvañ

NAVEGACIÓN, CIENCIA Y ASTRONOMÍA EN LA ÉPOCA MODERNA 31
Jesús Pradells

MARINOS ESPAÑOLES EN EL PACÍFICO: UN SIGLO DE AVENTURAS Y DES-VENTURAS 41
Emilio Soler Pascual

JORGE JUAN SANTACILIA: MARINO Y CIENTÍFICO 49
Armando Alberola y Rosario Die

INSTRUMENTOS NÁUTICOS 59
Juan Suay Artal

LA VIDA EN EL MAR EN LA ERA DE LOS GRANDES VELEROS

Enrique Giménez López

"El mar es la riqueza", nos dice el maestro Fernand Braudel, pero es también un universo desconocido que a lo largo de la Edad Moderna va desvelando poco a poco sus misterios, pues hasta fines del Setecientos no se culmina la exploración de los océanos con expediciones que unen a la empresa comercial un programa científico y geográfico con objetivos políticos de control e influencia. Es la época de Cook, Bouganville, Vancouver, Lapérouse, Malaspina, Bodega y Cuadra o Juan Díaz Maqueda. Algunos de estos grandes navegantes llegaron al mar por la fascinación de los grandes espacios azules, como Lapérouse, cuya condición de hijo de terrateniente en Albi, en el Departamento del Tarn, en la Francia interior, le destinaba a un futuro muy distinto al de marino, profesión que eligió tras escuchar relatos de viajes y de fantásticos combates navales. Esa misma motivación, derivada de la cautivación que ejerce el mar, podemos encontrar en personajes novelescos, como Robinson Kreutznaer, el inglés de York de padres alemanes reconvertido en Crusoe por obra de Daniel Defoe y cuyo único anhelo era navegar, oponiéndose abiertamente a los deseos de su padre, o Ishmael, el narrador de "Moby Dick", quien decide embarcarse en el ballenero "Pequod" porque volver a ver el mundo del agua era su manera de curarse del aburrimiento y de purgarse la sangre: "Cuando mi alma se convierte en un lluvioso y húmedo noviembre, cuando me sorprendo absorto ante el escaparate de una tienda de pompas fúnebres o siguiendo los entierros que encuentro a mi paso, y sobre todo cuando el tedio se apodera de mi hasta el extremo de verme obligado a realizar esfuerzos sobrehumanos para no descender a la calle y emprenderla a manotazos con los sombreros de las gentes,

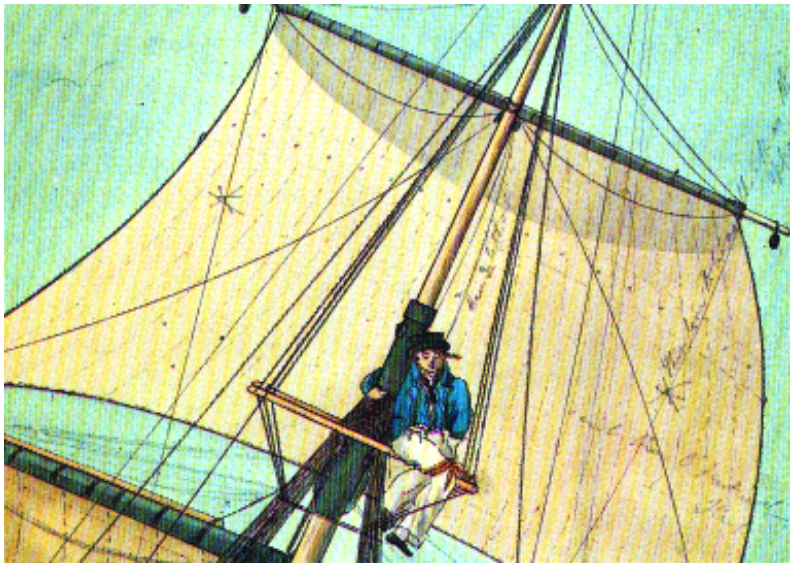
entonces, me doy cuenta de que ha llegado la hora de marcharme. Esto reemplaza en mi al suicidio". Sed de océano llamaba Melville a esa necesidad de salir al mar a bordo de un navío.

El gran velero

Un velero era una máquina compleja y delicada. Como decía una expresión marinera, "un barco es como un reloj de una dama: siempre necesita reparación". Desde los veleros de tres palos —trinquete, mayor y mesana— manejados por una veintena de hombres, dedicados al comercio o a la pesca de la ballena, hasta los grandes navíos de línea, auténticas fortalezas flotantes, armadas con más de cien cañones —el español "Santísima Trinidad" disponía de 130 cañones— con una dotación entre 800 y 900 hombres, y que Turner supo plasmar en sus grandes lienzos navales, todo tiene su inicio en los grandes bosques de robles, hayas y pinos.

El roble es, por su notable resistencia, quien proporciona el fundamento a la estructura del navío, mientras que el haya, pese al peligro de fermentación, tenía gran resistencia a la tensión y era más flexible. El pino, en particular el *pinus laricius* o blanco salgareño, era únicamente utilizado en los complementos de carpintería de los buques.

Los robles de los montes cántabros de Liébana y Campoo abastecieron de la madera necesaria para desarrollar el programa de construcción naval alentado por el marqués de la Ensenada en el reinado de Fernando VI en los astilleros del Ferrol y Guarnizo. El navío británico "Victoria", en servicio desde 1778, desplazaba 3.500 toneladas, y excepto la quilla construida de olmo el casco procedía de 2.500 robles centenarios revestidos de planchas de cobre para proteger la madera de la broma, un pequeño molusco que penetra en el tejido leñoso para alimentarse con tal rapidez que era capaz de formar en la madera una red de galerías que obligaban a someter a las embarcaciones afectadas a costosas operaciones de carenado. Los tres mástiles y el bauprés del que sería buque insignia de Nelson eran de abeto, y el del palo mayor, de un metro de diámetro en la base, se alzaba 60 metros sobre la línea de flotación. Sus 36 velas cubrían una superficie de 16 áreas de lona manejadas por 8 kilómetros de aparejos, que impulsaba el barco a una velocidad media de 6 nudos, si bien en calma chicha aquella gran arquitectura en madera quedaba reducida a poco más que un tronco flotando en el agua, sin que el velamen ni el timón pudieran cumplir función alguna.



La sociedad a bordo

Un buque era en el siglo XVIII una reproducción de la rígida sociedad estamental. En un navío de guerra la popa y el alcázar de la cubierta superior eran de exclusivo uso de la oficialidad, y ningún marinero tenía acceso a ellas, salvo que fuera requerido por un superior. Para la marinería quedaba el castillo de proa y las cubiertas de baterías. En un mercante, también la marinería quedaba circunscrita al castillo de proa, un lugar por lo general atestado, oscuro, pequeño, húmedo y hediondo, donde la tripulación comía en una gaveta común colocada en el suelo, sin mesa, sillas, platos ni cubiertos, mientras que la cámara de oficiales era conocida como el territorio de los cuchillos, los tenedores y las tazas de te.

Tanto en unos como en otros navíos el capitán poseía un poder absoluto, incontestable, similar al de un soberano en su reino. El capitán era poco visible y sus órdenes eran transmitidas al primer oficial y de éste pasaban al segundo para que las hiciese cumplir a la marinería. Jamás el capitán se sentaba en cubierta, ni permitía que ninguno de sus oficiales lo hiciera.

La disciplina era de una dureza extrema, no sólo en la marina de guerra, sino también en la mercante. Cualquier falta era castigada con la exposición del infractor, con grilletes, en la cubier-

ta superior durante el tiempo determinado por el capitán, y las más graves eran castigadas con azotes. En los buques de la Armada, era un subordinado del contramaestre el encargado de aplicar la pena con un látigo de nueve cuerdas anudadas. En los mercantes era el propio capitán el que azotaba con un cabo grueso. En ambos casos, la oficialidad, situada junto al capitán en el alcázar, y la tripulación reunida en el espacio de la cubierta comprendido entre el palo mayor y el trinquete, el llamado combés, presenciaban el castigo que debía tener propósitos ejemplarizantes. Hasta el lenguaje estaba sometido a una estricta observancia. Las Ordenanzas de 1743, que regulaban el comportamiento en los buques de la Armada Real española, estipulaban que al que blasfemase de manera reincidente "será condenado a tener la lengua atravesada con un hierro candente" (art. I.I.52).

El motín era inusual por la crueldad de los castigos que recaían en los amotinados. El periódico oficial del gobierno español, la *Gaceta de Madrid*, publicó el 25 de septiembre de 1764, con noticia fechada en Amsterdam el 4 del mismo mes, que un Consejo de Guerra había condenado a muerte a trece de los amotinados del navío "Nyembourg", perteneciente a la Compañía holandesa de las Indias Orientales. El 31 de septiembre diez fueron ahorcados, y al día siguiente tres fueron despedazados vivos, castigándose a los demás "con otros suplicios menos rigurosos a proporción de sus delitos". Los cadáveres de los ejecutados estuvieron expuestos en ruedas, con sus cabezas plantadas sobre picas, como lo fue el negro Babo por amotinarse contra el capitán negrero en la novela de Melville "Benito Cereno", quien después de ser ahorcado se quemó su cuerpo y se aventaron sus cenizas, "pero su cabeza, nido de malicia, permaneció durante muchos días clavada en un palo en la Plaza, y parecía sostener, indómito, las miradas de los blancos".

El 8 de febrero de 1751 se ejecutó en Alicante la sentencia de horca pronunciada contra cinco marineros daneses y holandeses que habían encabezado un motín en el navío holandés *Cornelia Galeota*, asesinando a su capitán e incendiado la nave. Una vez comunicada la sentencia, los ocho reos manifestaron su deseo de abrazar el catolicismo, abjurando del calvinismo y luteranismo que profesaban, siendo ahorcados "con universal edificación y consuelo", asistidos por los siempre eficaces padres jesuitas.

No obstante, ningún motín alcanzó la difusión del protagonizado por los marineros del buque de guerra británico "Bounty", dirigidos por su primer oficial, contra el capitán Bligh y sus métodos inhumanos, tras visitar Tahití y cargar, para su aclimatación en las Antillas, ejemplares del llamado "árbol del pan". Una fama que se ha prolongado en el tiempo, dando lugar a diversos libros y a películas de alto presupuesto.

La insalubridad del navío

La vida cotidiana en los navíos era de una dureza extraordinaria, en contraposición con la fascinación que ejercían desde el exterior los grandes veleros. Junto a las cárceles —y hay similitudes evidentes entre un buque y una prisión— el navío era considerado como un lugar insano, donde el aire tenía propensión a pudrirse. En la sentina se producía la mayor concentración de fetidez por el hedor del agua podrida y por los vapores de los víveres allí almacenados, pero estos olores tenían el acompañamiento de las exhalaciones de los propios marineros, cuya higiene personal era escasa por tener que utilizar necesariamente agua salada, de muy dudosa eficacia. El médico higienista portugués Antonio Ribeiro Sanches afir-

maba que “todos los navegantes van enfermos, y aunque les quedan bastantes fuerzas para trabajar, ninguno de ellos goza de perfecta salud”. El propio Lapérouse confesaba en una carta escrita antes de iniciar la última fase de su expedición que “no es posible expresar las fatigas de un viaje como éste. A mi vuelta me vas a tomar por un anciano de cien años. No me quedan ni dientes ni pelo y creo que no tardaré en chochear”.

El procedimiento utilizado para lograr una mínima salubridad en los navíos, desinsectando y desratizando la embarcación, era el llamado “dar humazo”, consistente en quemar a fuego lento en el fondo de la bodega azufre y carbón, después de sellar las escotillas lo mejor posible. El erudito francés Bigot de Morogues intentó aplicar un método de renovación del aire en el interior de los navios consistente en un gran embudo de lona cuya boca más ancha estaba asegurada a un mástil cara al viento, y la boca más estrecha, que pasaba por los entrepuentes, llegaba hasta la bodega, y se llegó a utilizar el procedimiento del inglés Samuel Sutton fundado en el desplazamiento del aire caliente del interior, calentado por la lumbre de un fogón, por aire frío renovado que entraría por las escotillas y postigos de la embarcación.

El mantenimiento de las provisiones embarcadas era una gran preocupación. El marinero consumía habitualmente un guisado sazonado con pimienta compuesto de galleta machacada, carne salada troceada y algunas patatas o arroz, ya que las provisiones frescas escaseaban. Richard Henry Dana, en su magnífico libro “Dos años al pie del mástil”, recientemente traducido, donde describe la vida de los marineros en un velero mercante y denunciando que la carne salada llegaba a la marinería después de que las mejores piezas, aquellas que tenían grasa, pasaran a la cámara de los oficiales, quedando para los marineros los trozos más duros y secos. El escorbuto era el resultado del exceso en el consumo de carnes saladas y a la falta de higiene: se hinchaban las piernas hasta que el dolor impedía andar, y se dilataban las encías hasta no poder abrir la boca. El famoso almirante británico George Anson en su “Voyage round the World”, publicado en 1748, consideraba que la humedad y el calor hacía que del Pacífico se levantasen más exhalaciones procedentes de los animales vivos y muertos que en ningún otro Océano, por lo que atribuyó el escorbuto al peculiar carácter del aire del Pacífico. No obstante, los navegantes del último tercio del siglo XVIII ya sabían que la enfermedad estaba ligada a la alimentación de las tripulaciones. James Cook en su segundo viaje de 1772 sólo perdió a dos de sus 225 marinos por escorbuto gracias a su preocupación por proveerse de frutas y conservas de legumbres, y ya James Lind aconsejó embarcar jarabes de naranja y limón en las embarcaciones que iban a realizar prolongadas singladuras con el fin de suministrarlos a los marineros que enfermasen durante el viaje.

El agua potable era objeto de especial cuidado. Hacer la aguada en manantiales adecuados era de suma importancia para evitar que el agua se corrompiera en un plazo breve. La desembocadura del río Algar, en la bahía de Altea, salida natural de los manantiales de Callosa y Polop, era uno de los lugares más concurridos del Mediterráneo occidental para efectuar la aguada, por la calidad de aquellos manantiales y su fama de incorruptibilidad. El famoso médico flamenco Boerhaave había aconsejado echar en los toneles de agua algunas gotas de aceite de azufre o de vitriolo, y el catedrático de Edimburgo Charles Alston había publicado en 1752 un tratado describiendo sus experimentos con agua de cal, muy útil en su opinión para las largas navegaciones porque preservaba el agua de su putrefacción y

mataba los insectos que en ella se criaban. Hubo, incluso, en el Setecientos experiencias para desalar agua de mar y convertirla en potable, que era el sueño de todo marino. El médico inglés Appleby había descrito con detalle en la prestigiosa revista "Philosophical Transactions", correspondiente a 1753, su método para convertir en potable agua del mar, con la aprobación del Almirantazgo británico. En un alambique se introducía agua de mar, cal viva y potasa, huesos calcinados, y todo se destilaba a fuego lento. Appleby consideraba que el líquido resultante era potable, aunque de un sabor infernal.

La jornada en un gran velero y los riesgos

La vida diaria de la tripulación de un velero se iniciaba al amanecer con el baldeo de la cubierta, tras dormir en hamacas o coys colgados de los maderos transversales del castillo de proa y que se recogían cada mañana. La operación de baldeo duraba entre una y dos horas, pues tras fregar la cubierta con trozos de lona, ésta se enarenaba y posteriormente se frotaba con piedra arenisca. Tras estas operaciones se ponía en funcionamiento la bomba para eliminar la arena de la cubierta, pasando a su secado. Hasta no concluida esta operación, no se tomaba la primera comida o desayuno, por lo general una pasta de agua caliente y gachas.

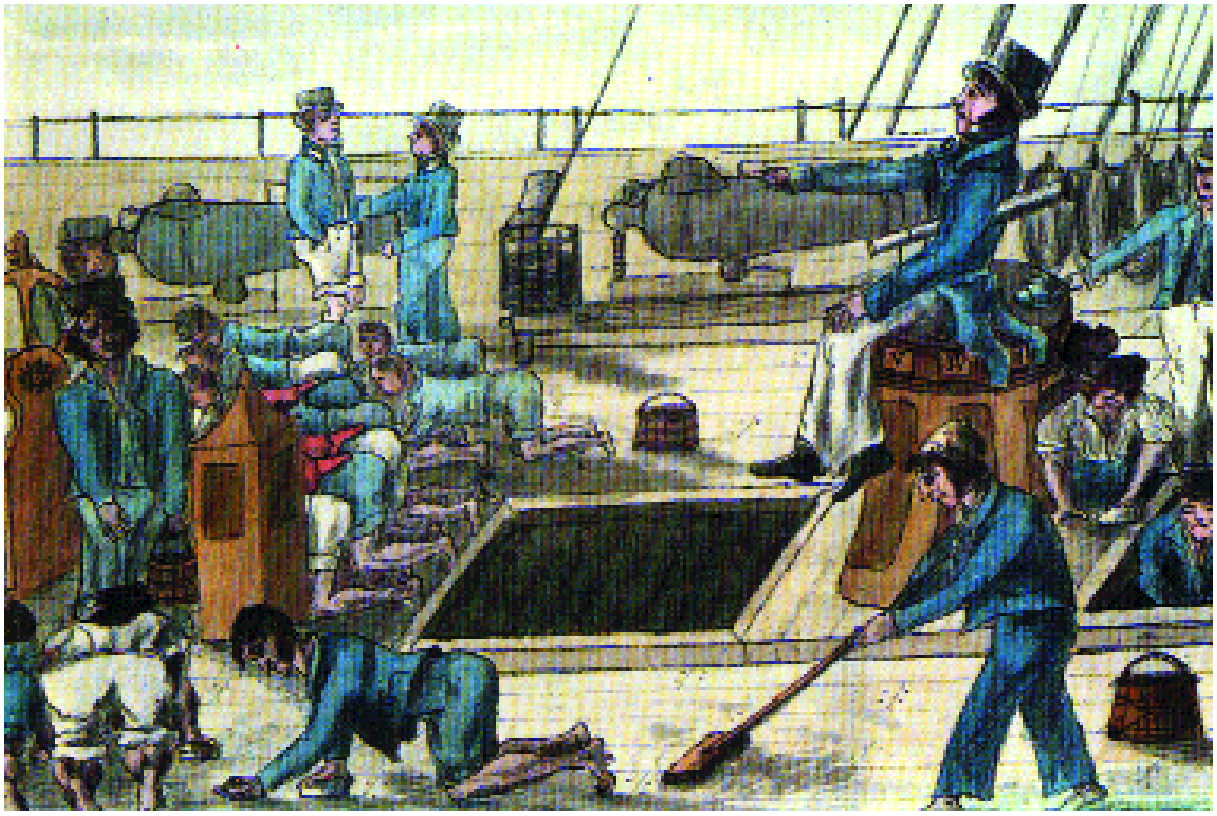
La tripulación estaba dividida en dos grupos iguales llamados guardias, la de babor y la de estribor, y el tiempo del día estaba distribuido en guardias de 4 horas, salvo que las condiciones meteorológicas obligaran a toda la marinería a trabajar en cubierta y en los aparejos, donde tenía gran importancia el aferrado de las velas, es decir su recogida y amarrado a su respectiva verga, enrollándolas en una especie de cucuruchos sin arrugas. La calidad del aferrado era por lo que se juzgaba a un navío y la calidad y preparación de su tripulación. Por tanto se dormía poco, rara vez más de cuatro horas seguidas.

En la navegación del siglo XVIII la prueba más ardua, el doctorado de todo marino, se lograba doblando el Cabo de Hornos en la estación invernal, en el extremo meridional de América. Con los cabos y aparejos cubiertos de nieve y hielo, la mar encrespada, con turbiones de granizo, el marino pasaba su momento más crítico, sumido en la oscuridad y con su ropa empapada, pese a la precaución haber sido previamente alquitranada. Se tardaba entre 40 y 60 días en doblar en Cabo de Hornos con mal tiempo, y allí, en ese mar casi helado, entre los icebergs, los marineros olían el infierno. La alternativa era el estrecho de Magallanes, pero el peligro era incluso mayor: extraordinariamente tortuoso, con gran diversidad de corrientes, las posibilidades de embarrancar eran muchas por la poca precisión de las cartas. James Cook en su "Relación de su primer viaje alrededor del mundo" que efectuó al mando del "Endeavour" entre 1768 y 1771, confirma que era preferible doblar el cabo a cruzar el estrecho de Magallanes, y que el buque "El Delfín" de su amigo el capitán Wallis tardó en atravesar el estrecho de Magallanes tres meses en febrero de 1767, cuando el tiempo era más favorable por ser el verano austral, mientras que en ese mismo mes de 1769, Cook sólo había tenido que emplear treinta y tres días en rodear la Tierra del Fuego y el cabo de Hornos.

Queda, por último, el riesgo al naufragio. Lapérouse desapareció definitivamente en Vanikoro, y el marino enviado en 1791 por Francia en su busca, Bruni d'Entrecasteaux, murió de agotamiento en una búsqueda infructuosa de supervivientes. Pero ningún naufragio causó tanto impacto como el del ballenero "Essex", hundido en el Pacífico por un cachalote enloquecido. El

historiador norteamericano Nathaniel Philbrick ha obtenido el National Book Award del año 2000 en la modalidad de Ensayo con la descripción de la tragedia del Essex, de cuya tripulación sólo sobrevivieron ocho marineros, de los que dos navegaron 4.500 millas por el Pacífico en un pequeño bote, cubiertos de llagas, alimentándose de los restos humanos de sus compañeros muertos.

Este año, en que se cumple el ciento cincuenta aniversario de la publicación de “Moby Dick”, la mayor novela sobre los aromas y los sonidos de la navegación a vela, es oportuno rememorar la gran obra de Melville y su desenlace, cuando el destino inexorable del hombre enfrentado a la maldad eterna es engullido, al igual que el “Pequod” y su capitán Achab, por el abismo oceánico, y sólo el narrador Ishmael sobrevive al naufragio, asido a un ataúd boya, para contarnos que hay tierras que no se encuentran en los mapas, como la isla donde nació su amigo Queequeg el arponero, “cosa que suele ocurrir con la mayoría de los lugares que existen de verdad”.



UNA APROXIMACIÓN A LA HISTORIA DE LA CARTOGRAFÍA

Cayetano Mas Galvañ

Los primeros mapas

Siguiendo a G. Kish, desde las primeras culturas podemos apreciar una dualidad en la cartografía que han ido creando. En primer lugar, el mapa tiene por objeto representar diversos puntos y accidentes de la Tierra y la relación que entre ellos establece el hombre. Estas relaciones principalmente se determinan por la distancia y la dirección. Antiguamente la distancia se expresaba no sólo en medidas lineales sino también, frecuentemente, en unidades de tiempo (horas, días...). Prima por tanto una finalidad instrumental y práctica. Pero junto a esta utilidad inmediata, a este mapa-instrumento, también encontramos el mapa-imagen, que remite al imaginario colectivo, a la representación de las ideas cosmogónicas de cada cultura, y por eso tiende a poblarse de lugares míticos o de seres fantásticos al representar las zonas de las que se tenían noticias imprecisas.

En cualquier caso, la representación cartográfica, en cualquiera de sus funciones, constituye una expresión de humanidad fundamental. Está presente en prácticamente todas las culturas, en multitud de formas y soportes (madera, piedra, arcilla cocida, pieles...), y si bien responde a un tipo concreto de expresión y de comunicación, es en buena medida independiente de la escritura propiamente dicha: quizá la precedió —si son algún tipo de mapas los dibujos existentes en cuevas y abrigos prehistóricos—, y sin duda se dio en culturas que no llegaron a desarrollar la escritura, incluso de elevado nivel, como los aztecas e incas (así, la célebre “piedra de Saihite”) que representa una ciudad.

Cercano Oriente

El mapa más antiguo que se ha encontrado hasta ahora es una placa de barro cocido procedente de Ga-Sur, en Mesopotamia; se supone que fue compuesto hacia el año 2500 a.C. y representa el valle de un río en una determinada zona del país.

También se han encontrado otros posteriores con representaciones del mundo, según la concepción babilónica de un mapa-mundi circular, que se puede considerar como fuente de una de las grandes tradiciones de la cartografía, y que a través del mundo clásico llega hasta el final de la Edad Media.

Sin embargo, en general los mapas babilónicos suelen ser representaciones de tipo catastral. Este carácter fue también especialmente importante en Egipto, donde los trabajos catastrales eran absolutamente necesarios para la delimitación de las propiedades ante la inundación anual del Nilo. No se han hallado en Egipto, en cambio, mapas de grandes zonas.

Extremo Oriente

En China, vamos a encontrar de nuevo, junto al mapa-instrumento, extraordinariamente desarrollado allí, el mapamundi circular, el mapa-imagen. Los más antiguos (del siglo V a.C.) acompañados de textos búdicos, parecen de origen indio; en los posteriores, ya típicamente chinos, aparece China, el "Imperio de Enmedio" ocupando el centro de un gran continente rodeado por un gran océano exterior con numerosas islas con nombres imaginarios.

El mapa-instrumento por su parte tiene en China, desde tiempos muy antiguos, un gran desarrollo promovido por la propia administración imperial, tanto para fines administrativos como militares. De tal manera que cuando los misioneros jesuitas, en el siglo XVI, iniciaron la publicación del mapa de China, encontraron un material abundante para su preparación.

Se ha hablado de mapas chinos del siglo XXVIII a.C.; pero la referencia más antigua a su existencia es sólo del año 227 a.C., apareciendo una cita en un documento, en la que se ensalza la utilidad y el uso de los mapas. Técnicamente no ofrecen grandes progresos.

Se atribuye a Pei-Hsiu (siglo III a.C.) la fundación de la cartografía china, con la invención de la cuadrícula de referencia (que no tiene relación alguna con la red de meridianos y paralelos), el uso de la orientación, la medición de distancias y la indicación de cotas. Ha sido comparado con

Mapa portulano de Juan Vespucci. Mapa del mundo conocido. Sevilla 1526.

Ptolomeo, de quien fue casi contemporáneo, y ciertamente el papel de ambos, cada uno en su mundo, es equivalente. Desconoció, sin embargo, por el aislamiento mutuo, los avances científicos de la escuela alejandrina, a la que Ptolomeo perteneció, y que en aquellos momentos vivió su máximo esplendor, como veremos más adelante.

Por otra parte, el mapa chino más antiguo que se conserva es del año 1137 d.C., aunque al parecer es copia de una obra de Chia Tan, cartógrafo del siglo VIII.

En los siglos siguientes la cartografía, al igual que otras técnicas, quedó en China completamente estancada y se benefició muy poco de las innovaciones procedentes del exterior. No obstante, los jesuitas pudieron formar en el siglo XVII un mapa del imperio completando sus observaciones con mapas parciales chinos, y hubo cartógrafos occidentales que trabajaron en China; pero aún en el siglo XIX los chinos seguían copiando sus viejos modelos de mapas en forma de disco, con China en el centro, en los que difícilmente se reconocen las costas más características de Asia y hay deformaciones tan burdas como en los primeros mapas medievales europeos.

Grecia y Roma

La Grecia clásica —extendiéndonos hasta la Alejandría romana— supuso el establecimiento de las primeras directrices para la representación científica de la superficie terrestre.

En el siglo IV a.C. ya se admitía la forma esférica de la Tierra con sus polos, su ecuador y sus trópicos; se introdujo el actual sistema de longitudes y latitudes, se construyeron las primeras proyecciones y se calculó el tamaño de la Tierra, medido por Eratóstenes en el siglo III a.C.

Según Herodoto y Estrabón el comienzo de la cartografía griega puede situarse en los primeros geógrafos jonios, como Anaximandro (siglo VI a.C., a quien se le atribuye el trazado del mapa griego más antiguo), y Hecateo de Mileto (siglo V a.C.), considerado “padre de la geografía”. Ambos representaban la Tierra como un disco plano, que comprendía los tres continentes conocidos o Ecúmene (Europa, Asia y África) a cuyo alrededor

estaban las aguas de un océano circular sobre las que parecían flotar. Este tipo de mapa-disco, que enlaza con la tradición babilónica, tuvo una larga descendencia en la representación del "orbis terrarum" en el mundo clásico.

La idea de que la tierra era una esfera y no un disco plano fue enunciada primero por Pitágoras y los discípulos de su escuela, y fue conservada y potenciada por Sócrates, Platón y Aristóteles. En el siglo III a.C. fue cuando Eratóstenes, director de la escuela de Alejandría, efectuó, con una idea sencilla pero genial y ayudado no poco por la suerte, la medición de la circunferencia de la Tierra, de la que obtuvo un valor muy aproximado al real para un grado de meridiano (110 km. frente a los 111 verdaderos). Sabedor de que en la ciudad de Siena (la actual Asuán, cercana al trópico de Cáncer) en el mediodía del solsticio de verano el Sol no proyectaba sombra, Eratóstenes midió el valor angular de la sombra proyectada en ese mismo instante en Alejandría; como la distancia lineal entre ambas ciudades era conocida, bastaba obtener el valor de un grado en unidades de superficie y multiplicarlo por el total de grados de la esfera. Sin embargo, estas mediciones de Eratóstenes fueron rectificadas un siglo después por Posidonio, quien dió al grado de la circunferencia del meridiano un valor mucho menor. Valor reducido que fue adoptado por Ptolomeo y legado a los cartógrafos del siglo XV, lo cual pudo dar lugar al yerro de Colón sobre el tamaño real de la Tierra.

El apogeo de la cartografía griega está unido al nombre de Claudio Ptolomeo (ca. 100-170 d.C.). Ptolomeo es autor del primer Atlas Universal, en el cual no sólo usa meridianos y paralelos y sitúa poblaciones por coordenadas, sino que emplea proyecciones cónicas. Fue fundamentalmente astrónomo y matemático; su famosa *Geografía*, compuesta de 8 volúmenes, es esencialmente una tabla de coordenadas geográficas, una extensa relación de unos 8.000 nombres de lugares con latitudes y longitudes para determinar su posición, a manera de una guía o vademecum. Solamente dos de los ocho volúmenes tratan de principios teóricos de cartografía, geografía matemática, proyecciones, etc. Durante la Edad Media el Atlas de Ptolomeo fue reproducido muchas veces en el mundo musulmán (*Almagesto*) y en los siglos XV y XVI fue impreso en varias ocasiones en Occidente, donde no se conoció hasta 1477.

La obra de Ptolomeo marca también el final del gran impulso investigador de los alejandrinos en ese campo. Sus enseñanzas, mantenidas por sus discípulos, y recogidas más tarde por los sabios bizantinos, a través de los cuales pasaron a los árabes, no tuvieron sin embargo eco en la cartografía romana, para la cual un mapa seguía siendo un instrumento práctico.

Son, en efecto, un instrumento práctico los *itinerarios* (un antecedente de las modernas guías de carreteras), utilizables para fines militares y administrativos o comerciales, de los cuales el más conocido es la *Tabula Peutingeriana*, así llamada por el nombre del humanista del Renacimiento alemán (Peutinger), que la guardó en su biblioteca. Se trata de un extenso cartograma, de 675 centímetros de largo por 34 de ancho, que desarrolla una esquematización de las calzadas que recorrían el Imperio, y señala las ciudades que atraviesan, las posadas, etc., con las distancias indicadas en millas romanas. En total están reflejados más de cinco mil lugares geográficos, lo que hace de ella una de las más importantes fuentes de nuestro conocimiento de la geografía romana. El original, dibujado en el siglo IV d. de C., se ha perdido, así como muchas de las nume-

rosas copias que a lo largo de los siglos se fueron repitiendo.

Siempre dotados de su conocido sentido práctico y utilitario, los romanos llevaron a un alto grado los trabajos de geometría y geodesia aplicados a la agrimensura. Se conservan manuscritos iluminados, de la Alta Edad media, de los agrimensores. Son manuales ilustrados por mapas a gran escala. Destaca, por otra parte, el acabado diseño y la elevada calidad de los planos topográficos de poblaciones, entre los que cabe destacar el de la ciudad de Roma, a escala 1/240, realizado bajo el reinado del emperador Séptimo Severo (203-211 d. de C.), grabado en mármol y que estuvo colocado en el Foro; se conservan de él unos 600 fragmentos y debía de medir unos 13 x 18 metros.

En cuanto a los modelos cosmológicos, el mapamundi romano sigue el modelo circular de los geógrafos jonios, que habían usado Anaxágoras y Hecateo de Mileto, y que fue común en la Edad Antigua, sin incorporar ninguna de las aportaciones cartográficas de los alejandrinos. En ellos, el centro del mundo es lógicamente Roma. El más famoso es el gran "Orbis Terrarum" realizado por M. Vispanius Agripa (63-12 a. de C.), por orden de Augusto. El mapa se terminó en el año 20 a. de C., y estaba situado en el Campo de Marte, de Roma. En él se señalaban los itinerarios de todo el Imperio y reunió el mayor número posible de datos.

La Cristiandad medieval

El mapamundi medieval deriva directamente del "Orbis Terrarum" de los romanos. Pero la Edad media occidental intentó, bajo la influencia de tradiciones bíblicas, una representación simbólica de carácter religioso, que introducía variaciones significativas en el Orbis Terrarum clásico. El Oriente (Asia), como en los mapas romanos, está situado en la parte superior (de ahí procede la palabra orientación). De este modo se conseguía colocar en una posición destacada (parte superior) las representaciones bíblicas como son el Paraíso Terrenal, los Reyes Magos... Al mismo tiempo, la concepción geográfica de los mapas medievales ensaya la representación simbólica del mundo mediante abstracciones místicas, perdiéndose totalmente la idea de la esfericidad de la Tierra. También se conserva la representación tripartita de la Ecúmene, donde el Mediterráneo sigue siendo el centro predominante, pero el mapa tiene como eje a la ciudad santa de Jerusalen, centro del universo cristiano, y con frecuencia los tres continentes llevan el nombre de los hijos de Noé (Sem, Cam y Jafet). También se les añaden seres fantásticos tomados de la antigüedad, conservándose la toponimia de la de la época clásica.

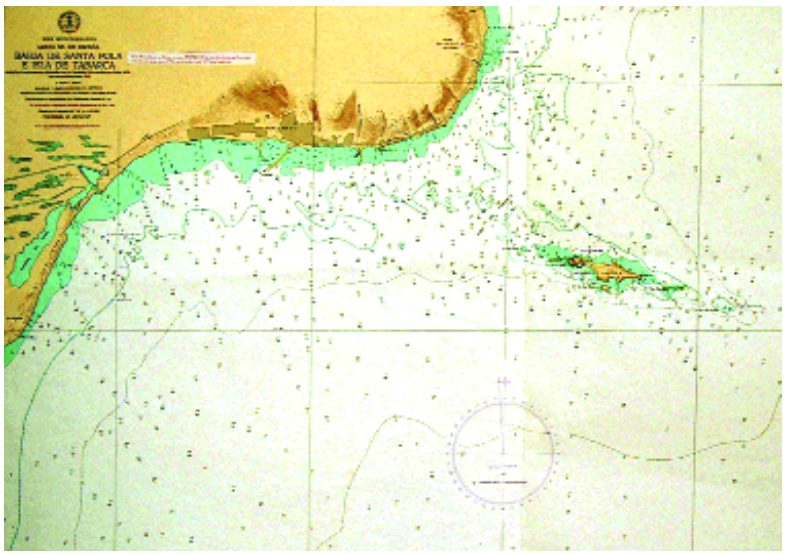
Existen muchos de estos mapas tripartitos, cuyas líneas interiores están esquematizadas y forman una T, enmarcada por el Océano exterior, que se dibuja como un círculo. A estos tipos de mapamundi esquemáticos, muy típicos en la Edad Media, se les conoce como "Mapa de T en O" (la parte fundamental del dibujo es un jeroglífico construido con las letras O y T, iniciales de "Orbis Terrarum"; la O representa el borde del mundo, y la T en ella encerrada, la divide en los tres continentes conocidos entonces) o como "Mapa de rueda". Este tipo se atribuye a San Isidoro, pues aparecen por primera vez en las *Etimologías*, ya desde las primeras ediciones, y en otras obras suyas.

Otros mapas, siguen el modelo de otro hispano del siglo V, Orosio, resultando más próximos al mapa de la antigüedad. La tendencia ornamental y el alejamiento cada vez mayor de los modelos romanos hacen que muchos de

estos mapas sean confusos; aparece también en ellos una tendencia a la estilización y a la esquematización de los contornos.

No hemos de olvidar otro modelo de mapa, el cuatripartito, derivado del universo representado en el globo de Crates (siglo II a. de C.). En él un Océano transversal que se suponía existente en la zona del Ecuador, divide el mapa en dos partes: en la superior están los tres continentes tradicionales y en la inferior un cuarto continente denominado "terra incognita" o "terra australis". Viene a representar así todo un hemisferio terrestre, por lo que también han sido llamados "mapas hemisféricos".

Dentro de los mapamundis medievales, forman un grupo con personalidad bien definida los que aparecen en los llamados "beatos", manuscritos que contienen los "Comentarios al Apocalipsis", del monje hispano Beato de Liébana (siglo VIII). No se ha conservado ninguna clase de mapas particulares de países europeos, salvo alguna excepción en el siglo XIII. Y aunque los viajes fueron muy frecuentes en toda la Edad Media, no quedó de ellos constancia cartográfica alguna. Muchos de estos viajes debieron de desarrollar itinerarios o "guías", pero salvo casos muy concretos no han llegado a nosotros. Los mapamundis medievales tienen un indudable interés arqueológico y documental, pero su valor cartográfico es muy pequeño y desde este punto de vista deben de considerarse como primitivos. Hasta el comienzo del desarrollo del "portulano" no se puede hablar de mapas propiamente dichos. De la segunda mitad del siglo XIII se conservan dos grandes mapas que suponen una evolución significativa del mapa medieval. Son el de la Catedral de Hereford, de Ricardo de Haldingham, que formaba parte de la ornamentación de un retablo (mide 1'62 metros, y es de forma circular); y el de Ebstorf, encontrado en una Abadía Benedictina, que medía cerca de 4 metros y fue destruido en un bombardeo en la II Guerra Mundial. Corresponden a la Baja Edad Media en la que comienza, con los grandes viajes, el interés por un conocimiento más exacto de los países, y coincide con la aparición de otros grandes mapas que, aunque de origen diverso y distanciados en el tiempo, tienen en común su interés por ofrecer una imagen del mundo más aproximada a la realidad. Tanto el mapa de Hereford como el de Ebstorf tienen como base el simbolismo cristiano, tradicional en la Edad Media.

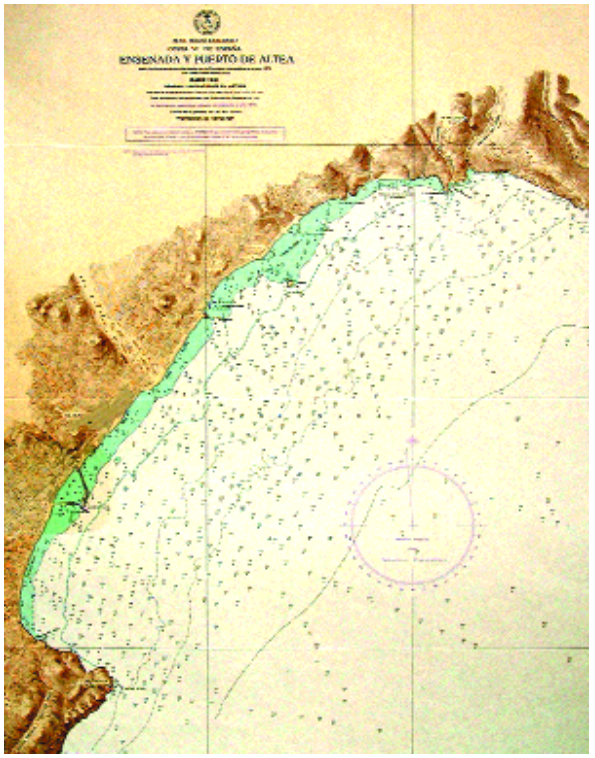


El mundo islámico

El Islam, recogiendo la herencia de viejas culturas sobre las que estableció su dominación (desde

Bizancio a la India), el legado clásico (en especial, el de Ptolomeo) y los conocimientos astronómicos, produjo a partir del siglo IX su propia y destacada cartografía. El mapamundi árabe cristalizaría en un modelo muy simplificado, circular y tripartito, con el Sur en la parte superior, centrado sobre La Meca, y con dos grandes mares, uno a cada lado (el Mediterráneo y el Índico), en comunicación con el océano circular exterior. Los árabes calcularon también de nuevo la longitud del grado de meridiano, construyeron esferas celestes y estudiaron las proyecciones.

La realización más destacada de la cartografía islámica es sin duda el gran mapamundi que Roger II de Sicilia encargó a Abu Abdallah Muhammad *Al Idrisí*. Se trata de una obra terminada en 1154, a la que acompaña una descripción escrita. Recoge datos de múltiples procedencias, tanto musulmanas como cristianas, y se preocupa por obtener una representación lo más real posible, empleando datos directos, o conseguidos a través de viajeros y mercaderes. Del mismo autor cabe mencionar también un mapamundi más pequeño, circular, igualmente centrado sobre La Meca.



LA EDAD MODERNA

Los portulanos

Con el término “portulano” se designan, en general, las cartas náuticas que tuvieron su apogeo desde el siglo XIII al XVI e incluso el XVII. En su origen esta palabra designaba los cuadernos de instrucciones en que los navegantes anotaban los rumbos y las distancias entre los puertos y que es probable que fueran ilustrados con croquis; cuyos datos, más adelante, se unieron confluyendo en una carta general, que por extensión vino a denominarse también “portulano” o “carta portulana”. Los centros donde aparecieron por primera vez fueron Mallorca, Génova y Venecia, siendo los primeros autores conocidos Petrus Vesconte (carta de 1311) y Angelino Dulcert (1339). Uno de los más fecundos fue Joan Martines (1556-1591), cartógrafo de origen catalán o mallorquín que trabajó en Mesina y Nápoles tras recibir el título de cosmógrafo real por orden de Felipe II, y que publicó algo más de 30 atlas. En ellos incorporó los últimos descubrimientos realizados por españoles y portugueses.

El portulano es el eslabón de una larga cadena de navegaciones en un mar, el Mediterráneo, cerrado, de costas relativamente próximas, que permitían cruzarlo cómodamente en todas direc-

ciones. Elaborados sobre pergamino, los portulanos —como las anteriores cartas náuticas— nacían con la finalidad concreta de servir a los navegantes, y por tanto el interés estaba centrado en la descripción de las costas, por lo que sólo representaban los accidentes del litoral con algunos detalles del interior, como los ríos y montes que pudieran servir de referencia al navegante. Con la intención de facilitar la lectura, la disposición de los nombres de los puertos y accidentes geográficos se escribía perpendicularmente a la línea de la costa, de forma que girando el mapa se pudiera efectuar cómodamente una lectura continuada. Característico de los portulanos es la red de líneas que los cruzan en todas las direcciones y que forman una especie de tela de araña. Estas "líneas de rumbos predeterminados" están formadas por la prolongación de los ángulos de una rosa de los vientos central, que se entrecruzan con las de otras rosas dispuestas alrededor de la principal, lo que unido a la variedad de colores (rojos, verdes, azules, oro) utilizados para facilitar la identificación de los "rumbos", les da un aspecto altamente decorativo. Se utilizaban conjuntamente con la brújula, la rosa de los vientos y el compás (para hallar qué rumbo de la rosa de los vientos correspondía con el rumbo que se deseaba seguir). Desde sus comienzos las cartas llevaban una escala lineal, en leguas marinas, para indicar las distancias entre los distintos puertos. La utilización de la flor de lis para señalar el norte aparece a partir del siglo XVI, paralelamente al acercamiento de la polar al polo norte celeste. Las primeras cartas naúticas eran de una extremada simplicidad, desprovistas casi por completo de elementos decorativos. Pero poco a poco los cartógrafos introdujeron colores para diferenciar los vientos y los artistas dibujaron banderas, blasones y efigies de reyes para indicar el emplazamiento de las ciudades, países, etc. y motivos religiosos (la Virgen con el Niño, Cristo Crucificado, el Monte Calvario, etc.), resultando finalmente el conjunto una obra de arte. Desde el siglo XIV el portulano adquiere además de su sentido utilitario, el carácter de objeto de lujo, con una finalidad ornamental, que en principio coexistió con la finalidad técnica de las cartas. Este hecho fue paralelo al desarrollo de mejores cartas, pues al no tener en cuenta el problema de la esfericidad de la tierra, los rumbos definidos en el portulano acumulaban importantes errores en navegaciones de muy larga distancia. De ahí el desarrollo de mejores proyecciones, como la de Mercator, que solucionaban estos problemas, y que el portulano quedase reducido poco a poco a su finalidad ornamental y decorativa. Durante los siglos XVI y XVII, aunque continuó la producción de cartas náuticas, el producto principal fueron los atlas.

El nacimiento de la cartografía moderna y los grandes descubrimientos

La cartografía moderna nace a mediados del siglo XV como consecuencia de tres hechos casi simultáneos:

—La aparición de las obras antiguas, aportadas desde Bizancio, especialmente el atlas de Ptolomeo.
—La invención de la imprenta, que permite copiar rápidamente mapas, lo que antes era labor de muchos días y expuesta a grandes errores.
—La iniciación del siglo de los descubrimientos geográficos, con la expansión portuguesa y castellana.

Entre las obras más características de este renacimiento cartográfico figuran la carta de Paolo

dal Pozzo Toscanelli, que ya lleva meridianos de América, y los globos de Martín Behaim.

Durante el siglo XVI aparecen como avances de la ciencia dos obras de gran transcendencia: la *Cosmografía* de Pedro Apiano y la homónima de Sebastián Münster. Apiano (1495-1554), fue el inventor de la proyección estereográfica y colaborador suyo en sus últimas ediciones fue el cosmógrafo Gemma Frisius, que en 1524 expuso por primera vez la idea de medir triangulaciones. En cuanto a la obra de Münster (1489-1552), el atlas que la acompaña, aunque grabado en madera y de dibujo muy tosco, durante mucho tiempo fue la mejor obra en su género.

Lógicamente, en los primeros tiempos de las exploraciones la cartografía portuguesa y española tendrá una especial relevancia. En el caso portugués, resulta obligado referirse a la Escuela de Sagres, formada bajo el impulso de Enrique el Navegante, así como a la posterior *Casa da Inda* de Lisboa como centro de estudios cartográficos y náuticos. Del periodo anterior a 1500 no conservamos ningún mapa portugués, siendo el primero en el que aparece el Nuevo Mundo el conocido como *Carta de Cantino*, de 1502; el conocido como *Atlas Miller*, (en torno a 1520-1525) marca el inicio del periodo de madurez de la cartografía portuguesa. En el caso español, algo más tardía y con similares cometidos a los de la *Casa da Inda* es la sevillana *Casa de Contratación*, con el cargo de Piloto Mayor. Una de las funciones de la Casa de Contratación era precisamente la de ser la encargada de organizar la actividad cartográfica, comenzando por establecer el prototipo cartográfico oficial —o *Padrón Real*— del que se sacarían las copias autorizadas para su uso en las navegaciones por los pilotos, cuya pericia examinaba el Piloto Mayor. En cuanto a realizaciones cartográficas, el hito básico lo marca el mapa de Juan de la Cosa, piloto cántabro que acompañó a Colón en su segundo viaje, trazado en el año 1500. Por lo demás, este mapa de Juan de la Cosa marca el inicio de la decadencia de la escuela cartográfica mallorquina de tradición medieval volcada sobre el Mediterráneo (aunque aún se mantuvo activa, con familias como los Prunes, durante el XVI), y el comienzo de la escuela sevillana, centrada en torno a los descubrimientos y el Nuevo Mundo. Con la Casa de Contratación por centro, esta escuela pronto se desprendió de las limitaciones de los portulanos y las rigideces de la escuela mallorquina, utilizó el papel en lugar del pergamino y prestó más atención a la funcionalidad que a la estética. Si su iniciador fue Juan de la Cosa, en ella hemos de incluir a destacados cartógrafos como Nuño García Toreno, Diego Ribero y Alonso de Santa Cruz.

Hegemonía holandesa

El extraordinario florecimiento holandés del siglo XVII, que la convirtió en potencia hegemónica durante buena parte de dicho siglo, estuvo en gran medida basado en su capacidad marítima. No es extraño, por tanto, que en los Países Bajos florecieran los más brillantes cartógrafos e hidrógrafos de la época, con la fundación de la Compañía holandesa de las Indias Orientales, en 1602 como hito inicial. Ésta creó su propio departamento cartográfico, y lo dotó del personal adecuado. Para su cartografía, ya se recurrió a la proyección de Mercator, que permitía el trazado de mapas planos en los que los marinos podían señalar una ruta rectilínea pese a la esfericidad de la tierra.

Amsterdam no tardó en conventirse en el centro europeo de la producción de mapas, globos terráqueos, cartas marinas e instrumentos de navegación. Así, en las empresas editoriales destaca la de Willem Janszoon Blaeu (1571-1638), cuya obra cumbre es el *Novus Atlas*, conocido

como *Geografía Blaviana*, dividida en seis tomos, con 400 mapas. Por encargo de Blaeu se hizo en 1610 en los Países Bajos la primera triangulación de que hay noticia. También Frederik De Wit publicó en esta época varios grandes atlas. Con estas obras alcanza su mayor altura la cartografía holandesa, cuya principal característica es su enorme valor decorativo, conseguido mediante el empleo de gran cantidad de dibujos alegóricos, no sólo como adorno del título, sino también bordeando sus márgenes, e incluso invadiendo el campo propio del mapa; hay en estos mapas, además muchas rosas de los vientos y barcos, sobre el mar, animales reales y fantásticos en las zonas inexploradas, y dibujos de sus habitantes

Modelo. Sección de la cuaderna maestra de un navío de 74 cañones "San Jenaro". 46.6 x 37.5 x 5.25. Madera en dos tonos. 1770.

en los países lejanos, tal como los holandeses podían imaginarlos. La rotulación se adorna con rasgos muy largos y elegantes, y con curvas decorativas de fantasía.

Así pues, la nómina de autores holandeses de esta época es impresionante, entre los que cabe destacar, ya en el siglo XVI a Gerardo Mercator (conocido por su *Atlas* y por la invención de la proyección que lleva su nombre) y a Abraham Ortelius (autor del *Theatrum Orbis Terrarum* y geógrafo de Felipe II). Ambos suponen ya una clara vinculación de la cartografía con la astronomía y las matemáticas modernas. A ellos cabe añadir otros nombres como los citados Blaeu y De Wit, Gerard y Cornelis de Jode, Lucas Janszoon Waghenaer, Jan Van Linschoten, Jan Jansson, Joan Blaeu, Hendrick Doncker, Justus Danckerts, Pieter Schenck...

La Ilustración y la cartografía contemporánea

Medidor de alturas y acimutes. *Autor: Franc Van Dieghem.* 150 mm diámetro exterior. Latón. S. XVII.

El siglo XVIII fue un período de extraordinaria actividad cartográfica en toda Europa, y particularmente en Gran Bretaña, país en el que en esos momentos confluye la culminación de la revolución científica y la condición de potencia hegemónica, prolongada en el siglo XIX por el triunfo de la Revolución industrial. Es también la época de la resolución de importantes problemas prácticos (como el de las longitudes), y científicos (como el de la forma de la Tierra, resuelto a favor de los planteamientos newtonianos). En cuanto a la cartografía, por tanto, se consolida plenamente la de carácter científico que tendrá su pleno desarrollo en el siglo XIX, y consecuentemente fue Gran Bretaña la que alcanzó la preeminencia en la producción de mapas, actividad que se vio estimulada por premios de hasta 100 libras, concedidos entre 1759 y 1809 por la *Society of Arts* a cualquier persona que completara el trazado de un condado a escala 2'5cm:1'6 km. A comienzos del siglo XIX, la casi totalidad del país había sido cartografiado a escala, y el *Ordnance Survey*, creado en 1791-1792, la adoptó y prosiguió la tarea.

Las guerras revolucionarias y las napoleónicas tuvieron gran repercusión en la cartografía, tanto en Francia (donde las campañas de Napoleón crearon una demanda de exactitud y detalle), como en países como Gran Bretaña, que precisaban conocer el territorio que acaso tuvieran necesidad de defender, o el que ellos y sus aliados podían atacar. El siglo XIX también presenció la culminación del cartografiado a gran escala de las costas continentales, así como la mayor parte de la exploración de África y Australia. En Australia, Matthew Flinders completó la tarea que emprendieron los holandeses y continuó el capitán Cook. Éstos y similares trazados cartográficos nacionales se llevaron a cabo siguiendo las directrices marcadas en los últimos años del siglo XVII por

Cuadrante doble, modelo Davis. *Autor: Anónimo.* Long.: 54 cm; arco: 42 cm. Madera y marfil. S. XVIII.

los Cassini, una familia de renombrados astrónomos. La exactitud de los datos se vio incrementada gracias a los recientes progresos en el diseño de instrumentos y al superior conocimiento científico de la época.

Las técnicas de impresión también cambiaron a mediados del siglo XIX, y las planchas de cobre fueron reemplazadas por la litografía, procedimiento mediante el cual la imagen se dibujaba sobre piedra. Ello permitió imprimir miles de ejemplares sin pérdida de claridad, y la introducción de muchos más detalles y colores: las antiguas planchas de cobre no tardaban en desgastarse, y a menudo había que regrabarlas para conservar su claridad. Pese a ello el grabado en cobre no desapareció por completo hasta que se inventó la fotografía y pudo aplicarse a la impresión litográfica.

Desde los tiempos de Mercator, se tenía la idea de confeccionar un atlas general que comprendiera mapas de todas partes del mundo, y había sido explotada por los grandes editores holandeses Blaeu y Jansson, pero en el siglo XIX la riqueza de la información científica permitió a los cartógrafos incluir en sus atlas mapas temáticos y de otros tipos. Estos atlas se convirtieron en “expresiones” del pensamiento geográfico de cada país en concreto, y a esta tendencia contribuyó en gran medida la introducción en Alemania de la geografía como materia de estudio.

El *Atlas géographique et physique* del barón Alexander von Humboldt, publicado en 1812 para acompañar sus estudios sobre Nueva España, incluye gran cantidad de información concretada en forma cartográfica, y tenía planes para dar a conocer otro atlas destinado a ilustrar conceptos geográficos. En 1838 se publicó la primera edición del *Physikalischer Atlas* de Heinrich Berghaus, compatriota de Humboldt, a la que siguió en 1852 una versión revisada y aumentada que incluía información sobre meteorología, climatología, hidrología y geología, así como de pluviosidad y de la distribución de las razas e incluso de ciertas enfermedades. La importancia del atlas de Berghaus fue apreciada en Gran Bretaña, y el editor de Edimburgo Alexander Keith Johnston incluyó algunos de esos mapas en su *National Atlas* de 1843. Cuando dos años después apareció el *Physical Atlas*, las dos terceras partes de los mapas derivaban de Berghaus. Fueron rivales de Johnston los dos John Bartholomew, padre e hijo, cuya empresa fundó el *Edinburgh Geographical Institute*. La producción de atlas generales estuvo dominada por los editores comerciales alemanes hasta finales de siglo, si bien la escuela geográfica francesa plasmó sus ideas en el *Atlas général Vidal-Lablache*, publicado en 1894. La primera edición de *The Time Atlas*, producido en 1895, fue en realidad una versión en inglés del *Allgemeine Hand Atlas* de Andreo, pero al cabo de dos ediciones fue completamente redibujado por John George Bartholomew, a fin de reflejar los cambios territoriales que siguieron a la Primera Guerra Mundial.

Los atlas manuales de carácter general, convertidos en una realización propia de la época, testimonian los intereses y preocupaciones de editores y lectores, y así las publicaciones británicas subrayaban la extensión del imperio.

Durante el siglo XIX se crearon numerosos organismos geográficos nacionales en diversos países. En muchos países los servicios geográficos oficiales nacieron como dependencias militares. Así, en Gran Bretaña se crea en 1791 el *Ordnance Survey*, que entre 1798 y 1853 completó la triangulación de su país y entre 1801 y 1870 realizó la primera edición de las hojas que componen su mapa a escala 1:63.360 (una pulgada representa una milla). En Francia, Rigobert Bonne inició en 1808 por encargo de Napoleón la *Carte de France de l’Etat Major*, a escala 1:80.000, que

se acabó en 1882 y comprende 273 hojas. En Italia se creó, en 1872, el *Istituto Geografico Militare*, que entre 1878 y 1903 completó el mapa nacional a 1:100.000 en 277 hojas. En España se creó, en 1810, el *Depósito de la Guerra*, que en sus principios dependió del Estado Mayor. Tenía como misión la reunión de documentos históricos, geográficos y topográficos. El *Depósito de la Guerra* publicó en 1865 el *Mapa Militar Itinerario* a escala 1:500.000, en proyección Bonne. Estaba dividido en 20 hojas de 60 por 40 centímetros y editados a tres colores. Le servía de apoyo una red geodésica de unos 200 vértices, completada con determinaciones astronómicas de poblaciones y puntos notables. En el año 1883 comenzó el *Depósito de la Guerra* los trabajos del *Mapa Militar Itinerario* a escala 1:200.000 en proyección Bonne. La publicación se terminó en 1922, siendo el primer mapa completo del territorio nacional publicado a escala 1:200.000 y construido con base científica. En Portugal, entre 1856 y 1894 el *Instituto Geográfico y Cadastral* publicó la *Carta Geral do Reino*, a escala 1:100.000, en 37 hojas, calculada sobre el elipsoide de Puissart, en proyección Bonne, con meridiano origen en el Castillo de San Jorge. En Suiza, entre 1842 y 1865 se ejecutó el 1:100.000, generalmente conocido como *Carte Dufour*, por el nombre de Henri Dufour (1787-1875), director del *Servicio Geográfico Federal*. Una reducción de este mapa se publicó más tarde a escala 1:250.000 en cuatro hojas. En 1870 se inició la *Carta Siegfrid*, en proyección Bonne y con curvas de nivel. Se realizó a escalas 1:25.000 y 1:50.000. Este mapa se acabó en 1901 y ha sido modernizado y reeditado varias veces. Incluso en las primeras ediciones la calidad es ya extraordinaria. En el Imperio alemán se realizó entre 1841 y 1909 su *Reichskarte*, a 1:100.000. En la cartografía privada, Justus Perthes, en 1830, lanzaba la primera edición de su *Handatlas Stieler*. En el Imperio Austríaco su servicio geográfico completó su *Spezialkarte* a 1:75.000. En Rusia, entre 1865 y 1871 se formó el *Mapa Nacional del Imperio Ruso*, conocido como "Carta Strelbitzki", a escala 1:420.000 (una pulgada equivale a 10 verstas), del que se publicaron 158 hojas; en los últimos años del siglo XIX se completó un mapa más detallado a escala 1:126.000 (una pulgada, tres verstas). Y En Estados Unidos, se creó en 1879 el *Geological Survey*, encargado de realizar los mapas topográficos y geológicos del país.

Para saber más:

Carmen Líter, Francisca Sanchis y Ana Herrero: *Geografía y Cartografía renacentista*, Historia de la Ciencia y de la Técnica, Ed. Akal, núm 13, Madrid, 1992; **Id.**: *La Geografía entre los siglos XVII y XVIII*, Historia de la Ciencia y de la Técnica, Ed. Akal, núm 22, Madrid, 1996.

También resulta de gran utilidad la página web: http://www.cerveracentre.com/inicial1.html

NAVEGACIÓN, CIENCIA Y ASTRONOMÍA EN LA ÉPOCA MODERNA

Jesús Pradells

A las gestas épicas que caracterizaron la época de las primeras expediciones ultramarinas, en las que un puñado de hombres circunvalaron África hasta alcanzar la India y las naves de los Reyes Católicos descubrieron América a los europeos, siguieron los tiempos de la conquista y la construcción de imperios. Portugal construyó el suyo basado en factorías y relaciones comerciales. Castilla apostó por un imperio de ocupación y dominio territorial.

Con la incorporación de británicos, franceses y holandeses a la competencia colonial el poder naval se convirtió en un elemento fundamental de las relaciones internacionales. Sirviéndose de técnicas fundamentalmente empíricas, y perfeccionando con la experiencia la navegación a la estima y astronómica, los europeos de los siglos XVI y XVII exploran, conquistan, comercian y evangelizan. Pero, si la determinación de la latitud a bordo de los buques fue posible estimarla de manera aceptable mediante las referencias astronómicas y un instrumental rudimentario, fijar la longitud constituyó un problema de más difícil resolución, aunque no representó un obstáculo insalvable para el desarrollo de la marina y la navegación transoceánica.

La posibilidad teórica de fijar la longitud se planteó ya en el siglo XVI, cuando, en 1514, John Wesner propuso en Nüremberg la elaboración sistemática de tablas lunares, pero fue necesario esperar a que la astronomía, la explicación científica de la mecánica celeste, alcanzara un grado suficiente de madurez en la segunda mitad del siglo XVIII para poder ser utilizada con provecho por los navegantes.

El desarrollo de los instrumentos de navegación, capaces de medir los ángulos de referencia con exactitud, y el disponer de cronómetros lo

suficientemente precisos, requirió un largo proceso de gestación, en el que la participación española tuvo un escaso papel.

La España de los Austrias Menores fue refractaria a las novedades de los tiempos Modernos, y las experiencias acumuladas y sintetizadas en el siglo XVI, en que aparecieron algunas de las más célebres obras de la náutica española, siguieron un camino de decadencia parejo al de Monarquía Hispánica. Mientras la Academia de Ciencias de París se convertía en la institución científica más importante de Europa, y en Inglaterra Carlos II fundaba el observatorio de Greenwich, en 1674, con la misión de formar tablas precisas de las observaciones lunares, la navegación española continuó aferrada a las enseñanzas más tradicionales.

Los hombres de ciencia del siglo XVIII volvieron a mirar el mundo con ojos nuevos, lo inventariaron y analizaron, pero tardaron en derivar aplicaciones prácticas desde la teoría. Durante la mayor parte de la centuria este papel correspondió en rigor a la tradición técnico-empírica más que a la ciencia aplicada. Las exigencias de utilidad inmediata que el poder reclamaba de la ciencia tuvo, al menos hasta las primeras décadas del siglo XIX, una proyección limitada, con excepción, quizás, de la cartografía náutica y terrestre. Así, mientras el conocimiento del universo dio un importante paso de la mano de los astrónomos del siglo XVII, la astronomía postnewtoniana tardó en alcanzar un estadio de desarrollo suficiente para perfeccionar con exactitud científica los problemas esenciales de la navegación de altura.

La Astronomía, pudo desarrollarse a lo largo del siglo XVIII, conforme sintetiza Manuel A. Sellés, mediante la conjunción de dos programas distintos pero dependientes: uno eminentemente científico relacionado con la Astronomía y la "necesidad de contrastar teoría y observación"; otro, más utilitario, "de signo náutico, cartográfico e hidrográfico, impulsado por la expansión económica y comercial de una Europa dispuesta a intervenir y controlar el espacio de su entorno". Sin embargo, se tardó casi un siglo en conseguir el que había sido uno de sus principales objetivos prácticos: la determinación de la longitud. La solución más práctica vino de la mano de los cronómetros mecánicos de Jhon Harrison y Pierre Leroy. España, a pesar de los esfuerzos desarrollados en las últimas décadas de la centuria, no llegó nunca a soslayar su dependencia de Inglaterra y Francia a la hora de contar con los nuevos y más precisos instrumentos para la navegación. En 1774 se compraron los cronómetros de F. Berthoud, y en 1772 Langara y Mazarredo ensayaron por vez primera el método de las distancias lunares en un viaje a Manila.

El siglo de la Ilustración aparece caracterizado también como el siglo de las expediciones científicas. Unas empresas que, tanto por la amplitud de sus objetivos científicos —astronómicos, cartográficos, botánicos, geológicos, antropológicos, sociolingüísticos y etno-históricos— se convirtieron en emblema de la modernidad y en fuente de prestigio para las principales naciones del momento. Es el siglo de Charles La Condamine (1735-40), de Byron (1764-66), de Wallis y Caret (1767-69), de Bougainville (1767-69), de Cook (1769, 1772,1776) y de La Pérouse (1785)...

La nueva dinastía borbónica procuró también uncirse al espíritu expedicionario del siglo, aunque para ello hubo que recorrer antes un largo camino. Las etapas de la introducción y difusión de la ciencia moderna, así como las de su progresiva institucionalización, han sido clarificadas gracias a las aportaciones de López Piñero, José Luis Peset, Antonio Lafuente y otros autores. Tras los primeros y tímidos pasos de los "novatores" en la difusión de las ideas modernas, la institucio-

nalización de la ciencia española se organizó fundamentalmente en torno a las actividades médico-sanitarias; a la necesidad del Estado de contar con técnicos cualificados, y a la proyección americanista. Un programa cuyos objetivos quedaron fijados en el anteproyecto titulado *Nuevo sistema de Gobierno para América*, que el Ministro José del Campillo hizo suyo en 1743.

A la creación de Real Sociedad de Medicina y otras Ciencias de Sevilla (1700) siguieron la constitución del Cuerpo de Ingenieros militares, las Academias de Ingenieros Militares de Barcelona (1715), la de Guardiamarinas de Cádiz (1717-1726) y la apertura del Real Seminario de Nobles de Madrid (1726). Un impulso institucionalizador que se mantuvo durante la primera mitad del siglo con el establecimiento de nuevos centros de enseñanza como el Colegio de Cirugía de Madrid y la reorganización del Protomedicato, la institución encargada del control profesional de cirujanos y boticarios.

Superado en Europa el relativo adormecimiento de la producción científica durante la primera mitad del siglo, en la segunda se produce una revitalización del movimiento científico, mientras en España prosigue el proceso de institucionalización caracterizado por su impronta militar, priorizando la adaptación y difusión de los avances europeos sobre la investigación científica. Durante el período 1748-1767, se consolidó, pues el que José Luis Peset denomina "proceso de militarización de la ciencia española", a la par que en la sociedad se incrementan paulatinamente las actitudes favorables hacia lo experimental frente a la geometría y las matemáticas. Como resultado de la política de fomento de la Marina y el Ejército se multiplican los colegios de cirugía y las instituciones castrenses, en las que la formación técnica irá ocupando un lugar cada vez más destacado en los planes de estudio. Además del observatorio de Marina de Cádiz (1755), se crean la Real Sociedad Militar de Madrid (1755), el Colegio de Artillería de Segovia (1762) y la Academia de Artillería de Barcelona (1750), las Academias de Guardias de Corps de Madrid (1750) y la Academia de Ingenieros de Marina en Cádiz (1750). Otra institución, destinada a tener un protagonismo decisivo en la ciencia española del siglo XVIII, fue la creación del Jardín Botánico de Migas Calientes en Madrid, impulsado inicialmente por el Protomedicato, tras la reforma de éste en 1752.

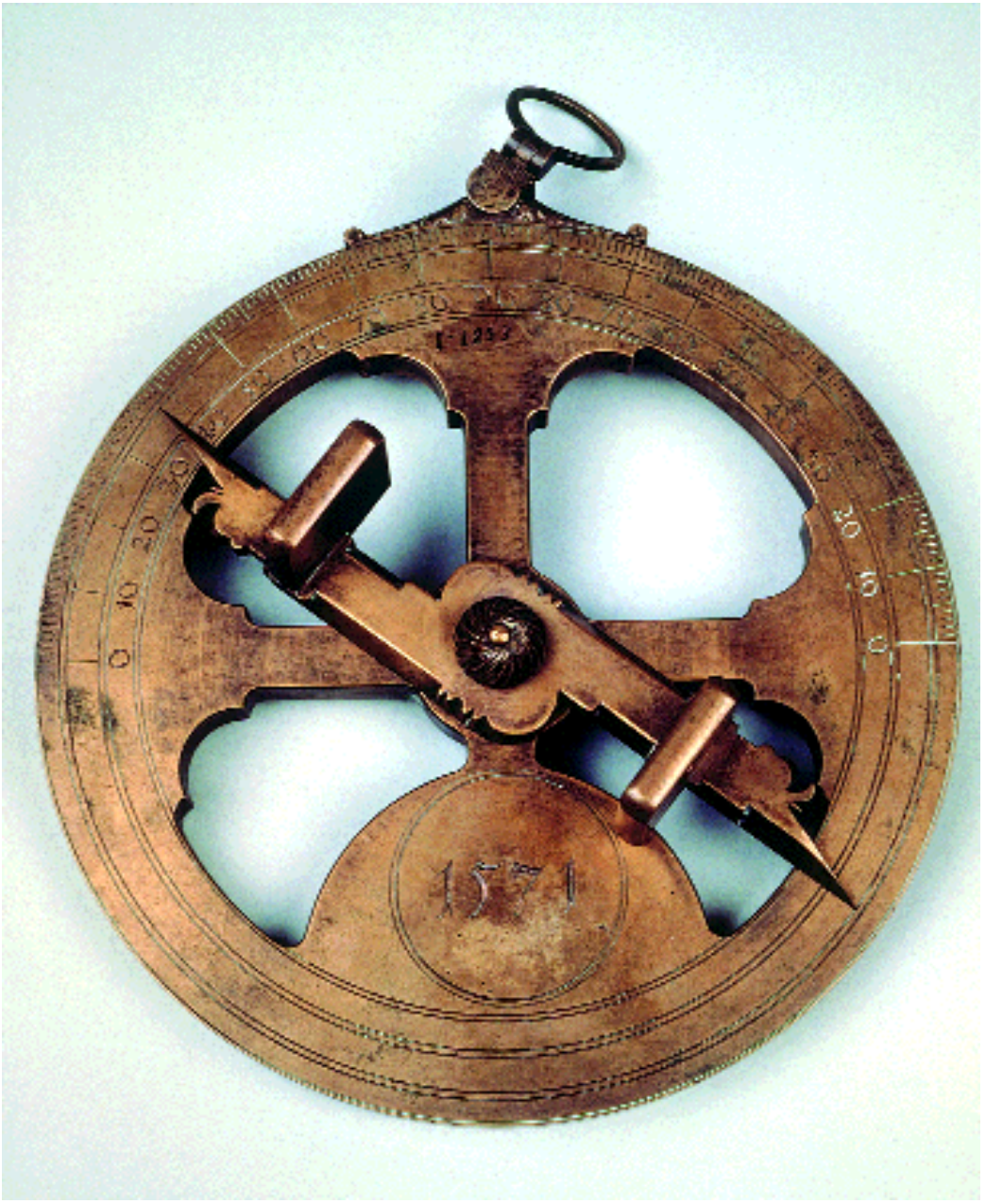
La tercera etapa de este proceso institucionalizado tuvo como rasgo distintivo la preocupación por la reforma de las Universidades, atendiendo siempre a compaginar la imprescindible modernización de los estudios con la subordinación a las doctrinas tradicionales de la Inglesia católica. Los intentos de sustitución del aristotelismo respondían a la conciencia de que era un sistema caduco para explicar el universo ante las conquistas de la nueva ciencia. Pero las instituciones universitarias se mostraron refractarias al establecimiento de los nuevos estudios de física experimental, de matemáticas, de botánica y de química, que intentaban potenciar la proyección utilitaria frente a la metafísica. Al mismo tiempo, la efervescencia institucional de las décadas anteriores continua dando frutos. Las sociedades económicas de Amigos del País, tan caras a Campomanes, se añaden también al programa de "modernización", aunque con diferente grado de intensidad. Con Carlos III el Real Gabinete de Historia Natural y el Jardín Botánico se convierten en las principales instituciones científicas. En 1783 se crea el Seminario Metálico de Vergara y, de acuerdo con sus peculiares campos de actuación, cada una de las Secretarías de Estado parece competir por mantener una labor de patrocinio de las ciencias útiles, financiando la creación de cátedras y laboratorios químicos, mineralógicos, etc. Así, la

Catalejo. *Autor: Fabricado por Gemichon.* Long. Total 83.5 cm, long. Plegado 64 cm, 8 cm de diámetro. Cuero, latón, cristal. S.

Secretaría de Marina dota las cátedras de química fundadas en el Seminario Patriótico de Vergara (1776); la de Guerra se ocupa de mal-sufragar el laboratorio químico de la Academia de Artillería de Segovia; la de Indias impulsa la Real Escuela de Mineralogía de Indias (1789); la de Hacienda financia la cátedra de ciencias aplicadas a las Artes (1787); y el Conde de Floridablanca, todavía todopoderoso Secretario de Estado, tiene bajo su cargo el Jardín Botánico y su laboratorio químico, y el Real Gabinete de Historia Natural... Un panorama de acción descoordinado, que el conde de Floridablanca pretendió supervisar desde la Junta de Estado en 1787, pero que en Francia, por ejemplo, había encontrado una fórmula más eficaz, por medio de la Academia de Ciencias, para las materias científicas, y por medio del Bureau de Commerce para las cuestiones relativas a la innovación tecnológica.

Hacia 1780 en España se había realizado un notable esfuerzo de vertebración institucional y se habían ido formando científicos cuya proyección posterior se vería en gran parte coartada por la larga agonía del Antiguo Régimen a lo largo de la primera mitad del siglo XIX.

Fue en las expediciones científicas auspiciadas por la Corona entre 1735 y 1797 en las que se conjugaron de manera más armónica —según Peset y La Fuente— los intereses políticos, con los propósitos utilitarias y el avance de los conocimientos estrictamente científicos. La magnitud del esfuerzo expedicionario realizado en el siglo XVIII se pone de relieve en el inventario realizado por María de los Ángeles Calatayud y Francisco Solano. Las diecinueve expediciones mayores —es



Astrolabio náutico del S. XVI (Reproducción). *Autor: Juan Sanmartín Buceta*. 20 cm de diámetro. Bronce. 1971.

decir, sin contar las misiones y comisiones con reducidos equipos y con objetivos muy concretos— que fueron promovidas por los Borbones desde la expedición hispanofrancesa al reino de Quito, en 1735, hasta el reinado de Carlos IV, pueden ser clasificadas en cuatro grandes grupos en atención a sus objetivos predominantes.

En diez de ellas predominaron los fines de investigación astronómica. Tanto la expedición hispano-francesas a Quito (1735-1742), como la enviada a la Baja California en 1768-1770, tuvieron motivaciones esencialmentes científicas, en cuanto la primera tuvo como principal objetivo la medición de una grado del meridiano terrestre, lo que permitió la verificación de las hipótesis newtonianas sobre la forma de la tierra como un esferoide oblongo; y la segunda formó parte de una operación coordinada con Francia para observar el paso del planeta Venus.

Propósitos más ligados a los intereses inmediatos de la política borbónica tuvieron las expediciones realizadas al área brasileña, en cuanto el tratado hispano-portugués de 1750 dispuso la determinación de los difusos límites entre las posesiones lusas y españolas. En ese contexto político se llevaron a cabo las expediciones de José Iturriaga (1754-1760), con el fin primordial de fijar el espacio de soberanía española de los territorios comprendidos entre el Orinozo y el Amazonas. Una expedición que permitió también a Loefling realizar la primera catalogación moderna de la flora venezolana. La expedición del Marqués de Valdelirios (1753-1756) hubo de posponer gran parte de su misión científica para hacer frente a la guerra suscitada por la sublevación de las reducciones guaraníes. De nuevo, y tras la denuncia de los tratados de límites realizada en 1760 por Carlos III, las tierras del Paraguay fueron el objetivo de las expediciones del militar y naturalista Félix de Azara, con el objetivo político de volver a determinar los límites hispano-portugueses tras el tratado de 1778.

Los asuntos del Pacífico Norte cobraron también una dimensión importante ante la preocupación del gobierno español por la presencia inglesa y, en particular, por la amenaza que representaba la expansión del área de influencia rusa desde Alaska. En este caso, las motivaciones políticas se superpusieron a las científicas. Desde el territorio de Nueva España se impulsó el reconocimiento de los territorios más periféricos de los dominios españoles, que buscaban fijar fronteras y crear una serie de establecimientos —entre ellos Los Ángeles y San Francisco— que asegurasen la soberanía española. Juan Pérez exploró las costas hasta alcanzar los 55˚ Norte en la bahía de Nutka (1774); Bruno de Eceta llegó hasta los 58˚ y la expedición de Bodega y Cuadra llega a Alaska, en 1779. Un ciclo expedicionario que culminaría con las de Esteban Martínez y Gonzalo López de Arao en 1779, y Francisco de Elisa en 1790 al llegar a Onalaska.

La preocupación por las comunicaciones marítimas animó otras cuatro expediciones con objetivos esencialmente oceanográficos, entre los que destacan los viajes realizados por Antonio de Córdoba Lasso (1785) y Cosme Damián Churruca (1788) al estrecho de Magallanes; los de Moraleda al Seno Mexicano (1786-1804), los de Churruca a Trinidad y las Antillas (1792), los de Fidalgo a Venezuela (1796).

Sólo tres de las diecinueve expediciones tuvieron como objetivo propósito vertebral las investigaciones botánicas. Realizadas todas durante el reinado de Carlos III permitieron llevar a cabo una vasta tarea de reconocimiento e inventario de la flora americana. A ese espíritu respondieron las expediciones de Ruiz Pavón a Perú y Chile (1777-1787); la del Nuevo Reino de Granada (1783-1810), preparada en América por

Celestino Mutis o la expedición a Nueva España de Martín de Sessé y José Mariano Mociño (1785-1797).

Tan sólo una de las grandes expediciones del siglo XVIII atendió a objetivos geológicos, la expedición mineralógica a Chile y Alto Perú de los hermanos Heuland (1795-1800).

Sin duda, la gran expedición española el siglo XVIII fue la protagonizada por las goletas *Descubiera* y *Atrevida*. Calificada como el "mayor intento científico realizado por el Despotismo Ilustrado", y de operación destinada a "asombrar al mundo" —en palabras de Floridablanca—, puede considerarse también como síntesis del proceso expedicionario español. Por una parte se propuso el objetivo político inmediato de "afirmar los derechos de España sobre mares e islas que le pertenecen en virtud de las bulas papales y el Tratado de Tordesillas y San Ildefonso", pero constituyó también un cuidado plan de investigación científica.

Fueron motivos esencialmente utilitarios los que animaron las expediciones españolas del siglo XVIII, pero, como recordaba Andrés Galera, esos propósitos no fueron incompatibles con la ciencia básica. El acopio de información resultó enorme. Precisamente fue la necesidad de centralizar la ingente cantidad de información recopilada la que llevó, tras la culminación del viaje del brigadier Alejandro Malespina, a instituir el Depósito Hidrográfico de Marina en 1797.

Sin embargo, el producto de tantos esfuerzos fue aprovechado de manera muy desigual. En materia de náutica y cartografía los resultados fueron incorporados y modernizados. En otros aspectos, el impacto de la Revolución Francesa, de la Guerra de Independencia y de la Emancipación Americana ocasionaron fracturas considerables. Muchos de los materiales botánicos, zoológicos, cristalográficos, geológicos, arqueológicos, sociolingüísticos y etnográficos quedaron sin analizar, y cuando con fortuna llegaron a ser publicados, lo fueron con tanto retraso que su valor como aportación para la ciencia del momento sólo puede considerarse parcial.

BIBLIOGRAFÍA

CALATAYUD, Mª. Ángeles y SOLANO, F. *Catálogo de las expediciones y viajes científicos españoles de los siglos XVIII y XIX*. Madrid, 1984.

CEREZO MARTÍNEZ, R. *La cartografía náutica española de los siglos XIV, XV y XVI*. Madrid, 1994.

GALERA GÓMEZ, A. *La Ilustración española y el conocimiento del Nuevo Mundo. Las ciencias naturales en la Expedición Malaspina (1789-1794)*, Madrid, 1988.

LAFUENTE, A. y MAZUECOS, A. *Los caballeros del punto fijo: ciencia, política y aventura en la expedición geodésica hispanofracesa al virreynato del Perú en el siglo XVIII*. Barcelona, 1987.

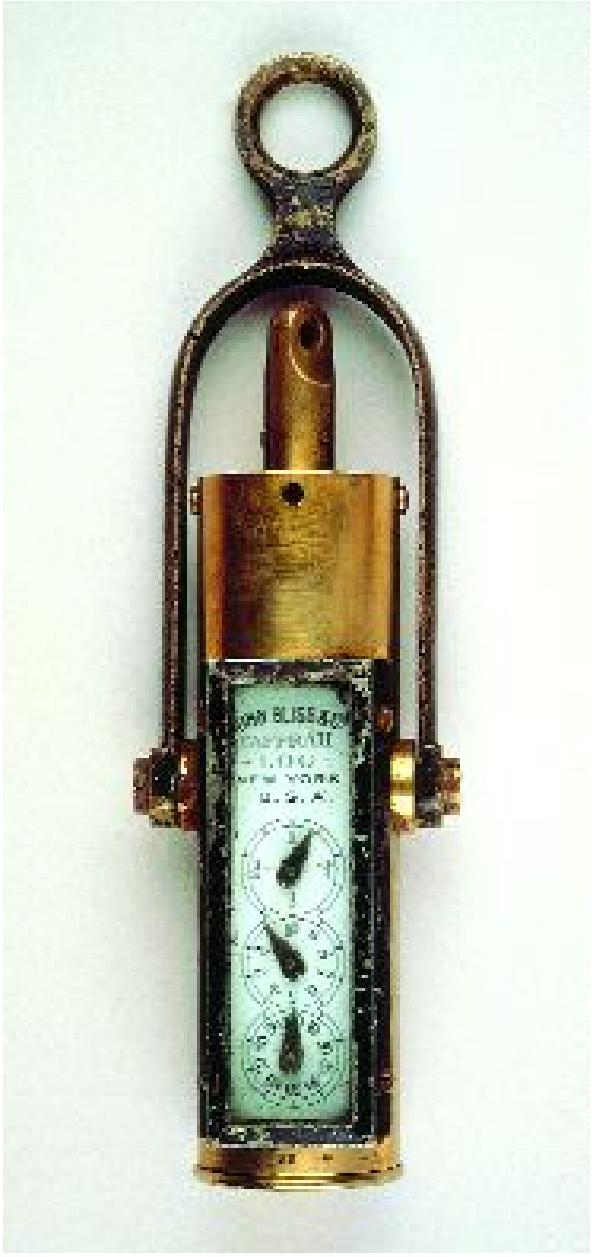
LAFUENTE, M.A. y SELLÉS, M. *El observatorio de Cádiz (1753-1831)*. Madrid, 1988.

LÓPEZ PIÑERO, J.M: *La introducción de la ciencia moderna en España*, Barcelona, 1969.

MARTÍN HERAS, M.L. "Cartografía náutica española en lo siglos XVIII y XIX". *Historia de la cartografía española*, Madrid, 1982.

MAURO, F. *La expansión europea, 1600-1870*, Barcelona, 1975.

PESET, J.L. et alii. *La ciencia moderna y el Nuevo Mundo*. Madrid, 1985.



Contador de corredera mecánica. *Autor: John Bliss and Co New York.* 21.1 cm x 7 cm x 5.5 cm. Hierro pintado, latón, cristal. S. XIX.

Astrolabio hispanoarábigo del S. XI (Reproducción). Conocido con el nombre de Astrolabio de Alfonso X el Sabio. 16.2 cm. de diámetro. Galvanoplástia/latón. 1876.

PESET, J.L. y LAFUENTE, A. (Compilación de). *Carlos III y la ciencia de la Ilustración*, Madrid, 1987.

PUERTO SARMIENTO, F.J. *La ilusión quebrada. Botánica, sanidad y política científica en la Espa - ña ilustrada*. Barcelona, 1988.

Reloj de sol de faltriquera. *Autor: Grassi, Lorenz*. Diámetro de la corona 10 cm, lado 2.8 cm. cada uno. Latón. 1766-1805.

SELLÉS, M.A. *Navegación astronómica en la España del siglo XVIII*, Madrid, 1992.

SELLÉS, M.A. *Instrumentos de navegación: del Mediterráneo al Pacífico*. Barcelona, 1994.

VERNET, J. *Historia de la ciencia española*. Madrid, 1975.

Cronómetro de longitudes. *Autor: Arnold*. Diámetro esfera 5.5 cm. Plata, acero, hierro, estuche de madera. 1789.

MARINOS ESPAÑOLES EN EL PACÍFICO: UN SIGLO DE AVENTURAS Y DESVENTURAS

Emilio Soler Pascual

En el año 1492, con la toma de la Granada musulmana y la expulsión de los judíos, los Reyes Católicos conseguían la unificación política y religiosa de España, cumpliendo así los grandes objetivos que se habían trazado. Era llegado el momento de competir con los portugueses en la carrera de las rutas comerciales. Seda, esclavos, oro y, sobre todo, especias, eran los productos de los que Europa seguía estando ávida.

La fortuna, tan determinante en ocasiones para la historia, se alió con los monarcas españoles en la figura de un aventurero genovés, Cristóbal Colón, que aseguraba conocer el modo de llegar a las ricas islas especieras del Moluco siguiendo la dirección oeste, la contraria que estaban tratando de abrir durante casi una centuria los monarcas portugueses costeando África. La historia es bien sabida: mientras la expedición de Vasco de Gama arribó a Calcuta en 1499, Colón llegaba con sus tres carabelas siete años antes a una nueva tierra que él, erróneamente, creyó que eran las Indias. Don Cristóbal, flamante almirante, murió en 1506, en mal momento económico y sometido a juicios, sin saber que había descubierto un nuevo mundo que, injustamente, no llevó su nombre y que representó a España poder convertirse en la primera potencia mundial de la cristiandad en los siguientes dos siglos. El fallecimiento de Colón pasó completamente inadvertido a sus contemporáneos. Ya lo decía el dominico Bartolomé de las Casas: *"el que había descubierto por su industria otro nuevo y mejor que el que antes sabíamos, felicísimo mundo. Murió desposeído y despojado*".

Y si el primer viaje de Colón fue estrictamente comercial, no sucedió lo mismo con los otros tres que realizó a América ni con los que comen-

zaron a fructificar después del descubrimiento. Durante los primeros años del siglo XVI los descubridores se confundieron con los colonizadores y, una vez ocupadas las Antillas, los conquistadores se abrían paso en aquellas tierras vírgenes. Uno de ellos, Vasco Núñez de Balboa, descubridor del océano Pacífico en 1513, cuando lo mostró a sus hombres, pronunció unas proféticas palabras: *"Éste es el mar cuya fama ha de ir unida para siempre más a los nuestros hechos*".

La noticia del descubrimiento oceánico se extendió rápidamente por Europa. Pronto, pues, el globo terrestre podría ser domesticado. Fue precisamente un navegante portugués, Fernando de Magallanes, cojo y malhumorado al decir de las crónicas, quien, despechado por no haber obtenido el reconocimiento que creía merecer de su soberano, decidió cambiar de bando y patria ofreciéndose al rey español Carlos I. La propuesta de Magallanes trataba de poner en jaque al floreciente comercio que los portugueses habían establecido con el clavo de Ambón, la nuez moscada de las islas Célebes, la pimienta de Malabar y el jengibre de la China, mediante la apertura de una ruta occidental que llevara los navíos españoles al Moluco. Cortas negociaciones, que ya hubiera querido Colón para sí con los abuelos del Emperador, se tradujeron en ventajosas capitulaciones para el portugués.

Consciente de las dudas que suscitaba el Tratado de Tordesillas, firmado entre España y Portugal con el beneplácito de un Papa español y la ira de las demás potencias europeas, Magallanes sabía que el único camino hacia la gloria y la

Escandallo de San Diego. Base 7 cm diámetro, altura 24 cm. Plomo. S. XVIII.

riqueza era encontrar un paso en el Atlántico que le condujera al Pacífico. El 20 de septiembre de 1519, salieron de Sanlúcar cinco navíos a cuyo frente iba Magallanes en la nao capitana "Trinidad". Los 265 hombres embarcados emprendían una auténtica aventura hacia lo desconocido: con unos instrumentos de navegación rudimentarios, sin conocimiento del régimen de vientos existentes en el Pacífico y provistos de una cartografía fantasiosa e irreal. Las tensiones entre portugueses y españoles fueron una constante durante la travesía hasta el punto de que en el puerto patagónico de San Julián estalló un motín que obligó a Magallanes a tomar duras represalias. A finales de octubre de 1520, los expedicionarios penetraron en el canal que permitiría doblar el continente. En diciembre tomaron conciencia de que habían descubierto el estrecho de Todos los Santos, que más tarde llevaría el nombre de Magallanes. Así nos lo cuenta Ginés de Mafra, piloto de la "Trinidad": *"Aquí se hacen dos bocas que ambas paresce que tienen salida. Por la parte que entró Magallanes que es por la que está al norte acertó a ser el estrecho*" La ruta del Pacífico quedaba expedita para los españoles.

Las peripecias fueron múltiples durante los largos meses que pasaron en aquel mar. La desesperación, en forma de hambre y enfermedades, comenzó a hacer presa en la tripulación. Así lo describe el cronista del viaje, el italiano Antonio Pigafetta: *"El bizcocho que comíamos ya no era pan, sino un polvo mezclado de gusanos que habían devorado toda su sustancia, y que además tenía un hedor insoportable por hallarse impregnado de orines de rata*". Pero tras las penurias, descubrieron el archipiélago que años después se conocerían como las Marianas y que ellos no dudaron en bautizar como islas de los Ladrones. Muy pronto, se dieron de bruces con otras islas jamás holladas por europeos y bautizadas como archipiélago de San Lázaro, más tarde nominadas como islas Filipinas.

Precisamente, en estas islas murió Magallanes tras una escaramuza con los nativos sin haber podido llegar a las Molucas. Su sustituto, tras muchos enfrentamientos, resultó ser un piloto vasco condenado a trabajos forzados por Magallanes, Juan Sebastián Elcano. El 21 de septiembre de 1521, los navíos españoles, arribaron a Ternate, isla moluqueña cuyo soberano estaba enfrentado a los portugueses. En muy poco tiempo Elcano llegó a acuerdos políticos y comerciales, cargándose los dos barcos supervivientes con más de dos mil quintales de clavo. Como quiera que la "Trinidad" sufriera vías de

agua, su comandante, Gómez de Espinosa, decidió quedarse para reparar el navío, con la pretensión de emprender la vuelta hacia España siguiendo el mismo camino hecho en la ida. Elcano, por su parte, partió de inmediato con setecientos quintales de especias en la bodega de la "Victoria" y con sesenta hombres a bordo en dirección a España siguiendo la ruta occidental, la portuguesa.

Tres años después de la partida, un único navío, con dieciocho tripulantes exhaustos, entre ellos Elcano y Pigafetta, arribaba a Sanlúcar de Barrameda. Cuatro naves y doscientos cincuenta hombres se habían quedado por el camino de aquella tortuosa travesía. Para Elcano, lo más importante era que la "Victoria" había llegado a Sevilla con sus bodegas abarrotadas del tan preciado clavo. La carga había cubierto con creces los diez millones de maravedíes invertidos. Para la historia de la navegación, se había realizado la primera vuelta al globo abriéndose una ruta de penetración hacia el Pacífico por el estrecho de Magallanes y se había demostrado la esfericidad de la tierra. Para la Corona, se habían hallado nuevos territorios, islas Marianas y Filipinas, en un océano que durante todo el siglo XVI y parte del XVII hablaría en castellano.

Tras el descubrimiento de las Filipinas y varios intentos frustrados de regresar por el Pacífico de oeste a este, *la vuelta de Poniente*, entre ellos los dirigidos por Saavedra (1527-1529) y López de Villalobos (1542-1545), el monarca Felipe II se decidió a enviar una flota que conquistara el archipiélago. El soberano escribió al agustino Andrés de Urdaneta, compañero de Elcano en su segundo y fatídico viaje a las Molucas, dirigido por Jofre de Loaisa (1525-1527), para que se hiciera cargo de la expedición. El sacerdote aceptó la propuesta pero declinó el mando, sugiriendo el nombre de Miguel López de Legazpi, que había sido escribano mayor y alcalde ordinario de México.

La expedición avistó las costas filipinas un 13 de febrero de 1565. Conocedor Legazpi de la suerte corrida por Magallanes en aquel territorio, ordenó que los cañones abrieran fuego y arrasaran todo el territorio poblado y despoblado que se divisaba desde su nave capitana, la "San Pedro". A partir de la fundación de San Miguel —primer nombre con que fue bautizada la ciudad de Cebú— comenzaba la dominación española en aquel archipiélago asiático. Mientras Legazpi continuaba la conquista, ordenó a Urdaneta que se dirigiera hacia México buscando una ruta que hiciera posible la navegación Filipinas-Nueva España, y que asegurara el pronto envío de hombres y alimentos. Cuatro meses después, Urdaneta culminó el viaje hallando la ruta de regreso. Desde entonces se estableció una línea de navegación que había de sostener el comercio español entre Asia y América durante 300 años.

Entre los años 1567 y 1607, la Corona propició tres nuevas exploraciones por el Pacífico ya que la búsqueda de la ignota *Terra Australis* continuaba figurando entre los objetivos de los gobernantes españoles del Perú, seguidores de las teorías geográficas de la antigüedad grecorromana que suponían la existencia de un continente desconocido en el Austro. Siguiendo los planes de Sarmiento de Gamboa, capitán español que pretendió fortificar el estrecho de Magallanes para impedir las incursiones de Drake, el gallego Álvaro de Mendaña, descubrió las islas Marshall y las Salomón, bautizadas así por creer que eran las tierras donde las naves del monarca hebreo se abastecían de incalculables riquezas. Pero las expectativas bien pronto se toparon con la dura realidad, como cuenta el propio Mendaña: *"en busca de buena tierra, que aunque ésta lo*

Corredera de barquilla con su carretel. *Autor: Anónimo.* Long. Carretel 66 cm; radio barquilla 14.5 cm. Madera, cuerda y plomo. S. XIX.

era, no había plata ni oro ni otro género de metal". Esto motivó que Álvaro reconociera su fracaso y regresara a Lima.

Pasarían 27 años antes de que volviera al Pacífico. Una flotilla comandada por un envejecido Mendaña, acompañado de su esposa Isabel de Barreto, y pilotada por Pedro Fernández de Quirós, portugués al servicio de España, partía de nuevo para colonizar territorios. Nuevamente, las calamidades asolaron la tripulación y don Álvaro murió a consecuencia de una epidemia. Hombre previsor, había testado a favor de su mujer que se convirtió en heredera de los títulos de su marido, Adelantada de las islas Salomón y Almirante de la Armada, caso único en la historia de la navegación mundial. La pérdida de Mendaña hizo abandonar la idea de arribar a las Salomón, que no aparecían por ningún lado, y volvieran a Lima. Isabel tomó el mando de las naves pero las crónicas se muestran muy severas con su actitud y aptitud ya que, al parecer, no se preocupó para nada de la náutica. Tan sólo de su aseo personal, prefiriendo gastar la escasa agua potable que quedaba para el consumo en lavar periódicamente sus vestidos y sus cabellos No obstante, la flota había descubierto las islas Marquesas, las de Santa Cruz, y las Carolinas.

El tercero de estos viajes, que tenía por misión el descubrimiento, colonización y evangelización de la Terra Australis, se inició en diciembre de 1605 cuando de El Callao zarpaba una expedición de tres navíos comandada por Fernández de Quirós. Como persona competente figuraba el capitán Luis Váez de Torres. Al pare-

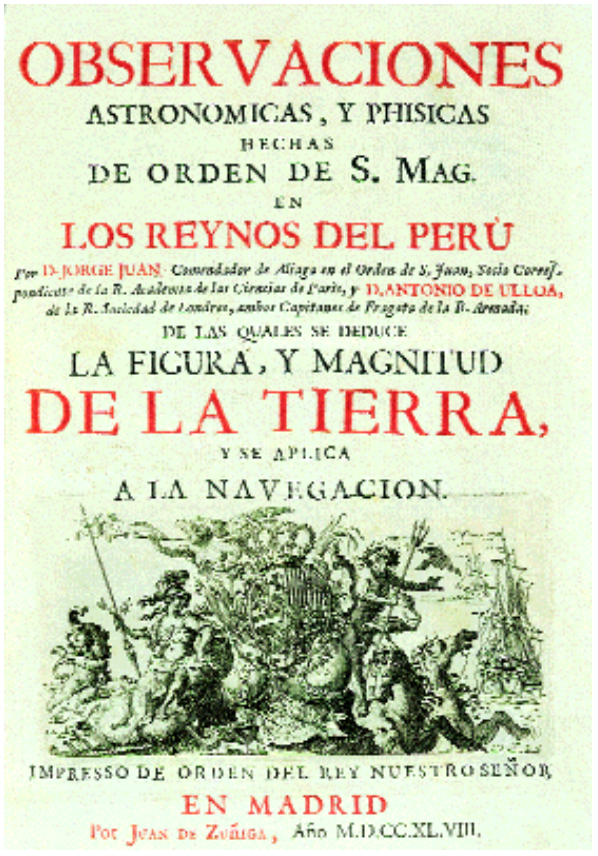
cer, Quirós, más preocupado por los asuntos místicos que no por los terrenales, condujo a la expedición al fracaso absoluto, a pesar de que descubrió una gran isla en lo que hoy conocemos como archipiélago de las Nuevas Hébridas, y a la que bautizó pomposamente como Australia del Espíritu Santo, término que urdió uniendo los nombres de Tierras Austral —lugar donde él creía haber llegado— y el de la Casa de Austria. Deseoso de volver a Lima para contar su descubrimiento, Quirós abandonó a las otras dos naves, dirigidas por Váez de Torres.

Al percatarse de su situación, Torres, empeñado en hallar la *Terra Australis*, puso rumbo al suroeste, pero los vientos le desviaron hacia la parte norte de Nueva Guinea, de la que había tomado posesión Ortiz de Retes para España. Una vez reconocida la costa sur y comprobado que se trataba de una isla, Torres emprendió rumbo a las Filipinas. En 1607, escribió un relato pormenorizado de su odisea a Felipe III. Tras la detallada lectura de su correspondencia se comprobó que Torres se acercó a 190 millas de las costas occidentales de Queensland, que contempló el ansiado continente en las proximidades del cabo York, y que ancló en una serie de islas pertenecientes a Australia en el estrecho que hoy lleva su nombre. Curiosamente, mientras en la Corte se aclamaba a quien aseguraba haber descubierto otro nuevo mundo, Torres describía su angustia al monarca: *"por - que en esta Real Audiencia de Manila no me han querido hasta agora dar despacho (...) y como estoy detenido*".

Faltaba solamente poco más de una década para que los hermanos Bartolomé y Gonzalo Nodal circunnavegaran la Tierra del Fuego o que Sebastián Vizcaíno levantara mapas, fijara derroteros y toponimia en las costas norteamericanas, desde Acapulco hasta Oregón. Eran los tiempos en que el océano Pacífico se convirtió en un inmenso lago español.

BIBLIOGRAFÍA

BOSCH BARRETT, Manuel: *Doña Isabel de Barreto, Adelantada en las Islas Salomón*. Juventud. Barcelona, 1943.


OBSERVACIONES
ASTRONOMICAS, Y PHISICAS
HECHAS
DE ORDEN DE S. MAG.
EN
LOS REYNOS DEL PERÚ
Por D. JORGE JUAN, Comendador de Aliaga en el Orden de S. Juan, Socio Correſpondiente de la R. Academia de las Ciencias de Paris, y D. ANTONIO DE ULLOA, de la R. Sociedad de Londres, ambos Capitanes de Fragata de la R. Armada.
DE LAS QUALES SE DEDUCE
LA FIGURA, Y MAGNITUD
DE LA TIERRA,
Y SE APLICA
A LA NAVEGACION.
IMPRESSO DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR
EN MADRID
Por JUAN DE ZUÑIGA, Año M.D.CC.XLVIII.

Observaciones astronómicas y phísicas hechas de orden de S.M. En los reinos del Perú. *Autor: Juan y Santicilia, Jorge*. 26 x 21 x 4 cm. Impreso. 1748

DANTIN CERECEDA, Juan (Ed.): *Exploradores y conquistadores de Indias*. Instituto Escuela. Madrid, 1922.

FERNÁNDEZ DE QUIRÓS, Pedro: *Descubrimien - to de las regiones austriales*. Edición de Roberto Ferrando. Historia 16. Madrid, 1986.

HILDER, Brett: *El viaje de Torres*. Ministerio de AA.EE. Madrid, 1990.

LUCENA SALMORAL, Manuel: *Vasco Núñez de Balboa, descubridor de la Mar del Sur*. Anaya. Madrid, 1988.

MARTÍNEZ SHAW, Carlos (Ed.): *El Pacífico espa - ñol. De Magallanes a Malaspina*. Ministerio de AA.EE. y Lunwerg Editores. Madrid, 1988.

PIGAFETTA, Antonio: *Primer viaje en torno del globo*. Espasa y Calpe. Madrid, 1999.

PRIETO, Carlos: *El océano Pacífico*. Alianza. Madrid, 1984.

SOLER PASCUAL, Emilio: *'El globo domesticado: Magallanes y Elcano'*. "El País Semanal". Madrid, 1999. *'Miguel López de Legazpi en Filipinas'*. "La Revista de El Mundo". Madrid, 1999.

VARELA, Consuelo: *Cristóbal Colón. Retrato de un hombre*. Alianza. Madrid, 1992.

Óleo de Jorge Juan. Atribuido a Francisco de Goya (1746-1828). Colección privada.

JORGE JUAN SANTACILIA: MARINO Y CIENTÍFICO

Armando Alberola y Rosario Die

El once de febrero de 1747 el jesuita Andrés Marcos Burriel escribía al polígrafo olivense Gregorio Mayans, con el que mantuvo hasta su muerte una interesante correspondencia afortunadamente conservada, que se encontraba enfrascado por esas fechas en el examen de las *Observaciones Astronómicas,* la obra escrita por Jorge Juan Santacilia a su regreso de la famosa expedición al Perú que, entre los años 1735 y 1745, llevó a buen fin la misión de medir un grado del arco del meridiano terrestre.

En su carta Burriel se pronunciaba en términos muy elogiosos hacia el marino, quien apenas un año antes había sido nombrado miembro de la Academia parisina, calificándolo de *"sugeto de admirable ingenio y de amabilísimas costumbres*" que había antepuesto el servicio a su patria y a la ciencia sin importarle perder "*por el viage una capitanía de fragata y encomienda*", a más de comprobar a su regreso que los discípulos que había dejado en España le aventajaban en antigüedad en el escalafón. Y todo ello sin contar con los dos años de sueldo que se le adeudaban.

La valoración efectuada por el erudito jesuita se ajustaba a los méritos que el marino acumulaba por entonces y que a la postre, acrecentados merced a su trabajo y dedicación, no sólo le serían reconocidos sin ambages sino que le valdrían para ser considerado como una de las figuras más relevantes dentro del panorama científico europeo de la centuria de las Luces.

Nacido en la población alicantina de Novelda en 1713, los datos más sobresalientes de la biografía de Jorge Juan Santacilia nos los proporciona Miguel Sanz, su secretario personal y hombre de confianza durante veintitrés años. Por él sabemos que, educado en Alicante y Zaragoza, a los doce años fue enviado por su tío y tutor a Malta

como paje del Gran Maestre de la Orden de ese nombre. Allí permaneció hasta mediados de 1729 fecha en la que, tras recibir la encomienda de Aliaga, regresó a España para ingresar en la Academia de Guardias Marinas que en 1718 se había creado en Cádiz. Su sólida formación en matemáticas y astronomía le permitió embarcar casi de inmediato participando, entre otras, en la expedición que en 1731 trasladó a Nápoles al futuro Carlos III y en la que reconquistaría la plaza norteafricana de Orán en 1732.

La experiencia adquirida en navegación y sus más que suficientes conocimientos fueron determinantes para que en 1735, con tan sólo veintiún años y siendo un simple alférez, fuera elegido junto con el también guardiamarina Antonio de Ulloa, para incorporarse a la delegación de científicos que, aunque encabezada por el matemático Louis Godin, ha pasado a la historia con el nombre del naturalista Charles de La Condamine, en realidad uno más de sus miembros. Enviados por la Academia de Ciencias de París, contaban con el preceptivo permiso del rey de España para dirigirse al virreinato del Perú y allí efectuar las observaciones y trabajos conducentes a la medición del grado de un arco de meridiano por debajo de la línea del ecuador; tarea que, a posteriori, consagraría a los marinos españoles como científicos y les proporcionaría bien ganada fama, sobre todo a Jorge Juan.

La expedición pretendía zanjar la discusión, en curso desde el siglo anterior, que enfrentaba las opiniones de la saga de astrónomos franceses Cassini, defensores de un achatamiento de la tierra por el Ecuador, a las de Newton y Huygens que lo postulaban por los polos. El envío de una expedición a Laponia en mayo de 1736, dirigida por el matemático Pierre Louis Moreau de Maupertuis, para la medición del grado de meridiano en ese territorio, debía servir de complemento a la que se desplazaba al Perú pues los resultados de ambas servirían para determinar la verdadera figura de la tierra. El cuerpo expedicionario francés enviado al norte, al que se unió el sabio sueco Celsius a la sazón profesor en Upsala, desarrolló los trabajos con rapidez y los finalizó sin problemas en agosto de 1737. Sus conclusiones permitieron afirmar a Maupertuis en 1738, en su *Relation du voyage*, que la tierra era una esfera achatada por los polos; algo que, implícitamente ya había reconocido seis años atrás.

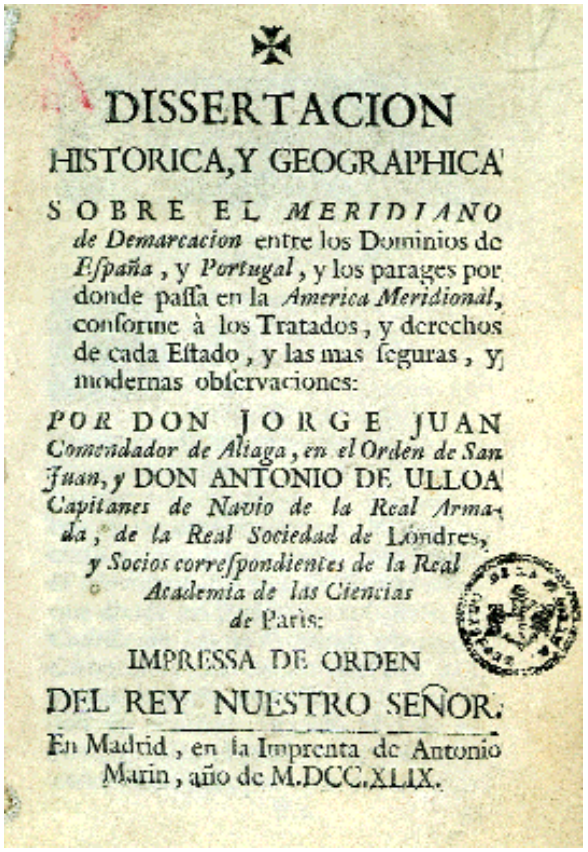
La expedición al continente sudamericano fue más larga y laboriosa y, por lo que hace a los jóvenes marinos españoles, adquirió caracteres de auténtica aventura científica. Ya durante el viaje hacia América, que Jorge Juan hizo en el mismo navío que el marqués de Villagarcía, nuevo virrey del Perú, tuvieron ocasión de proceder al levantamiento de planos y mapas así como de efectuar numerosas observaciones de diferente índole que, con posterioridad, quedarían recogidas en su *Relación histórica del viaje a la América Meridional*. No es este lugar ni momento para describir, con todo lujo de detalles, la que ha sido calificada como la empresa más importante de la ciencia española en la primera mitad del siglo XVIII, aunque sí para indicar que el desarrollo de las observaciones no estuvo exento de penalidades, debido a las durísimas condiciones vividas en la cordillera andina peruana, y que el trabajo de los dos marinos españoles se vio frecuentemente interrumpido por las llamadas del virrey del Perú para que cumplieran otras misiones. Todo ello hizo que la estancia de Jorge Juan y Antonio de Ulloa en América se prolongara hasta octubre de 1744 en que embarcaron por separado en navíos franceses para regresar a España por la ruta del cabo de Hornos.

Jorge Juan, tras un viaje menos azaroso que el de su compañero, llegó al puerto de Brest en

octubre de 1745, desde donde marchó a París antes de regresar a España. En la capital francesa fue nombrado miembro correspondiente de la Academia Real de Ciencias, pues no en balde los resultados de la expedición francoespañola confirmaron los planteamientos de Newton, pusieron fin a la polémica científica y permitieron determinar la figura y magnitud de la tierra.

El viaje al Perú, que ocupó más de diez años de la vida del marino y científico noveldense, marcó indefectiblemente el resto de su trayectoria

Cronómetro marino. *Autor: Arnold nº 5*. 11.5 diámetro esfera. Estuche: lados opuestos 17.5 cm/alt. 8.2 cm. Acero. Estuche de caoba. 1778.



DISSERTACION
HISTORICA, Y GEOGRAPHICA
SOBRE EL *MERIDIANO de Demarcacion* entre los Dominios de *Eſpaña*, y *Portugal*, y los parages por donde paſſa en la *America Meridional*, conforme à los Tratados, y derechos de cada Eſtado, y las mas ſeguras, y modernas obſervaciones:
POR DON JORGE JUAN *Comendador de Aliaga, en el Orden de San Juan, y* DON ANTONIO DE ULLOA *Capitanes de Navio de la Real Armada, de la Real Sociedad de Lóndres, y Socios correſpondientes de la Real Academia de las Ciencias de Paris:*
IMPRESSA DE ORDEN DEL REY NUESTRO SEÑOR.
En Madrid, en la Imprenta de Antonio Marin, año de M.DCC.XLIX.

Dissertación Histórica y Geográfica sobre el Meridiano de demarcación entre los dominios de España y Portugal. *Autor: Juan y Santicilia, Jorge*. 15 x 10 x 2 cm. Impreso. 1749.

al propiciar, ya arribado a Madrid, su plena incorporación a los proyectos reformistas que en materia naval auspiciaba el marqués de la Ensenada, fiel seguidor de la línea inaugurada durante el reinado de Felipe V por el poderoso ministro José Patiño. Pero Jorge Juan no sólo colaboró eficazmente en las tareas que se le encomendaron en este campo sino que contribuyó, con sus conoci-

mientos y dedicación, al desarrollo de la ciencia en España alcanzando por ello una consideración y respeto internacionales como pocas veces lo ha logrado un científico español. Por ello su figura se erige en referente y presenta una gran variedad de facetas, tantas como saberes y misiones acumuló.

En noviembre de 1748 Jorge Juan fue enviado a Londres, a instancias del propio marqués de la Ensenada, con el encargo de obtener la máxima información posible sobre el estado y progresos de la marina inglesa, el funcionamiento y organización de sus arsenales, el empleo de las denominadas "*bombas de fuego*" y los métodos de aprendizaje de los marinos. También debía llevar a cabo la adquisición, en su caso, de instrumental y libros con que enriquecer los fondos de la academia de Guardias Marinas de Cádiz y las de Artillería de Barcelona y Cádiz; todo ello sin olvidar, en última instancia, la contratación y el traslado de técnicos y obreros especializados a España. Tras una estancia de dieciocho meses en Londres, realizando tareas de auténtico espionaje industrial y debiendo incluso adoptar diferentes personalidades para evitar ser descubierto, en 1750 consiguió retornar a la península con grandes dificultades pero habiendo cumplido satisfactoriamente su arriesgada misión.

Su regreso de Londres marcaría el inicio de su plena incorporación a los planes de impulso y desarrollo de la marina española desplegando, a partir de entonces, una intensa actividad en pro del reformismo que ya no abandonaría hasta su fallecimiento en 1773. Oficialmente su residencia estuvo en Cádiz hasta el año 1770, en que sería llamado a la corte para hacerse cargo de la dirección del Seminario de Nobles, si bien utilizamos el término "oficialmente" porque, en realidad, no se puede hablar de una presencia física constante e *in situ* en la urbe gaditana habida cuenta la multitud de viajes por España y fuera de ella que hubo de realizar durante esos veinte años por expreso mandato de sus superiores.

De su fructífero paso por la dirección de la Compañía de Guardias Marinas, de la que fue nombrado jefe en 1751, son pruebas fehacientes la mejora del plan de estudios y de la calidad de las enseñanzas a impartir a los futuros oficiales de la armada española así como su destacada labor científica que culminaría, en 1753, con la creación del Observatorio Astronómico gaditano. También cabe señalar que sus buenos oficios hicieron posible que el científico francés Louis Godin, con quien había compartido trabajos y penalidades en la expedición al Perú, accediera a trasladarse a Cádiz para, tras obtener el grado de coronel, sustituirle en la dirección de los Guardias Marinas cargo en el que permanecería desde 1753 hasta su prematura muerte en 1760.

Como anteriormente indicamos, pese a tener fijada oficialmente su residencia en Cádiz, Jorge Juan hubo de desplazarse a diferentes puntos del país para verificar los progresos en la construcción de los arsenales de Cartagena y El Ferrol. A fines de 1751 comprobó el estado en que se encontraba el nuevo astillero ferrolano que había de sustituir al ya obsoleto de La Graña, redactan-

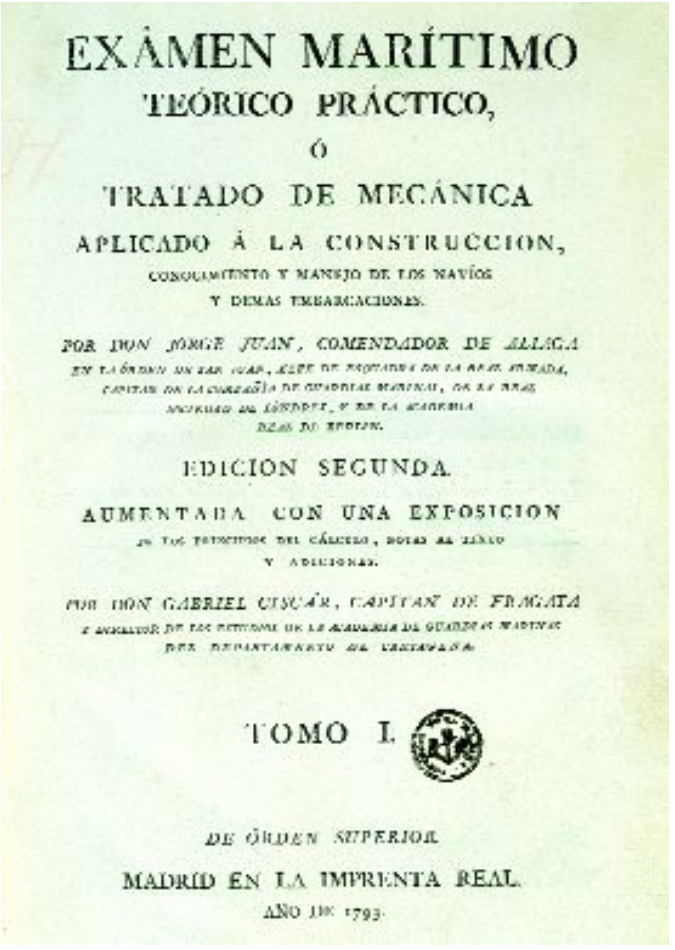
do unas instrucciones para su buen funcionamiento y organización que fueron aceptadas por la Secretaría de Marina. En esta localidad gallega sufriría un serio accidente en octubre de ese año 1751 que haría temer por su vida, aunque logró superar el trance. Cuando a finales del año 1753 falleció el director de las obras fue de nuevo enviado en calidad de director provisional, desarrollando esta función hasta abril de 1754. Nuevas visitas a los astilleros de Guarnizo y Cartagena y a las minas de mercurio de Almadén, con el fin de reformarlas; al núcleo siderúrgico santanderino de La Cavada; a la corte e, incluso, a la población riojana de Arnedillo o al alicantino pueblo de Aguas de Busot para recuperarse de sus dolencias físicas, jalonan la actividad de Jorge Juan en estos años de estancia en Cádiz, donde fundó la denominada "Asamblea amistosa literaria" en la que, reunido cada jueves en su domicilio, un selecto grupo de contertulios amantes del saber platicaba acerca de los avances científicos o presentaba a discusión proyectos y memorias. Desde Cádiz haría dos viajes al extranjero, uno a Génova en 1766 para verificar la construcción de un navío a emplear por la armada hispana y el otro, al año siguiente, a Marruecos donde negoció con el sultán un ventajoso tratado de pesca que superaba las instrucciones recibidas y establecía grandes concesiones a los pescadores españoles.

Durante estos años gaditanos fue consolidando su carrera en la armada, procediendo a ocupar los empleos que le correspondían, aunque algunos de ellos ciertamente de manera tardía. Ya en 1735, cuando se aprestaba a partir al Perú y con el fin de estar en cierto plano de igualdad con los expedicionarios franceses, había sido ascendido de alférez a teniente de navío, junto con su compañero Antonio de Ulloa. Hasta su vuelta, en 1746, no obtendría el empleo de capitán de fragata, aunque dos años más tarde ya lo era de navío y, por fin, en 1760 fue nombrado jefe de escuadra obteniendo, incluso, el tratamiento de excelentísimo señor.

Pero la decidida y eficaz colaboración técnica de Jorge Juan en los planes de revitalización de la armada española, diseñados en los gobiernos de Felipe V y Fernando VI por los ministros Patiño y Ensenada, se completa con unas contribuciones científicas de tal fuste que lo convierten en referente imprescindible de nuestra Ilustración. El punto de partida se halla en los cinco tomos que

dan cuenta de los resultados del viaje a los reinos del Perú, elaborados en colaboración con Antonio de Ulloa. Si los cuatro primeros, que contienen la *Relación Histórica del Viage a la América Meridio - nal*, se deben a la pluma de éste, el titulado *Obser - vaciones Astronómicas y Phísicas, hechas (...) en los reynos del Perú*, quinto de la serie, es responsabilidad exclusiva de Jorge Juan. Editados en 1748 por orden real y con el patrocinio del marqués de la Ensenada proporcionaron un enorme prestigio a ambos marinos pues, no en balde, a más de actualizar su propia formación en compañía de algunos de los más relevantes científicos del momento, habían contribuido a resolver un problema de enorme alcance cual era la determinación exacta de la forma de la tierra. La corona española también conseguía, gracias a Juan y Ulloa, dar a conocer sus logros en el continente sudamericano y obtenía cierto crédito en su pretendido afán de seguir la estela de los avances que la ciencia experimentaba en Europa.

Las *Observaciones Astronómicas*, obra de enorme interés y riqueza científica organizada en nueve libros, describen con un notable aparato teórico el método seguido para llevar a cabo las mediciones necesarias para precisar el valor del grado de meridiano y concluir que la tierra es una esfera achatada por los polos. En las *Observaciones* el marino alicantino demuestra su profundo conocimiento del cálculo infinitesimal a la vez que asume, con los riesgos que ello entrañaba en esos momentos, el sistema copernicano y las teorías de Huygens y Newton. Los problemas que por este motivo le planteó la Inquisición para autorizar la publicación del libro fueron solucionados maquillando su inequívoca posición copernicana como una pretendida hipótesis, más que afirmación rotunda, acerca del movimiento de la tierra sobre su eje y en torno al sol. No menos efecto hubieron de tener los buenos oficios desplegados ante el santo tribunal por el jesuita Andrés Marcos Burriel,


EXÁMEN MARÍTIMO
TEÓRICO PRÁCTICO,
Ó
TRATADO DE MECÁNICA
APLICADO Á LA CONSTRUCCION,
CONOCIMIENTO Y MANEJO DE LOS NAVÍOS
Y DEMAS EMBARCACIONES.
POR DON JORGE JUAN, COMENDADOR DE ALAGA
EN LA ÓRDEN DE SAN JUAN, JEFE DE ESCUADRA DE LA REAL ARMADA,
CAPITAN DE LA COMPAÑÍA DE GUARDIAS MARINAS, DE LA REAL
SOCIEDAD DE LÓNDRES, Y DE LA ACADEMIA
REAL DE BERLIN.
EDICION SEGUNDA.
AUMENTADA CON UNA EXPOSICION
DE LOS PRINCIPIOS DEL CÁLCULO, NOTAS AL TEXTO
Y ADICIONES.
POR DON GABRIEL CISCAR, CAPITAN DE FRAGATA
Y DIRECTOR DE LOS ESTUDIOS DE LA ACADEMIA DE GUARDIAS MARINAS
DEL DEPARTAMENTO DE CARTAGENA.
TOMO I.
DE ÓRDEN SUPERIOR.
MADRID EN LA IMPRENTA REAL.
AÑO DE 1793.

Examen Marítimo Teórico Práctico, o Tratado de mecánica aplicado a la construcción, conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones. *Autor: Juan y Santicilia, Jorge.* 31 x 22 x 6 cm. Impreso. 1793.

a cuyo cargo corrió la revisión la obra antes de darla a la estampa. En 1773 las *Observaciones astronómicas* conocerían una segunda impresión en la que, a modo de capítulo preliminar, se publicaba el contenido de una carta enviada tiempo atrás por Jorge Juan a Pedro Rodríguez Campomanes, a la sazón Director de la Academia de la Historia. Esta especie de alegato titulado *Estado de la astronomía en Europa* viene a suponer la aceptación definitiva del copernicanismo en España, tal y como se encargaría de confirmar poco tiempo después Gregorio Mayans a uno de sus corresponsales europeos.

De su colaboración con Antonio de Ulloa surgieron dos textos más. Uno de ellos, resultado directo del viaje al Perú, sería el informe reservado en el que daban cuenta de la situación política y militar del imperio colonial español en América. Este informe, enormemente crítico, circuló por las instancias oficiales referidas a Indias aunque no se editó hasta el año 1826 en Inglaterra con el nombre de *Noticias Secretas de América.* La última obra en la que participaron de consuno ambos marinos y científicos apareció en 1749 bajo el título de *Disertación sobre el meridiano de demarcación entre los dominios de España y Portugal* y tenía una marcada finalidad política al ser empleada, como documento base, en las negociaciones que darían lugar al Tratado de Límites firmado por ambas naciones en 1750.

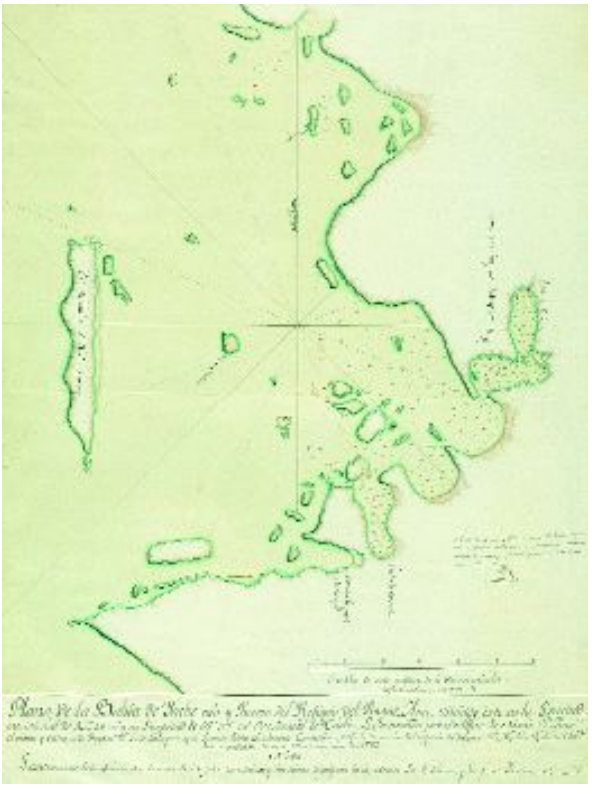
Esfera armilar. *Autor: Anónimo. Procedencia francesa.* Diámetro ecuador 36.5 cm. Latón. S. XVII-XVIII.

Su producción científica personal se centró en la edición de textos dotados de gran rigor matemático y relacionados con aspectos técnicos de la navegación. Así en 1757 apareció en Cádiz

su *Compendio de navegación para el uso de caballeros guardias marinas* en el que efectuaba un análisis concienzudo de las cuestiones relacionadas con la navegación, a saber: el rumbo, la distancia, la posición, así como el método e instrumentos necesarios para su determinación. El libro sería, en parte, traducido al inglés.

Pero sin duda su obra cumbre fueron los dos volúmenes del *Examen marítimo teórico práctico, o tratado de mecánica aplicada a la construcción, conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones*. Elaborado básicamente durante sus años pasados en Cádiz, aunque concluido ya en Madrid, apareció en 1771 y es producto de su enorme experiencia acumulada sobre navíos, de su relación con Pierre Bouger autor de dos importantes tratados en 1727 y 1747 y de la información adquirida en Londres. Traducido al francés e inglés, constituye la aportación señera de Jorge Juan a la ingeniería naval y a la mecánica de fluidos, siendo considerado en la Europa del siglo XVIII como uno de los principales libros de marina según el catálogo elaborado por Lalande a finales de la centuria y en el que, excepcionalmente, además de reseñar título y autor, le dedica unas elogiosas líneas. A mayor abundamiento Miguel Sanz, su secretario y biógrafo, señala que el *Examen marítimo* le valió allende nuestras fronteras la consideración de "sabio español" afirmando, no en balde, que la obra era *capaz de llevar a la posteridad la memoria y mérito de su Autor, mientras haya en el Mundo sensatos conocedores de la ciencia.* Desde luego no anduvo errado el fiel secretario del científico.

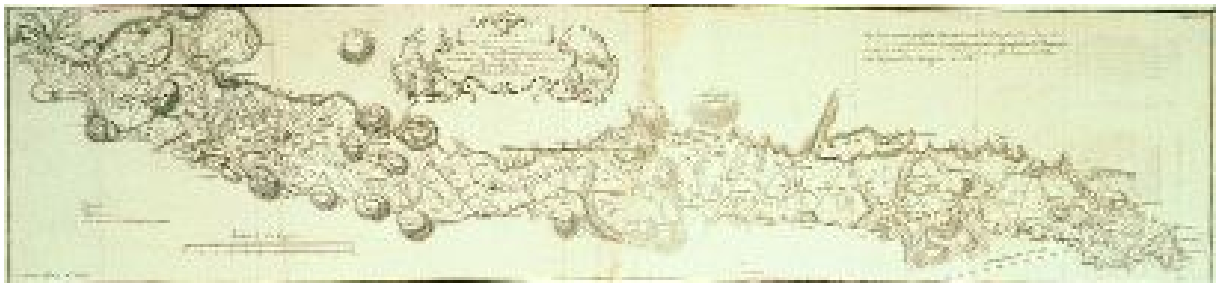
Una de las facetas quizá menos conocidas de Jorge Juan fue su empeño por impulsar la elaboración de un mapa de España científicamente levantado. En este asunto encaja perfectamente con las preocupaciones del marqués de la Ensenada interesado no sólo en mejorar las comunicaciones del país, sino en dotarlo de una cartografía similar a la existente en el resto de naciones europeas. A ello obedece la redacción, en 1751, del *Método de levantar y dirigir el mapa o plano general de España, por medio de triángulos observados por buenos cuartos de círculos y Reflexiones sobre las dificultades que pueden ofrecerse* al que se agregaban unas *Instrucciones* precisas para la creación de veinte compañías de geógrafos, hidrógrafos y astrónomos. Su propuesta no hallaría el adecuado desarrollo por muy diferentes



Plano del puerto de Ynchemo y del refugio del Pingue Ana… *Autor: Francisco Clemente, Luis.* 65 x 49 cm. Manuscrito sobre papel. 1792.

motivos y este *Método* no vería la luz hasta el año 1809, tras ser incluido en las denominadas *Memorias del Depósito Hidrográfico*.

Cumplida su etapa gaditana fue reclamado desde la corte para el desempeño de más altos menesteres relacionados con la enseñanza. El veinticuatro de mayo de 1770 Jorge Juan tomó posesión de la dirección del Seminario de Nobles, cargo que desempeñó de manera sabia y prudente, consiguiendo revitalizar en muy poco tiempo una institución sumida en la más honda decadencia por esas fechas. Con su prematuro fallecimiento, acaecido el veintiuno de junio de 1773, no sólo quedaba incompleta su tarea sino que España perdía un hombre que, al decir de Miguel Sanz en las primeras líneas de su *Breve noticia* sobre la vida del marino, *a su ingenio sutil, perspicaz viveza y pronta penetración, acompañaba un laboriosísimo genio con que, cultivando sus talentos, supo enriquecer las Ciencias e ilustrar la Nación*.



Carta de la Meridiana medida en el Reyno de Quito… Lám. XX del “Viaje a la América Meridional”. *Autor: Jorge Juan y Antonio de Ulloa. Grabado de A. Palomino*. Lám. 107 x 25 cm. Grabado. 1744.

GVARDAS

Polo

NORTE

ORIZONTE

INSTRUMENTOS NÁUTICOS

Juan Suay Artal

Habiéndose dispersado la especie humana por la Tierra e instalados los hombres por el continente, se vieron atrapados por las grandes masas de agua de mares y océanos que de algún modo había de atravesar, y no tardaron en ingeniárselas construyendo con diversos materiales, tallos de papiro, pieles, árboles, etc., objetos flotantes que fueron evolucionando a naves, dotándolas de dirección e impulso, inventando los remos, el timón y finalmente la vela.

Aunque en un principio se atrevieron a realizar cortas travesías, siguiendo el perfil de la costa, llegó el momento de ir cada vez más lejos y como medida de seguridad necesitaban información básica a dónde encaminarse. Conociendo el sentido de la orientación de la aves se proveyeron de palomas y cuervos a bordo de los bajeles (recordemos el relato bíblico del Arca de Noé, en el Génesis); si perdían de vista la costa o buscaban una isla, soltaban una de ellas observando su vuelo, si tomaba una dirección y no regresaba evidentemente era por haber encontrado tierra. Esta práctica se remota desde hace tres milenios a. de C. en Oriente y aproximadamente dos en el mar Egeo. Esta primitiva manera de navegar limitó las relaciones culturales entre los pueblos del litoral, pero al conocerse la orientación astronómica cambió totalmente el desarrollo cultural y económico de los pueblos del Mediterráneo.

Este mar no presentaba una navegación difícil, porque no pasaba mucho tiempo sin avistar tierra, de todas maneras los navegantes empezaron a “mirar al cielo” tomando las estrellas como medio de orientación siendo los fenicios los primeros que practicaron y extendieron la navegación astronómica, gracias a las nociones

elementales de astronomía recibidas de los caldeos; cada vez las travesías eran más largas, pero para asegurar el éxito de esta navegación precisaba dotar a la nave de herramientas que ayudasen a una práctica segura.

La navegación astronómica se limitaba en principio a la observación de las estrellas septentrionales, en especial a la Osa Mayor y luego la Osa Menor, por estar sus estrellas más tiempo encima del horizonte e incluir en su constelación la Polar. Poco se conocen de los sistemas de navegación, pero de un modo u otro pudieron fijar la latitud tomando la altura angular de la estrella Polar o altura del polo, primitivamente se usaba un método, que no podemos llamar instrumental, consistente en extender el brazo en sentido del astro y perpendicular a la línea a visar. El ángulo que formaba cada uno de los cuatro dedos, meñique, anular, corazón e índice (1˚,6166' entre dedos, en total 6˚,4666) se conocía entre los marinos musulmanes como *"dubban"*.

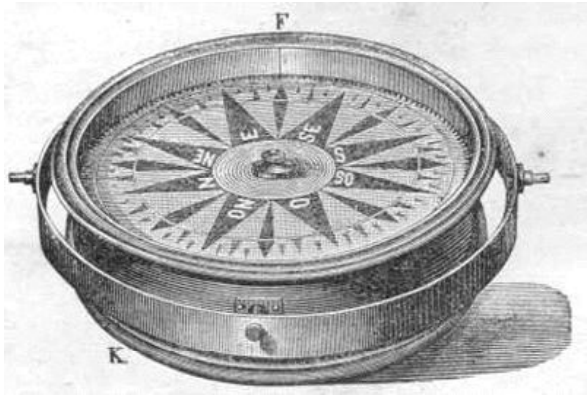
La determinación de medidas angulares con métodos instrumentales y más cercanos a lo científico, vienen de la tradición y experiencia de la navegación astronómica de los marinos islámicos en el océano Índico. El portugués Vasco de Gama, en su primer viaje a la India, tuvo conocimiento en las costas de Mozambique de un instrumento ignorado en Occidente llamado *"kamâl"* que estaba formado por un paralelogramo de madera (5 cm x 2,5 cm) de cuyo centro salía un cordel con nudos situados a distintas distancias, cada uno correspondía a una graduación angular llamada *"isbas"*. La práctica era simple, se prendía con la boca el nudo que hacía coincidir el borde inferior del paralelogramo con el horizonte y el superior con el astro a observar, con la mano libre se contaban los nudos que correspondían a la altura angular; según se situara verticalmente el lado más largo o el más corto, aumentaba el margen de alturas a observar, muchos pilotos portugueses lo siguieron usando hasta la mitad del siglo XVI y lo conocían como *"tavoletas de Índia o balestiha do mouro"*. Desde el siglo VIII al XI, los islámicos fueron los dueños del Mar Mediterráneo, mientras que en Océano Índico ejercieron notable ascendencia hasta el XVI que fueron desalojados por los portugueses.

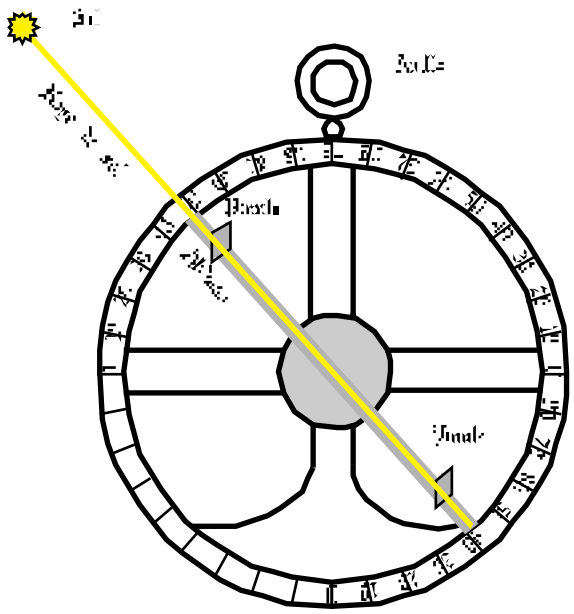
La navegación comenzaba a ser un arte y estaba reducido a la solución del siguiente problema: Dado el punto de partida de la nave, hallar la situación del punto de llegada, cuando se conocen el rumbo y distancia que se ha navegado al mismo, *punto de fantasía*; o el rumbo y la diferencia de latitud contraida, *punto de escuadría*; o la distancia y diferencia de latitud contraida, *punto de fantasía y altura.* Para conseguir estos objetivos con éxito debían de tener a bordo, una aguja náutica, un astrolabio y unas efemérides perpetuas de la declinación del Sol.

Antes de seguir con los instrumentos para medir alturas de astros citaremos "la aguja náutica", conocida en Europa desde el siglo XII y podemos asegurar que ha sido el más poderoso auxiliar del hombre para la exploración de la Tierra, por otra parte desempeñó escasa influencia en el progreso de la navegación puesto que hasta el último tercio del siglo XV, ésta se limitaba todavía al método del cabotaje, y no era otra cosa que un conjunto de rutinas tradicionales, hasta que se la pudo combinar con procedimientos astronómicos para hallar la latitud de la nave, única coordenada posible de conseguir hasta mitad del siglo XVIII.

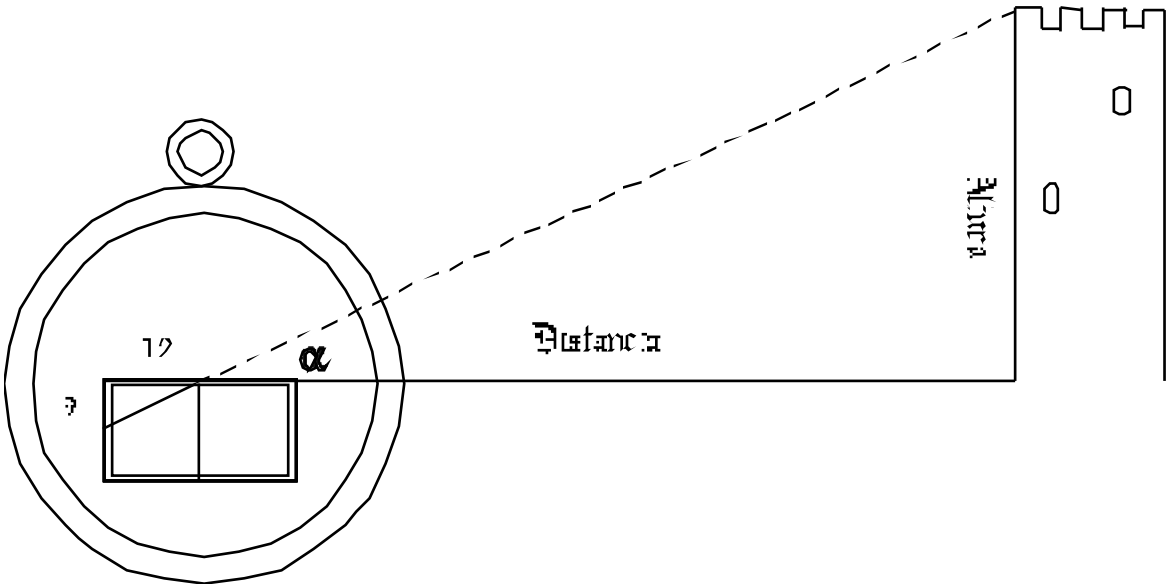
Mucho se ha especulado sobre el origen de este importante instrumento, pero es bien cierto que fueron los chinos los primeros en conocer las propiedades directivas del imán. Los árabes estuvieron empleando la brújula en el siglo XI, pero guardaron silencio ya que les daba una ventaja con los competidores en la navegación comercial por los mares arábigos y por último la introdujeron en el Mediterráneo. El portentoso Raimundo Lulio cita en sus escritos el uso por los marineros catalanes y mallorquines de esta herramienta.

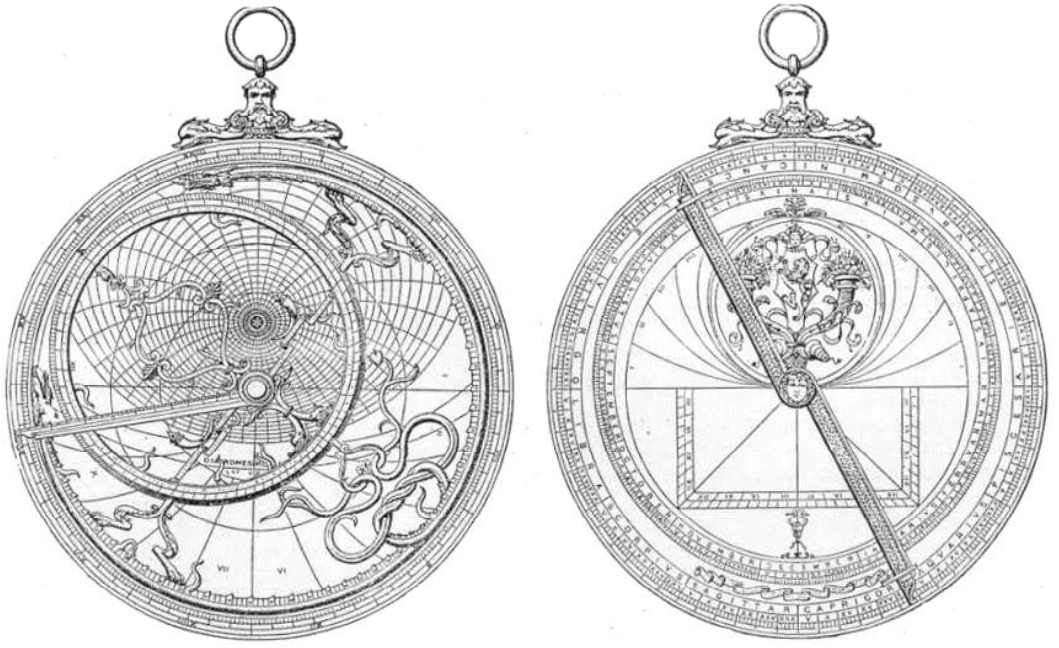
La más importante modificación introducida en la construcción de este instrumento ocurrió en el siglo XIV con una idea (algunos investigadores no comparten esta procedencia) de Flavio Gioya, piloto nacido en la ciudad de Amalfí, y consistió en apoyar la aguja imantada en un estilo vertical sobre la que podía girar libremente, montando el conjunto dentro de una caja preservándola de la intemperie tomando el nombre de *bossola,* más tarde se le añadió un sistema de ejes, suspensión cardan, para mantener la horizontalidad contra los balances y cabeceos de la nave. Colón cumplió





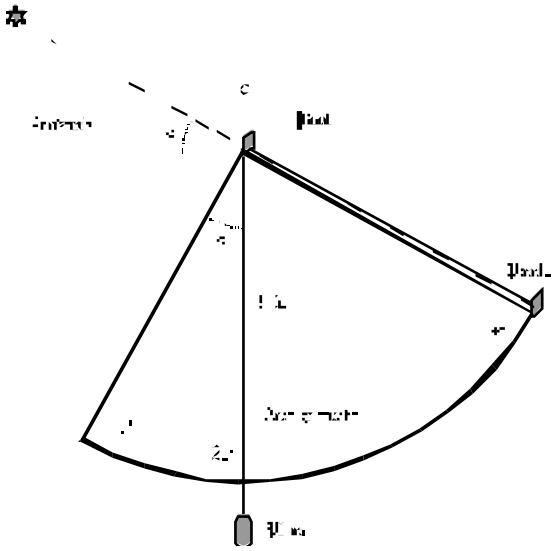
su objetivo en 1492 principalmente gracias a la aguja náutica, sabía que no señalaba exactamente el polo del mundo, pero creía permanente ese desvío, no es de extrañar que se llevara una gran sorpresa al observar una alteración directiva desconocida hasta entonces, la declinación magnética, que llenó de consternación a los pilotos que se vieron perdidos sin el gobierno regular de la aguja. Este hecho se incorporó a la Ciencia el día 13 de septiembre de 1492 a la altura de la Isla Corvo del grupo de las Azores, donde la aguja pasó de *nordestear a noroesterear,* fue ratificado en viajes posteriores y su estudio incluido en todos los libros náuticos de la época, incluso se llegó a pensar en una relación, obviamente equivocada, con el meridiano del lugar que hubiera resuelto el problema de la longitud.


α
Altura



El astrolabio estuvo ligado a la Astronomía desde las primeras observaciones de los astros y su utilidad fue fundamental hasta la aparición de los telescopios, su nombre proviene del vocablo griego *"astrolabon",* que significa cogedor de astros. El gran astrónomo Hiparco de Nicea lo usaba en sus observaciones y construyó el primer astrolabio plano basándose en la proyección estereográfica polar, sistema que permite representar en un plano los diversos puntos de la esfera celeste, pero tardaría muchos años en tomar la conformación definitiva, producida básicamente en el mundo musulmán y se mantuvo hasta finales del siglo XVII, con algunas modificaciones de científicos europeos, destacando la proyección ortográfica del español Juan de Rojas y el holandés Gemma de Frisia.

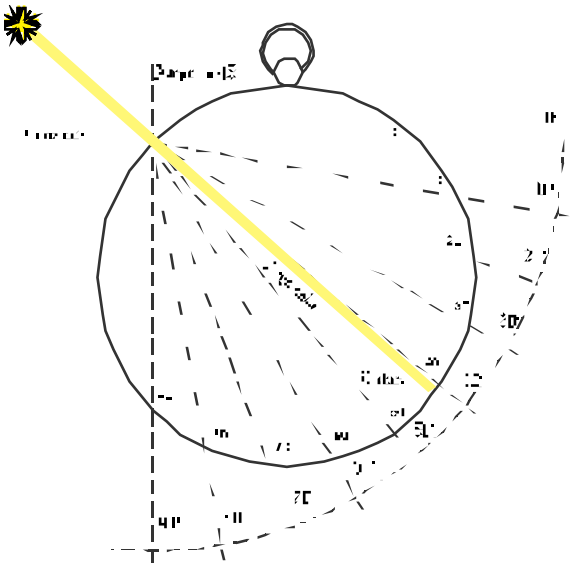
Llegó a ser un instrumento imprescindible para los astrónomos, astrólogos y agrimensores, pues con él se podía fijar la posición de los astros, leer el tiempo Astral, tiempo Solar, hora Solar, etc., y con el cuadrado de sombras que figuraba en el *dorso de la madre* se calculaban medidas para agrimensura; consistía en un rectángulo de longitud igual al doble de su altura, la escala horizontal estaba dividida en 24 partes y la vertical en 12, para medir la altura de una torre se tomaba el astrolabio por la argolla y mandando una visual a

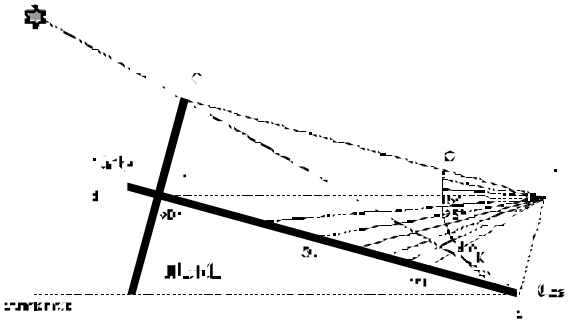


través de la alidada a la parte más alta, se leía el número del trazo del cuadrado de sombra, supongamos el 9, entonces la altura corresponderá a 9/12 partes de la distancia. Tenía múltiples usos, medidor de ángulos, profundidades de pozos, distancias a lugares poco accesibles, etc.

El astrolabio náutico es una simplificación del llano en donde se han omitido todas las grabaciones estereográficas que representaban la esfera celeste y quedaba reducido a una corona metálica de unos 15 a 20 centímetros, con cuatro radios donde en su centro podía girar una *alidada* que disponía de dos *pínulas* con sendos orificios a través de los cuales se divisaba el astro, o si se trataba del Sol se manejaba de tal manera para hacer pasar un rayo solar por ambas pínulas, a esta operación se la conocía como *pesar el sol.* La graduación empezaba por

Octante, modelo Hadley. *Autor: Anónimo.* Radio 60.4 cm. Madera y latón. S. XVIII.





0˚ en sentido horizontal hasta 90˚, aunque posteriormente en uno de sus cuadrantes se invirtió la graduación con objeto de tomar directamente la distancia zenital.

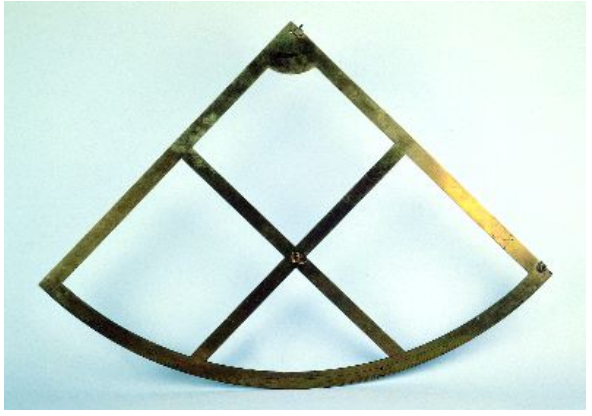
El dibujo está copiado del *Regimiento de Navegación* (1563) de Pedro de Medina, representando a un piloto tomando la altura del Sol o pesando el Sol.

Los Anillos o annulos consistían en un anillo circular de metal suspendido por una anilla y un peso en su extremo opuesto, para asegurar la verticalidad; a 45˚ contados desde la anilla se practicaba un agujero en forma cónica con el vértice en la parte interna, para que penetrando el rayo solar se proyectara en la parte cóncava del anillo graduada en grados. Esta graduación se grababa haciendo centro en el orificio y sobre un arco de 90˚, entre una horizontal en cuyo extremo se situaba el 0˚ y otra vertical con 90˚, escalonándose en grados correspondientes a las distintas tiradas desde el orificio origen.

Cuadrante de altura era otro ingenio con el mismo fin que los anteriores y consistía en un cuarto de círculo suspendido desde el punto C de donde pende un hilo con un plomo; en uno de sus lados se sitúan dos pínulas para enfilar el cuerpo a determinar su altura angular respecto al horizonte, leyendo a continuación los grados que marque la posición que toma el hilo de plomada. Es evidente que no era un instrumento muy propio para manejarlo en los buques en constante movimiento, más bien para observaciones en tierra firme.

La Ballestilla de los Marineros también formaba parte de los útiles náuticos, pero se le daba un uso nocturno en especial para la observación de la estrella Polar y era muy apreciado por los navegantes del siglo XVII, se compone de dos largueros de sección cuadrada, una larga (± 1,5 m.) en forma de regla llamada flecha o virote, y otra más corta, sonaja o martillo, con un orificio en su mitad de igual sección que la *flecha* de tal forma que se pueda deslizar a lo largo ella conservando en todo momento la perpendicular.

La *flecha* lleva grabada una graduación desde el extremo A que se confeccionaba de un modo gráfico: Desde la coz A se levanta una perpendicular AD de igual longitud a la mitad del *martillo* CE, con este radio se traza el arco GA y a su vez se parte en dos (45˚) y se divide el resultante GK en cuarenta y cinco partes iguales, a continuación se van tirando rectas hasta cortar la *flecha*, escribiendo el doble de los grados que corresponda a las divisiones hechas, por ser este ángulo la mitad



Cuadrante náutico. *Autor: Nairne*. 44.5 cm radio. Latón. S.

de la altura observada, en efecto: CDF = CAF y por ser iguales los triángulos rectángulos CFA EFA, la altura medida CAE corresponderá a 2CDF.

Su manejo era muy sencillo, se acercaba el ojo a la coz y lanzando una visual, se hacía correr el martillo sobre la flecha hasta hacer coincidir la parte superior del martillo con el astro y la inferior con el horizonte.

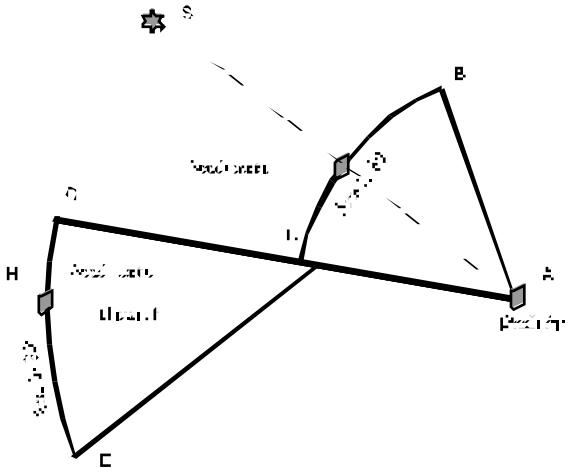
El Cuadrante de Davis fue otro instrumento incorporado a la náutica entre los XVI y XVII y fue inventado por el marino británico John Davis descubridor del estrecho que lleva su nombre a la entrada del Mar de Baffin en una atrevida navegación por encima de los 71˚ Norte.

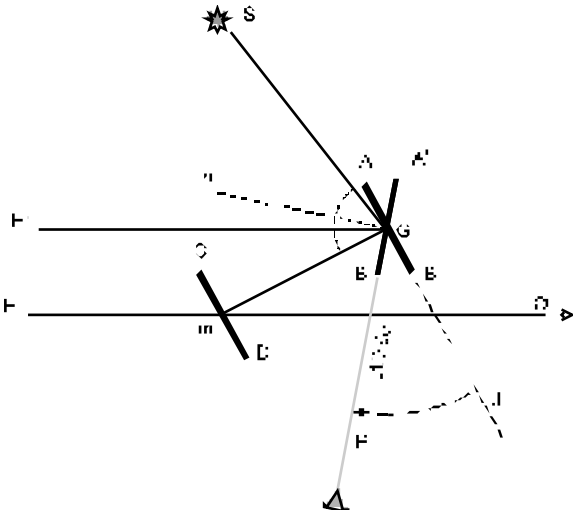
Este relevante instrumento fue el más exacto construido hasta entonces para observar los astros en cualquier tipo de navegación astronómica y fue inmediato anterior a los octantes de reflexión precursores de los precisos y modernos sextantes. Sobre una vara AC se montan dos arcos, uno EC de 30˚ con radio AC y otro DB de 60˚ radio mitad de AC, completando con los dos un cuadrante, estos se hacen firmes con los listones ED y AB; el arco menor se dividía solamente en grados y el mayor en grados con sus correspondientes fracciones, las dos pínulas situadas en los arcos son movibles, y fija la que servía de mira en el punto A de la vara. Para observar un astro S directamente, se procedía a colocar la pínula H a discreción en un punto conveniente del arco de menor graduación y echando visual por A se enfilaba el horizonte, manteniendo esta visual se hacía mover la pínula del arco de 60˚ hasta tener el astro S en línea, se leía la posición que ocupaba y sumando la colocada en el arco menor, obteníamos la altura del astro. Para tomar alturas del Sol y no dañar la vista se procedía a dar la espalda al astro e invirtiendo el instrumento se miraba por la pínula H y manejando convenientemente la otra movible sobre el arco DB hasta que apareciera el rayo de sol proyectado sobre la fija situada en A. Se estuvo utilizando hasta bien entrado el siglo XVIII, mejorando su precisión con modificaciones que lo hizo insustituible para hallar con gran precisión la latitud del lugar.

El octante, fue el primer instrumento de reflexión que marcó pauta en la navegación del siglo XVIII, sobre todo una vez resuelta la determinación de la longitud geográfica, por distancias lunares y más tarde con la aparición de precisos cronómetros náuticos.

Se debe a un diseño del geómetra inglés John Hadley quién presentó en 1731 su octante a la Real Academia de Londres, publicando a su vez su descripción en las *Transacciones Filosóficas.*

Está basado en los principios fundamentales de la óptica sobre la reflexión de la luz en una superficie de un espejo plano; *el ángulo del rayo incidente* sobre un punto llamado *de incidencia* es igual al del *rayo reflejado.* Sean AB y CD dos espejos perpendiculares al plano del instrumento y paralelos entre sí, dirigidos en uno hacia el otro; el CD es fijo y azogada su mitad inferior y diáfana la superior. En este supuesto la vista del horizonte H atravesará la parte diáfana del espejo CD y llegará al ojo del observador en O; también el horizonte llegará a nuestro ojo a través de la doble reflexión en los espejos AB y CD, siguiendo la trayectoria H'GmO, confundiéndose ambas imágenes. Supongamos un astro S, y si a continuación hacemos girar convenientemente el espejo AB por medio de la alidada a la que va solidario hasta una posición A'B', el astro incidirá





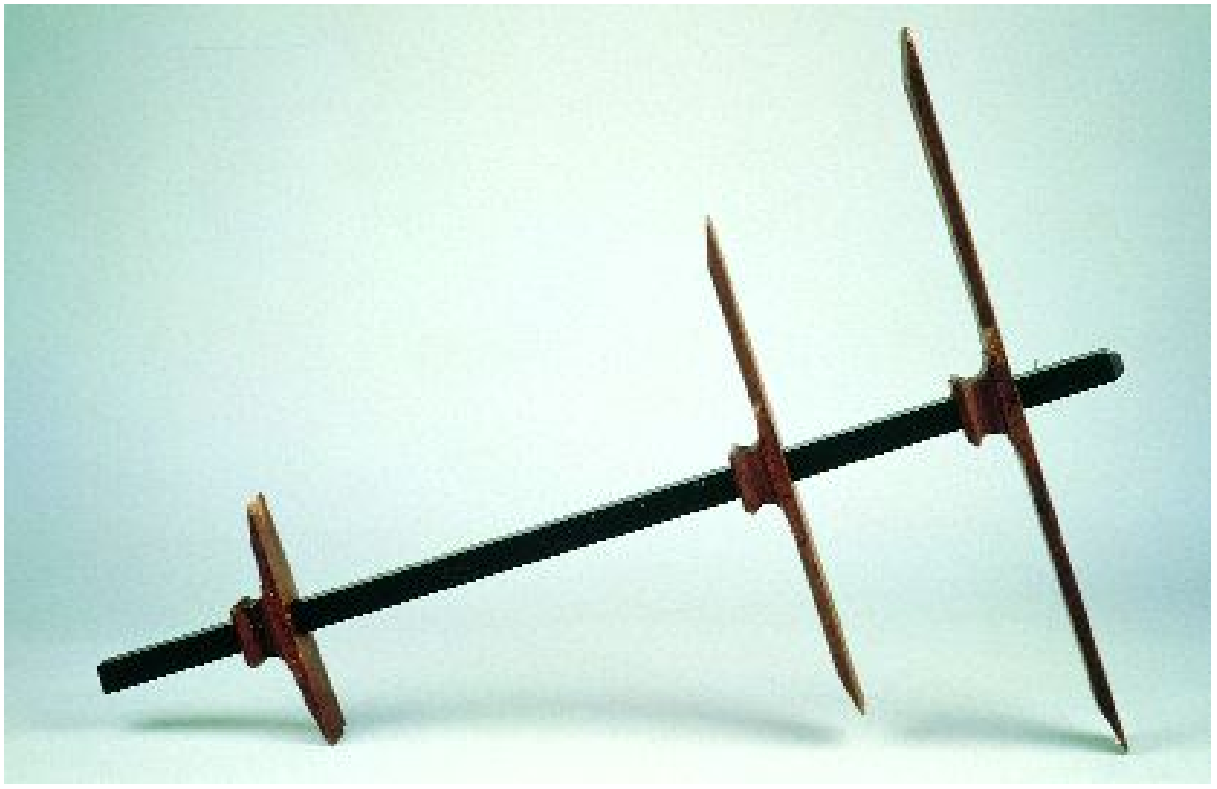
en él según la SG y de éste al espejo fijo CD y por último al ojo del observador mO, con lo cual habremos conseguido ver la imagen del astro S tangente al horizonte. El espejo AB habrá girado en esta operación AGA' igual al desplazamiento de la alidada de J a P y por las leyes de la reflexión será la mitad de SGm; teniendo en cuenta esta propiedad, la grabaciones correspondientes a este desplazamiento angular sobre la corona o limbo del octante, se numerarán al doble.

Para obtener la hora por la noche se utilizaba el Nocturlabio, que está compuesto por dos círculos concéntricos e independientes, graduados en su periferia, el externo con los meses del año y sus correspondientes días, el interno viene marcado en horas y fracciones. Pueden girar independientemente sobre el centro del conjunto, además tiene añadida una regleta, sobre la cual van situadas las siete estrellas de la Osa Menor; los antiguos navegantes la asemejaban a una *bocina o corneta,* sus más destacadas la Polar y Kochab están unidas por una alineación.

Su fundamento es el siguiente: La Polar se encuentra situada casi en el eje de giro de la esfera celeste, por lo que todas las estrellas giran a su alrededor en sentido contrario a las agujas de un reloj; si nos circunscribimos a la Osa Menor las seis estrellas restantes darán una vuelta alrededor de ella cada 24^h. Para tener una buena referencia hay dos llamadas "Guardas" *Beta (Kochab) y Gamma,* la primera reúne la condición de *"saeta horaria";* supongamos que ésta pasa por el meridiano superior al ser la medianoche, el día siguiente debido a que el día sidéreo es 4^m más corto que el civil, pasará cuatro minutos antes de ser la medianoche; transcurridos 15 días el paso por el meridiano ocurrirá una hora antes de la medianoche o sea a las 23^h y así sucesivamente. Partiendo de esta circunstancia podremos saber en cualquier fecha del año la

hora nocturna simplemente con observar la posición que ocupa en la esfera celeste en ese momento la *Guarda delantera* de la Osa Menor, tomando como data de partida la medianoche en que Kochab pasó por en el meridiano superior. En la época del Descubrimiento la Guarda delantera cruzaba el meridiano a medianoche del día 20 abril, actualmente por motivos de la precesión de los equinoccios y los trece días de diferencia de la Reforma Gregoriana, lo hace el 5 de mayo.

El uso era muy sencillo, en primer lugar había que colocar el disco movible interior en la fecha correspondiente al día de la observación (para ello llevaba un índice que debía coincidir con la fecha) indicadas en la periferia del disco base, a continuación se apuntaba con el conjunto a la estrella Polar teniendo en cuenta mantener el aparato de tal manera que la fecha origen, señalizada con un tetón, sea normal al meridiano. Seguidamente se tenía que visar la Polar por el agujero abierto en el centro del aparato, al mismo tiempo se hacía girar la regleta hasta hacerla coincidir con la *guarda delantera* de la Osa Menor, la alineación *Polar - Kochab* marca-



Ballestina. *Autor: Anónimo.* Long. 61.8 cm. Madera (ébano). S. XVIII.

ba la hora nocturna en el borde del círculo menor.

Raimundo Lulio construyó en 1272 uno basándose en estos principios, y se supone que lo hizo para suministrar medicinas a los enfermos en horas nocturnas. El nocturlabio, debidamente modificado, formaba parte del grupo de instrumentos imprescindibles en la navegación renacentista, y empleado hasta mediados del siglo XVIII.

BIBLIOGRAFÍA

COMELLAS, JOSÉ LUIS: *El cielo de Colón*. Madrid, Tabapress, 1991, pp. 42-45.

CORTÉS, MARTÍN: *Breve Compedio de la Sfhera y de la Arte de Navegar.* Sevilla, Antón Álvarez,1551, Parte Segunda. (Ed. Facs), Zaragoza, Fernando el Católico, 1945.

CHABÀS, JOSEP y BOSCH, DANIEL: *L' Astrolabi Pla.* Barcelona, ICE-UPC, 1987, p. 73.

FERNÁNDEZ FONTECHA, FERNANDO: *Curso de Astronomía Náutica.* Cadíz, Federico Joly, 1880, p. 120.

GARCÍA FRANCO, SALVADOR: *Historia del Arte y Ciencia de Navegar.* Madrid, Instituto Histórico de Marina. 1947, pp. 346-347. *Instrumentos Náu - ticos en el Museo Naval.* Madrid, Instituto Histórico de la Marina, 1957, pp. 59-80, 114-115.

MARTÍNEZ HIDALGO, JOSÉ MARÍA: *Historia y Leyenda de la Aguja Magnética.* Barcelona, 1946, pp. 31, 54, 63.

ZAMORANO, RODRIGO: *Compendio de la Arte de Navegar*. Sevilla, Alonso de la Barrera,1581, p. 29 (Ed. Facs.) Valencia, París-Valencia, 1995.

Sextante. *Autor: Fulgencio Rodríguez.* Radio 25 cm. Latón y cristal. 1805.

COLECCIÓN MUSEO INVESTIGACIÓN

El Rey lobo de la Alcudia de Elche
Biblia Sacra de Cocentaina
Cerámica califal de Denia
La *falcata* ibérica de La Serreta
L'art esquemàtic
Juguetes de lata. La época dorada de Rico S.A.

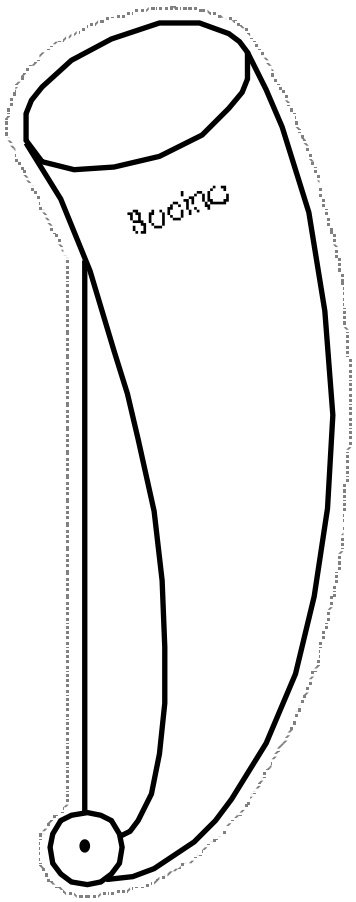
EL MAR. Camino de ciencia y cultura: [exposición] / fotografías Museo Universidad de Alicante; autores textos, Enrique Giménez López… [et al.]. – 1ª ed. – Alicante: Museo Universidad de Alicante, Vicerrectorado de Extensión Universitaria, D.L. 2001
72 p.: il. col. y bl. y n.; 24x24 cm
ISBN 84-600-9656-4
D.L. MU-1001-2001
1. España – Descubrimiento y exploración – Historia – Exposiciones 2. Exploradores – España – Historia – Exposiciones 3. Cartografía – Historia – Exposiciones 4. Navegación – Aparatos y material – Exposiciones I. Giménez López, Enrique II. Universidad de Alicante. Museo
910.4(460)(091)(064.3)
910.27(091)(064.3)
528.9(064.3)
629.5.06(064.3)

Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2001

Montaje del noctulabio

Recortar las figuras 1 y 2, perforar en el centro y superponer a la figura 3, fijando el eje con un alfiler.

fig. 1



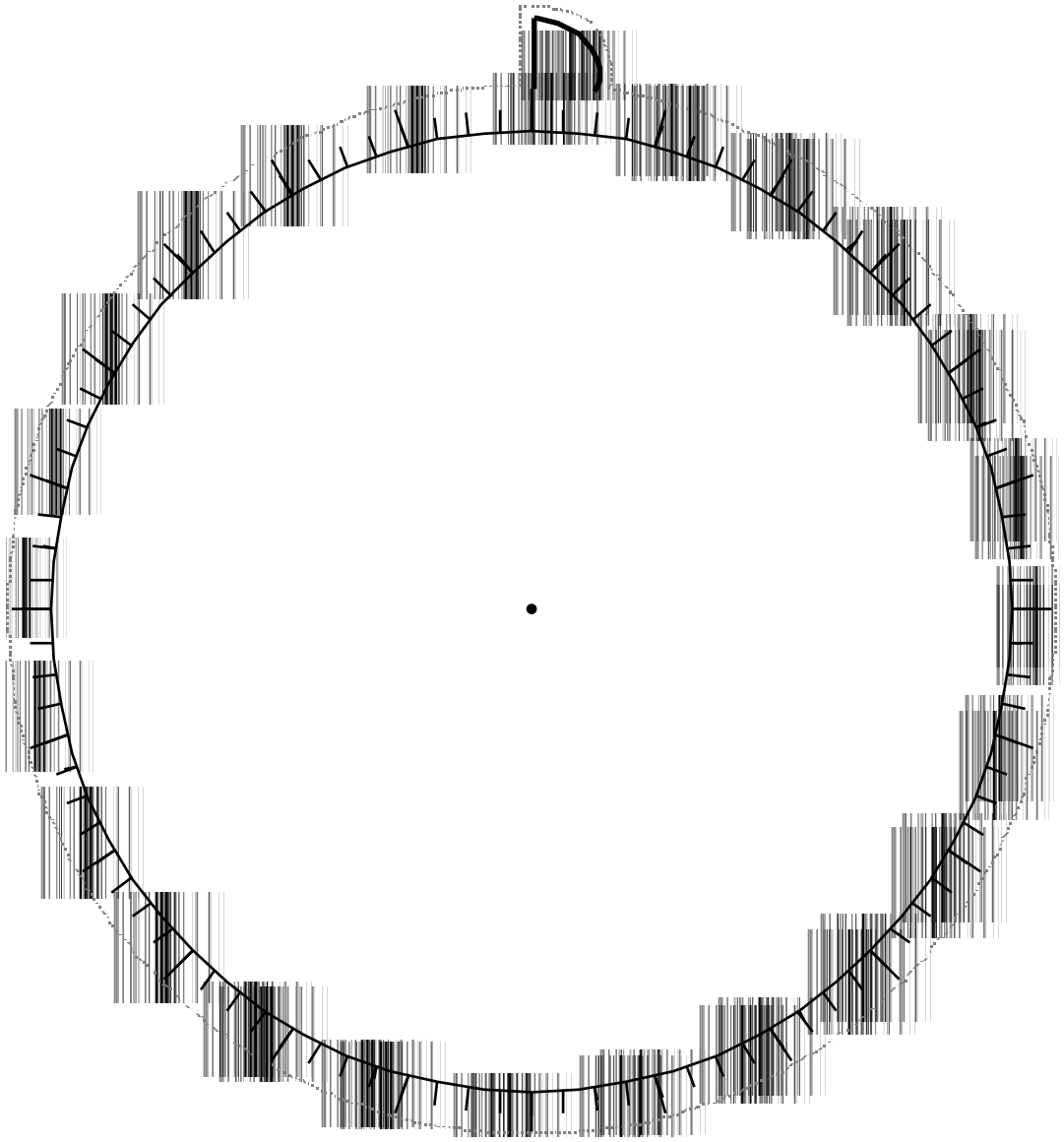


fig. 2