

# *Génesis oceánica de la modernidad*

## *Fundamentos científicos de la época*

*Francisco GUERRA*

### *EL TRATADO DE TORDESILLAS*

El 7 de Junio de 1494 se firmó en Tordesillas el tratado que establecía la línea divisoria entre el dominio de Castilla y el de Portugal en el océano Atlántico. En aquel texto el rey de Portugal, de una parte, y el rey y la reina de Castilla y Aragón, por la otra, de mútuo acuerdo.

"Otorgaron e consentieron que se faga e señale por el dicho mar ociano una Raya o lina derecha de polo a polo, combiene a saber del polo ártico al polo antártico, ques de norte a sur, la qual Raya o lina se aya de dar e de derecha, como dicho es, a trescientas e setenta leguas de las yslas del Cabo Verde hazia la parte de Poniente, por grados o por otra manera, como mejor o más presto se pueda dar, de manera que no sea más, e que todo lo que fasta aquy se ha fallado e descubierto, o de aquí en adelante se fallare e descubriere por el dicho señor Rey de Portugal, e por sus nabíos, así islas como tierra firme, desde la dicha Raya e lina dada, en la forma suso dicha yendo por la dicha parte del lebante, dentro de la dicha Raya a la parte de levanto del norte o del sur dellantado, que no sea trabesando la dicha Raya, que esto sea e finque e pertenesca al dicho señor Rey de Portugal e a sus subcesores para siempre jamás, e que todo lo otro, así yslas como tierra firme falladas e por fallar, descubiertas e por descubrir por los dichos señores Rey e Reyna de Castilla e de Aragón, e por sus nabíos, desde la dicha Raya, dada en la forma susodicha, facia el poniente o del norte o del sur della, que todo sea e finque e pertenesca a los dichos señores Rey e Reyna de Castilla e de León e a sus subcesores para siempre jamás".

El Tratado de Tordesillas de 1494 estuvo precedido por el Tratado de las Alcákovas del 4 de septiembre de 1479, donde se capituló el dominio de las islas Canarias, el reino de Fez y de Guinea con el océano anexo, que fue ratificado por la bula **Aeterni Regis** de Sixto IV el 9 de junio de 1481. Posteriormente, las bulas **Inter Caetera** del papa Alejandro VI del 3 de mayo de 1493, la más amplia y aclaratoria, **Motu proprio** el 4 de mayo, seguida de la **Dudum siquidem** el 23 de septiembre del mismo año,

otorgaron a los reyes de Castilla y Aragón la posesión de las tierras situadas cien leguas al Poniente de las islas Azores y Cabo Verde. Conviene tener presente que la segunda bula ampliaba el meridiano de partición a su antípoda, de manera que la esfera terráquea quedaba dividida en dos hemisferios, uno atlántico con 100 leguas portuguesas y otro índico cuyo dominio, por incluir las islas Molucas o de las Especies, trató de establecerse en las Juntas de Badajoz-Elvas en 1524.

### *LOS PROBLEMAS CIENTÍFICOS QUE ENTRAÑABAN LOS TRATADOS HISPANO-PORTUGUESES*

El Tratado de Alcáçovas en 1479 resolvía el señorío del Atlántico de norte a sur teniendo como referencia el paralelo de las Canarias. Por él pertenecían a Portugal "cualesquier otras yslas que se fallaren de las yslas Canarias para baxo contra Ginea", y pertenecía al rey y Reyna de Castilla, de Aragón, de Sicilia, etc., el señorío del Atlántico de las Canarias para arriba; era, por lo tanto, un problema de latitud. En cambio, el Tratado de Tordesillas resolvía el señorío del Atlántico estableciendo que el dominio de Portugal sobre el paralelo de Cabo Verde llegaba "a trescientas e setenta leguas de las yslas de Cabo Verde hazia la parte de Poniente"; es decir, era un problema de longitud. El Tratado de Tordesillas fue acordado por Enrique Enríquez, Gutierre de Cárdenas y el Dr. Rodrigo Maldonado, entre otros, por parte de España, mientras que Rui de Sousa, Duarte Pacheco y Aires de Almada, entre otros, representaron a Portugal; sin embargo, la participación en Tordesillas de los navegantes fue secundaria y escasa.

El problema capital de los acuerdos jurídicos en el umbral de la Modernidad era que en aquellos años podían determinarse con facilidad y certeza los grados de latitud y en cierta medida la longitud de un punto del Mundo Antiguo, siempre que estuviera en tierra firme. Pero, si bien era factible establecer en la "mar oceana" el paralelo de la latitud, el cálculo de la longitud resultaba imposible. Por ello, al haberse establecido en términos jurídicos el dato de la longitud geográfica, el Tratado de Tordesillas tuvo que ser perfeccionado por pilotos versados en matemáticas durante las juntas de Badajoz y Elvas, río Caia por medio, del 5 de abril al 30 de mayo de 1524; de ahí que, si para juristas e historiadores el Tratado de Tordesillas constituye la cumbre del derecho indiano, para los historiadores de la ciencia lo es el de Badajoz y Elvas. Decía Martir de Anglería en junio de aquel año, que a ellas el Emperador envió "venticuatro personas de experiencia, seis de cada una de las facultades, a saber: Astronomía, Leyes, Cosmografía y Náutica", pues, allí se trató de la longitud, no solo del dominio de España en el Atlántico, sino del meridiano antípoda, por el que las islas Malucas "se entendiesen comprendidas más de veinte grados dentro de los límites castellanos".

López de Gómara insistía en 1552 que, en la repartición de las Indias y el Mundo Nuevo de 1524, Carlos V envió como jueces de propiedad a Fernando Colón, "hom-

bre erudito e hijo segundo del primer investigador de aquellas regiones", que fue quien al final informó al Emperador, y a Juan Sebastián del Cano recién llegado del primer viaje de circunnavegación y "dixo que fuessen Sebastián Caboto, Estevan Gómez, Nuño García, Diego Ribero, que eran gentiles pilotos y maestros de hazer cartas de marear, para dar globos, mapas y los instrumentos necesarios a la declaración del sitio de las islas Molucas sobre las quales era el pleyto".

Fue, por lo tanto, la perentoria necesidad de resolver en la práctica la longitud oceánica de las 370 leguas al Oeste del meridiano de las islas Azores y Cabo Verde sobre el paralelo de estas últimas, lo que obligó a recurrir a las ciencias matemáticas. A la vez, el avance de los descubrimientos, las conquistas y la colonización del Nuevo Mundo y las islas de Oriente, hizo que, junto a las bases matemáticas del cálculo de longitud participaran otras ciencias, en su mayoría aplicadas, que dieron lugar al florecimiento científico que caracterizó la Edad Moderna.

#### *EL TRATADO DE TORDESILLAS Y EL COMERCIO DE LAS DROGAS Y LAS ESPECIAS*

La Edad Moderna, suelen decir los historiadores, surgió del hastío que entumeció el pensamiento del hombre durante la Edad Media, porque el humanismo estimuló al individuo a conocerse a sí mismo y el mundo en que existía, inquiriendo con espíritu crítico los fenómenos naturales. En realidad, al lado de estas grandes concepciones de la Historia que, se dice, impulsaron los descubrimientos geográficos, existen otras motivaciones tangibles que explican, tanto la empresa del descubrimiento del Nuevo Mundo, como el Tratado de Tordesillas y sus consecuencias científicas, políticas y económicas.

A partir del Imperio Romano la salud de los europeos había estado mantenida por una materia médica tradicional recogida en el siglo I de. C. por Dioscórides (fl. 50-70 d.C.), médico de las legiones romanas de Nerón en el cercano Oriente, cuya influencia persistió inalterada en la medicina europea hasta la Edad Moderna; por esta razón, el Occidente mantuvo durante la Edad Media, un cuantioso mercado de especias, sustancias aromáticas y drogas con el Oriente. Así se desprende de las narraciones de aquel período, principalmente a través de los viajes de Marco Polo (1254-1324), que llegó más lejos y describió mayor número de plantas medicinales que ningún otro viajero medieval, y de **La práctica della Mercatura** de Francesco Balducci Pegolotti (fl. 1335), que describió 288 especias y drogas con sus cualidades, principal objeto de comercio entre Oriente y Occidente y dió cifras exactas de la cuantía de aquel mercado. Curiosamente si se examinan las recetas de cocina de aquel periodo, no a la luz de la gastronomía, si no de la farmacología, se descubre que la comida de nuestros antepasados estaba muy sazonada con especias, pues eran éstas junto con la salazón, lo que entonces impedía la putrefacción de los alimentos.

A partir de la derrota de la escuadra de Genova por la de Venecia en Ghioggia en 1381, el comercio de las drogas y las especias procedentes de la India y las remotas Molucas, quedó en manos del Señorío de Venecia. Con el fin de evitar aquella dependencia comercial, Portugal comenzó la exploración de la costa africana y envió misiones a la tierra del Preste Juan en Etiopía; inclusive Alonso V (1432-1481) patrocinó una expedición al mar Rojo para averiguar "el precio de las drogas, especias y aromáticos que vienen a Europa por el Mediterráneo", pero al regresar la expedición en 1487 el rey había muerto. Coetáneos con estas empresas fueron los intentos de Cristóbal Colón (1451-1506) para conseguir que Portugal, Castilla y otras naciones patrocinaran su empresa de hallar una ruta de las especias por el Poniente; entre otros documentos que lo atestiguan, basta recordar la carta del médico florentino Paolo dei Pozzo Toscanelli (1398-1482) que el 25 de junio de 1474 escribía a Colón asegurando que se podía llegar "... a las Indias, donde crecen las especias, por una ruta directa al Poniente de Lisboa..."

El final de la ruta tradicional de las especias por el mar Mediterráneo, bajo control veneciano, parece anunciarse en la carta de Colón a Luis de Santangel (fl. 1470-1507) en 1493, tras su regreso del Nuevo Mundo, donde dice que las Indias podían suministrar a la corona española, no solo metales preciosos, sino también las especias y drogas como el mastic, áloes, ruibarbo, canela y otros aromáticos "... que el Señorío (de Venecia) vende por el precio que quiere..." El regreso de Colón, por otra parte, sirvió para impulsar la expedición portuguesa de Vasco da Gama (1469-1524) quién, tras doblar el Cabo de Buena Esperanza llegó a Calicut y consiguió regresar a Lisboa desde la India, con el primer cargamento de especiería en 1499. De este modo se cercenaba el monopolio de Venecia que, hasta entonces había controlado una importación anual, tan sólo en clavo, de cerca de un millón doscientas mil libras.

La cuestión de la ruta de las especias y la longitud de las islas Molucas después de las Juntas de Badajoz-Elvas de 1524, fue objeto de cuidadosa atención por Carlos V, quien además de la Casa de Contratación en Sevilla para los asuntos con las Indias, estableció la Casa de la Contratación de la Especiería en la Coruña, por ser puerto abierto a la navegación transoceánica y bien situado para la exportación posterior a los Países Bajos, donde estaba su mercado. Todos aquellos esfuerzos se malograron cuando Carlos V, apremiado económicamente por sus empresas bélicas contra los Protestantes, se vió obligado a conceder el dominio total de Portugal sobre las islas Molucas por el contrato de **retrovendendo** perpétuo el 22 de Abril de 1529 a cambio de 350.000 ducados, muy a pesar de los ruegos de Pedro Ruiz de Villegas y los restantes hombres de ciencia españoles que habían estado presentes en las Juntas de Badajoz y Elvas. Como ya se ha apreciado (Guerra 1966) gracias a los beneficios obtenidos del comercio de la pimienta y otras especias pudo Portugal sostener su imperio colonial durante cuatro siglos.

## LOS PRECEDENTES CIENTÍFICOS

La ciencia renacentista comenzó a integrarse a mediados del siglo XV a partir de los testimonios recogidos por Bizancio y el Islam durante el medioevo, y no ha de extrañar que las ideas de Aristóteles, Euclides, Ptolomeo, Galeno y demás representantes de la ciencia griega, se asimilaran en la península ibérica a partir de textos islámicos. De hecho, los factores científicos que intervinieron de alguna forma en los problemas planteados por el Tratado de Tordesillas, tenían como base la tradición de las ciencias matemáticas en la España islámica y en la cristiana.

La Matemática había abandonado el sistema de numeración romana y los cálculos se facilitaron con la introducción de las cifras arábigas, en realidad hindúes, y con el uso del cero, iniciado en Persia por Al-Jwarizmi a mediados del siglo IX y continuado por Umar Jayyam a finales del XI. Destacaron además en nuestro suelo el cadí Ibn-Mucad de Jaén, el rey taifa de Zaragoza Al-Mutaman en el siglo XI y finalmente el gran matemático granadino Al-Qalasadi en el XV; contribuyó al progreso matemático la adopción del sistema de numeración posicional de base decimal. El Álgebra griega avanzó, a la vez, recuperada por algunos tratadistas árabes y por el judío catalán Abraham Bar Hiyya, Savasorda, que planteó las ecuaciones de segundo grado.

La Geometría se vino a conocer por los propios textos de Euclides glosados por diversos comentaristas islámicos, principalmente Ibn Sayyid en Valencia e Ibn Bayya en Zaragoza a partir del siglo XI.

La Trigonometría y la Geografía esférica griega, así como las mediciones astronómicas que permitieron la ejecución de las tablas toledanas de Azarquiel, también surgieron con fuerza en el siglo XII; a partir de ellas se prepararon dos siglos más tarde las célebres tablas alfonsinas que dirigió Alfonso X el Sabio; gracias a las tablas se obtenían fácilmente las posiciones planetarias que ayudaban a los navegantes.

La Astronomía fue en aquellos siglos ciencia clave para fundar las resoluciones políticas de 1494 y junto a ella se estudió con ahínco la Astrología para establecer juicios críticos, horóscopos y pronósticos. La autoridad de Claudio Ptolomeo y su sistema geocéntrico se mantuvo dominante, aún años después de 1543, en que comenzó a ser desplazado por el sistema heliocéntrico de Copérnico. El *Almagesto* de Ptolomeo exponía de forma integral la estructura del universo y la situación de la Tierra respecto del Sol, la Luna y los principales planetas, merced a una explicación geométrica del movimiento aparente de las estrellas. Recogía Ptolomeo el sentir de Platón al suponer que los cuerpos celestes tenían realidad y eran circulares, pero para explicar algunos problemas, no aceptaba la idea de que el movimiento se hiciera según el sistema de esferas concéntricas, sino excéntricas y según epiciclos; así, la Tierra era el centro del universo dentro del círculo del Sol, pero el centro de este astro no coincidía con el centro del ciclo de la Tierra.

La Geografía de Ptolomeo proporcionó, hasta el descubrimiento de las Indias por Colón, una descripción del mundo con métodos de proyección adecuados, recuperados en Persia por Al-Jwarismi y en Al Andalus más tarde por el ceutí Al-Idrisi en el Siglo XII, autor de notables mapas del Mediterráneo y del Cercano Oriente.

Se acepta que Al-Idrisi recuperó en alguna medida el uso de las longitudes y las latitudes para fijar la situación geográfica. Pero, las contribuciones de Ptolomeo en el mundo cristiano no se difundieron hasta el siglo XV, de ahí que los portulanos mallorquines, manufacturados alrededor de 1494, aunque medían con alguna certeza los datos de referencia náuticos, no establecían las latitudes y longitudes geográficas.

La Física de los antiguos griegos recogida en la **Física** de Aristóteles, aparecía como un conjunto de principios generales que regían la vida y el universo: Un mundo físico terrestre, el mundo físico celeste y la sustancia divina supraceleste. Pero al quedar la Física incorporada a la Escolástica, fue más ocupación de teólogos que de científicos.

Los estudios matemáticos cristalizaron en diversos instrumentos astronómicos utilizados en geodesia y en la navegación; los conocidos en España y Portugal en 1494 procedían de los fabricados en Toledo y Córdoba por Azarquiel en el siglo XII y en Al Andalus se utilizaron los ecuadorios y los astrolabios, de origen helenístico, que se simplificaron hasta llegar a fabricarse los astrolabios planos universales. Estos podían utilizarse en cualquier latitud, para lo cual la proyección del horizonte se establecía mediante la aliada, una regleta giratoria que constituía el diámetro del instrumento y daba directamente el ángulo.

Además se utilizaba la ballestilla, un eje o flecha que lleva grabada una graduación sexagesimal sobre la que se deslizan correderas de diversas longitudes; enfilada al astro o la estrella hacia delante o a la inversa, puede medir la altura sobre el horizonte. La brujula parece que se utilizó entre los árabes peninsulares desde el siglo XI, y era de uso general entre los navegantes en el XIII, como se deduce de la Siete Partidas compiladas por Alfonso X el Sabio entre 1256 y 1463. Tiene especial importancia que fuera Colón el primero en descubrir, camino de las Indias, el 13 de Septiembre de 1492, que a 2º y medio al Este de la Isla de Corvo cambia la desviación magnética y pasa de Nordeste a Noroeste, es decir, coinciden el meridiano geográfico con el magnético. El uso del ábaco, antecesor de las computadoras, donde el valor variable estaba dado por la posición en la columna de aquella primitiva tabla de cálculo sirvió, finalmente, para agilizar las operaciones matemáticas.

La Biología de Aristóteles, junto con las obras de Teofrasto, fueron el punto de partida de la Botánica y la Zoología del Renacimiento. Sin embargo, respecto a la Materia medicinal, Ibn Al-Wafid e Ibn Al-Baytar llegaron a superar el número de los "simples" descritos por Dioscórides. La idea griega de la constitución de la materia dominó la Medicina, no solo durante la Edad Media, sino a lo largo de la Edad

Moderna. Según ella, la doctrina de los cuatro elementos expuesta por Empédocles en el siglo V a. C., establecía que la materia estaba formada por tierra, agua, aire y fuego, elementos que a su vez poseían cuatro cualidades o temperamentos, seco, húmedo, frío y caliente. Los cuatro elementos y sus temperamentos correspondían en la Medicina griega con los cuatro humores del cuerpo, sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra, y de allí surgió el esquema de la patología humoral: La salud era la armonía de los cuatro humores, mientras que la enfermedad se debía a su desequilibrio. Este axioma rigió la Medicina hasta que en 1858 Rudolph Virchow estableció la patología celular, demostrando que la enfermedad estaba en las células y no en los humores.

No habría que olvidar otras ciencias aplicadas y los avances técnicos de la Agricultura, pues recientes estudios sobre la economía de Al-Andalus durante la repoblación cristiana, confirman el florecimiento de la agricultura, la cuantiosa producción de aceite y la abundancia de ganado que luego favorecieron la colonización española del Nuevo Mundo.

Paralelamente, la tradición cristiana, que había tenido en Sevilla, con las **Etimologías** de San Isidoro, un exponente singular en el siglo VII, fue recogiendo la ciencia greco-árabe, a partir del siglo XII, en algunos monasterios de Italia y del Norte de España, mediante copistas y traductores como Gerberto, luego papa Silvestre II, Llobet de Barcelona y José Hispano, a quienes se atribuye la introducción de los guarismos arábigos y el astrolabio. A la vez, las traducciones de Constantino el Africano en el siglo XI en la Escuela de Salerno, tuvieron continuidad en la Escuela de Toledo en el siglo XII, primero con Adelardo de Bath y luego bajo el patrocinio del arzobispo Raimundo, con los grandes traductores de aquel período, como Domingo Gundisalvo, Juan Avendaut, culminando con Gerardo de Cremona en 1134, que había acudido a Toledo precisamente en búsqueda del texto del **Almagesto** de Ptolomeo y dejó, cuando menos, 90 versiones de textos de la antigüedad clásica.

La asimilación de las ideas de Aristóteles, dentro de una concepción filosófica y científica del Cristianismo, dió lugar al Escolasticismo que constituyó la columna vertebral de la cultura occidental a partir del siglo XIII. La explicación del movimiento sensible característico de la vida, hizo que Aristóteles expusiera en **De Anima** la naturaleza de los seres vivos afirmando que las plantas tienen un alma vegetativa y carecen de sensibilidad y movimiento, los animales imperfectos tienen un alma vegetativa y otra sensitiva, pero carecen de locomoción; los animales superiores tienen además la facultad de locomoción, apetito, fantasía y memoria. El hombre, finalmente, tiene dotada el alma de voluntad e inteligencia. La adopción de la escolástica, la actividad intelectual de las órdenes mendicantes y en especial la fundación de las universidades, contribuyó a la asimilación ordenada de los conocimientos científicos de la Grecia clásica. Con ello se continuó la obra sobre el legado del islam

que habían realizado las escuelas de estudiosos en Sicilia bajo el patrocinio de Federico II y en Toledo con Alfonso X el Sabio.

#### *LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA ANTES DE 1494*

Es bien sabido que la ciencia moderna surgió con la llegada a Italia de la tradición cultural de Grecia, tras la caída de Constantinopla en 1453. El descubrimiento coetáneo de la imprenta y la difusión de los textos clásicos de la ciencia, con la dispersión de los impresores por la Europa occidental, se produjo al ocurrir en 1463 el saqueo de Mainz; fue a partir de entonces cuando el libro se convirtió en el vehículo difusor de las ciencias y en el factor integrador de la cultura en el Renacimiento; de hecho, el nivel científico del período anterior y posterior al Tratado de Tordesillas puede medirse, en cierto grado, mediante el censo y el análisis de los textos respectivos. Los secretos documentales que se ocultan tras el descubrimiento del Nuevo Mundo y el estudio de los impresos científicos españoles antes y después del Tratado de Tordesillas, dan a entender que el material científico referente a la geografía del Atlántico y de las Indias fue asunto reservado y que, la gran expansión de la geografía de los océanos y las nuevas tierras descubiertas, se inició a finales del reinado de Carlos V, como resultado de los problemas y condicionantes planteados en 1494.

La introducción de la imprenta en España se acepta que ocurrió en 1470 y hay datos sobre impresos de Sevilla en ese año, en Segovia en 1472 y en Valencia en 1474, aunque los primeros libros científicos de autores españoles, se imprimieron antes de esas fechas fuera de España, como ocurre con el **Speculum vitae humanae** de Rodericus, obispo de Zamora, Rodrigo Sánchez de Arévalo, impreso en Roma en 1468, que es el primer libro que trata de medicina. Para 1494, año del Tratado de Tordesillas, se habían impreso en España algo más de una docena de libros científicos, en su mayoría de medicina, debido a los efectos de la peste. La peste bubónica o peste negra medieval, penetró en España por Cataluña en 1348 y al igual que en el resto de Europa, acabó con más de la mitad de los españoles en breve tiempo; es menos sabido que permaneció endémica y fue causa constante de muerte. Pero el gran desastre se inició el 5 de noviembre de 1596 al ser introducida de nuevo en Santander por el navío "Rodamundo", procedente de Dunkerke y diseminarse por la pulga y la rata negra por Castilla; para 1602 habían muerto de peste en España más de un millón de apestados de una población de siete y puede afirmarse que aquella epidemia fue responsable del ocaso político de España.

La peste, por lo tanto, interesaba vivamente y antes del Tratado de Tordesillas aparecieron impresos en España libros sobre la peste de Valesco de Taranta (fl. 1382-1418) en 1475, y de Luis Alcanyis en 1490, a los que siguieron otros de cirugía de Guy de Chauliac (c. 1290-1368) en 1492 y 1493, y de diversos temas médicos por



Julián Gutierrez de Toledo en 1494, 1495 y 1498, Johannes de Ketham (fl. 1480-1500) en 1494 y dos ediciones en 1495, los de historia natural de Alberto Magno (1193-1280) en 1482 y 1485 y los de Bartholomew Anglicus (c. 1190-1250) en 1494 y 1495, la aritmética de Francisc Sanct Climent (fl. 1450-1485) en 1482, las geografías de Pomponio Mela (fl. siglo I d. C.) en 1482 y de Rodrigo Basurto (fl. 1475-1500) en 1494, las repetidas ediciones de astronomía y astrología de Bernat de Granollachs (fl. 1460-1495) en 1485, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494 y posteriores y las de Andrés de Li (fl. 1470-1546) desde 1492, 1493 hasta 1546. Habría que agregar la carta de Cristóbal Colón de 1493, por sus descripciones geográficas y de historia natural, reimpresa varias veces. Se olvidan en los repertorios bibliográficos las **Tabulae Astronomicae** de Alfonso X el Sabio (1221-1284) impresas en Ausburg en 1483 y luego en Venecia en 1492, 1500, 1518, 1521, 1524, 1545 y 1641, que estaban calculadas al meridiano de Toledo el día 1 de Enero de 1252, libro clave antes y después de 1494, así como las obras medievales de Arnau de Vilanova y Ramón Lull impresas repetidamente fuera de España.

#### *EL IMPULSO CIENTÍFICO DEL TRATADO DE TORDESILLAS*

El primer intento de resolver el señorío del Atlántico, según los módulos planteados por el Tratado de Tordesillas procedió, como indica Fernández Navarrete (1846), de Jaime Ferrer de Blanes (fl. 1445-1523) viajero catalán, buen conocedor de los portulanos del Mediterráneo, a quien el cardenal Pedro González de Mendoza solicitó un **Mapa mundi** que había preparado tras el regreso de Colón. El informe que en 1495 presentó a los Reyes Católicos, se asentaba en la esfericidad de la Tierra y del cálculo de su latitud y longitud en 360°. Las 370 leguas mutuamente aceptadas por España y Portugal, a contar al Poniente de las Islas Azores, debían fijarse, teniendo en cuenta que su latitud distaban 15° del Ecuador. Midiendo sobre esta latitud de 15° hacia el Poniente las 370 leguas, la longitud sobre este paralelo en el Atlántico, decía Ferrer, que la línea divisoria estaría en el meridiano de los 18° al Poniente de las Azores, pues según aquel cartógrafo, cada grado en el paralelo 15° al Norte del Ecuador, equivalía a 22 leguas. Ferrer explicaba el rumbo y diferencia de latitud, junto con la distancia navegada por la nave para establecer la medición, teniendo como referencia el cálculo de la altura por la estrella del Norte, **Polus mundi**, tomada por el astrolabio; las observaciones de Ferrer, sin embargo, solo fueron publicadas hasta 1545. García Franco (1947) ha interpretado el informe de Ferrer a partir de una triangulación con el astrolabio donde un cateto tiene 370 leguas y el ángulo opuesto 18° y 1/3.

Durante los treinta años que transcurren entre el Tratado de Tordesillas en 1494 y las Juntas de Badajoz y Elvas en 1524, aunque la Casa de Contratación se funda en Sevilla en 1503 y se forman en ella cosmógrafos y pilotos, el silencio de las imprentas españolas sobre los nuevos descubrimientos geográficos es absoluto, aunque se

inicie la publicación de obras científicas. En Matemáticas, conviene recordar que los matemáticos españoles estudiaron en la Universidad de París antes de regresar a Salamanca y Alcalá de Henares; por eso Pedro Sánchez Ciruelo (c. 1470-1548) publica primero en París en 1495 su **Tractatus Arithmeticae practicae, qui dicitur Algorismus**, reimpresso en 1505 y años posteriores con otras seis ediciones, algunas con comentarios de Sacrobosco, antes de la edición complutense de 1516; luego hay otras 17 impresiones en el siglo XVI que demuestran la influencia que tuvo en la enseñanza de las matemáticas en las universidades españolas. El matemático más conocido en aquellos años, tanto en España como en Francia, fue el dominico Juan de Ortega (fl. 1485-1542) oriundo de Palencia, cuya **Arismética y Geometría** se imprimió primero en Lyon en 1512 y en 1515 y luego tuvo siete ediciones españolas en las que apareció el cálculo de las raíces cuadradas y reglas prácticas de Geometría. En el grupo de españoles que trabajó aquellos años en París, destacó además el extremeño Juan Martínez Silíceo, en realidad Guijarro (1477-1557), cuya **Arithmetica** se imprimió en 1513 y tuvo seis ediciones. Otro aragonés que trabajó en París y luego regresó a las universidades españolas a enseñar matemáticas fue Gaspar Lax (1487-1560) cuya **Arithmetica** se imprimió en 1515, 1517 y 1527. Aragonés también fue el sacerdote Juan Andrés (fl. 1480-1525) que publicó un **Sumario de la Arithmetica y arte mercantil** en Valencia en 1515; recordemos finalmente, la rara **Pratica mercantil** de Joan Vantallol (fl. 1490-1525) que se dice natural de Mallorques, impresa en catalán en Lyon en 1521, que además de la aritmética mercantil contiene al final un tratado de geometría. La lista de estos matemáticos españoles debe completarse con la del insigne portugués Pedro Núñez salaciense (1492-1577) catedrático en Coimbra a partir 1544, cuyo **Tratado de sphaera**, Lisboa, 1537 y el **Libro de Algebra en Aritmética y Geometría**, Amberes, 1564 tuvieron tanta difusión en España; a él se debe la introducción del "nonius" y la resolución de muchos problemas náuticos.

En Astronomía destaca el **Almanach perpetuum** del judío salmantino Abraham Zacuto (c. 1452-1515) calculado para 1473, publicado por José Vicinho en Leiria, Portugal, en 1496, tras la expulsión de 1492 y luego en 1502 y 1525. Zacuto influyó en las navegaciones portuguesas, principalmente la de Vasco da Gama, hasta que precisamente en 1496, debido a las persecuciones de Manuel I de Portugal, marchó al exilio en Túnez y de allí a Damasco donde acabó sus días; Zacuto fue de los primeros astrónomos españoles en utilizar el **Almagesto** de Ptolomeo. Alfonso de Córdoba (fl. 1470-1505), tampoco vió impresa en España su descripción de los instrumentos astronómicos aparecida en Roma en 1498, reimpressa en 1503, 1517 y 1524. De igual modo el valenciano Juan Martín Población (fl. 1490-1535) a quien Francisco I llevó a París como profesor del College de France, publicó en París **De usu astrolabii** en 1520, que pasó por once ediciones.

La Geografía después del Tratado de Tordesillas, comienza perfilarse con la **Cosmographia Pomponii** de Francisco Núñez de la Yerba (fl. 1475-1500) impresa

en Salamanca en 1498 con un mapa del mundo antiguo en que aparecen trazados los paralelos y los meridianos. Antonio Villárdiga (fl. 1470-1513) publicó en Salamanca a partir de 1499 juicios para el 1500 y años posteriores, basados en observaciones astronómicas. Rodrigo Fernández de Santaella (c. 1450-1509) en la edición que hizo en Sevilla del libro de Marco Polo en 1503, reimpresa en 1518 y luego en 1529 y 1579, incluyó una **Cosmographia**, donde asegura que las nuevas Indias descubiertas por Colón no eran Tarsis, Ofir o Cetín. Martín Fernández de Enciso (fl. 1480-1520) con la **Suma de Geographia** impresa en Sevilla, 1519, marca el primer hito en la proyección científica del Tratado de Tordesillas, al describir el hemisferio oriental con el Mundo Antiguo y el occidental con el Nuevo Mundo, que había conocido durante sus viajes por las Antillas y Tierra Firme de 1508 a 1511 y luego en 1514. En su primera parte trata de la navegación, siguiendo noticias del portugués Andrés Pires en 1518, concede a la legua marina un valor de  $16 \frac{2}{3}$  de grado, ofrece una tabla de declinaciones solares y describe los métodos para obtener la altura del Sol y la Estrella Polar con un cuadrante; la segunda parte trata de la descripción geográfica de toda la Tierra. La influencia del Tratado de Tordesillas sobre el libro se descubre al declarar que había preparado un mapamundi dividido en cuatro partes por un meridiano que "pasa por la isla de Hierro y se cruza en el Ecuador", que nunca llegó a publicarse, para evitar reclamaciones portuguesas. El bachiller Fernández Enciso no parece haber conocido el **Itinerario** de Ludovico de Varthema, boloñés, impreso en Roma en 1510, dirigido al cardenal español Bernardino López de Carvajal (1456-1523), quien en 1511 convocó el concilio de Pisa que destituyó al papa Julio II. El libro de Varthema mejor informado del Mundo Antiguo que el de Fernández de Enciso, menciona las bulas alejandrinas, pero no trata del Nuevo Mundo; fue traducido por Christoval de Arcos en Sevilla, 1520, y en la edición de 1522 se recoge la geografía americana e incluye la expedición de Juan de Grijalva a Yucatán.

Sobre Física, Diego Diest (fl. 1480-1515) nacido en Bolea, Huesca y estudiante en París, publicó comentarios a la Física aristotélica en Zaragoza en 1511; otro tanto hizo Juan Dolz (fl. 1475-1520) oriundo de Castellar, Teruel, y profesor en París al publicar los comentarios a la **Phisica** en Montauban en 1518. Pedro Margallo (c. 1485-1538) portugués natural de Elvas, escolar en París y profesor en Salamanca y en Coimbra, publicó la **Physices Compendium** en Salamanca en 1520. Jacobo Mantino (fl. 1495-1530) médico judío de Tortosa, publicó comentarios a Averroes, Aristóteles y Avicena fuera de España en 1521, 1530, 1531, 1532, 1538, 1540, 1553, 1555 y 1575, y Juan Montedoca los comentarios a Aristóteles en 1523 y 1530.

En Medicina aparece una pléyade de textos: algunos recogen aún la tradición medieval, como los del valenciano Arnau de Vilanova (1235-1311) maestro en Montpellier impreso en 1495, aunque se le atribuyen otros, la **Cirurgía** de Lanfranchi de Milano (c. 1235-1315) en 1495, el **Lilio de Medicina** de Bernard de Gordon (c. 1260-1320) en 1495 y 1513, una **Articella** del valenciano Pedro Pomar (fl. 1470-1515) en 1500, 1515, 1519, 1525 y 1534, los comentarios a la **Cirurgía** de Guy de

Chauliac o Guido por Juan Falcó (c. 1475-1540) en 1515, reimpresos en 1517, 1518, 1519, 1520 y otras cuatro ediciones en el siglo XVI, el **Thesoro de pobres** de Pedro Hispano (c. 1210-1277) en 1519, con otras nueve ediciones en el siglo XVI y los comentarios a Avicena de Gabriel de Tárrega (1468-c. 1537) en 1520, reimpresos en 1524 y 1534. Las influencias astrológicas en medicina de Gonzalo de Toledo aparecen en 1496, 1507, 1508, 1514, 1517 y 1550. Más importantes son los libros que tratan de las enfermedades nuevas que, como la sífilis, invadieron España y el resto de Europa tras el descubrimiento del Nuevo Mundo; el tratado del **Morbum gallicum** del valenciano Gaspar de Torrella (1452-1520), primero impreso en Roma en 1497 y luego en 1500, 1504, dos veces en 1505, 1506, 1507 y otras posteriores; el texto del médico judío Francisco López de Villalobos (1474-1549) **Sumario de Medicina** con el tratado sobre las bubas, de 1498, contiene la mejor descripción de la sífilis en aquellos años, Juan de Fogueda trata de las pústulas o **Sahaphati** en 1496 y parece identificar esta enfermedad de los árabes con la sífilis; el tratado del valenciano Juan Almenar (fl. 1475-1505) sobre la sífilis se publica en 1502 y se reimprime en 1516, en años posteriores. Los tratados sobre la peste son numerosos; Diego de Torres publica pronósticos astrológicos sobre la peste en 1485 y 1520, Fernando Alvarez trata de la peste en 1507, 1516 y 1518, siguen otros tratados sobre la peste de Clemente Soldevilla en 1507, el Licenciado Fores en 1507, Alfonso Espina en 1518, Luis Lucena en 1523. El de Pedro de Cartagena sobre la peste en 1522, López Saavedra en 1522. Las obras de Diego Alvarez Chanca (c. 1450-1515) en 1499, 1506 y 1514 son importantes, al igual que las diversas ediciones del **Menor daño en Medicina** de Alfonso Chirino (fl. 1365-1429) en 1505, 1506, 1511, 1515, 1519 y muchas otras posteriores, que son la clave para comprender la patología y la existencia de enfermedades "que se pegan", es decir, las contagiosas y epidémicas de aquellos siglos. El **Regimiento de la salud** de Juan Remón de Trasmiera en 1510 y 1513, y los de Gregorio Mendes en 1516 y 1541 tuvieron gran difusión.

Entre las obras de Farmacia destaca el **De gradibus medicinarum** de Al-Kindi en 1501, el **Compedio de boticarios** de Saladino de Ascoli en 1515, un texto **El servidor** de Albucasis en 1516, otro de Pere Benet Mateu para el exámen de apotecarios en 1521, la **Metaphora medicine** de Bernardino de Laredo en 1522, 1527, 1534 y 1542 y el **Manipulus medicinarum** de Fernando de Sepúlveda en 1523.

La Albeitería, una ciencia menor, pero de gran importancia logística en la Europa de aquellos años, tuvo su mejor representante en Manuel Díez (fl. 1412-1450), cuyo **Libro de Albeytería** impreso en Zaragoza en 1495, se reimprimió en 1499, 1500, 1506, 1507, 1511, dos veces en 1515, 1516, 1523 y otras seis ediciones más hasta 1545.

### LA CARTOGRAFÍA OCEÁNICA

En 1492 se carecía de cartas náuticas del Atlántico, aunque los portulanos del Mediterráneo en aquellos años señalaban con exactitud la situación de los puertos, el

contorno de las costas y la geografía de las naciones europeas que entonces comenzaban a individualizarse; inclusive, algunos mapas dibujaban la costa mediterránea y la atlántica del continente africano hasta el golfo de Guinea, debido a la navegación de los portugueses.

La empresa de Cristóbal Colón había presupuesto la esfericidad de la Tierra al proyectar la búsqueda de las drogas y las especias del Oriente, siguiendo la ruta del Poniente, y el regreso de Colón en 1493 parecía confirmar que se había llegado a Cipango y Asia por la ruta del Poniente que, hasta entonces se había alcanzado por la ruta del Oriente; con ello parecía haber quedado establecida la esfericidad de la Tierra. Determinar la geografía del océano y la longitud de las nuevas tierras descubiertas era clave para establecer el dominio de aquellos territorios entre España y Portugal; no hay que olvidar que ya en 1494, antes del Tratado de Tordesillas, Cristóbal Colón había pedido a Juan de la Cosa en la Isabela, isla Hispaniola, diera fé ante el escribano Fernando Pérez de Luna que, las 335 leguas de costa navegadas de Poniente a Levante, en la que luego resultó ser la isla de Cuba, era tierra firme.

Desde siglos antes del Tratado de Tordesillas, la posición de un punto sobre la superficie de la Tierra se establecía mediante su latitud y su longitud respecto de otro punto de referencia. La latitud respecto del Ecuador, equidistante entre el polo Artico y el Antártico, donde se encontraba el paralelo 0º, era relativamente fácil de establecer por diversos métodos, preferentemente como igual a la distancia aparente en grados sobre el horizonte del sol al medio día o de la Estrella Polar. pero, en el cálculo de la longitud se partía, siguiendo el sistema geocéntrico de Ptolomeo, midiendo el tiempo utilizado por el sol en completar su revolución sobre la Tierra. Cómo la revolución del Sol alrededor de la Tierra, en la interpretación de Ptolomeo, se realiza en 24 horas, y la esfera terrestre estaba dividida en 360º, cada hora equivalía a 360/24 grados, es decir 15º. Por ello, conociendo la diferencia en horas al mediodía entre dos puntos de la superficie de la tierra, cuando el sol no proyecta sombra, la distancia entre ambos puntos se obtenía multiplicando esa diferencia en horas por 15. En 1494 la dificultad en la medición de la longitud se debía a que no existían, y tardaron siglos en existir, relojes capaces de mantener la medida del tiempo estable durante las travesías oceánicas, pues los relojes de arena tenían grandes limitaciones y por ello había necesidad de recurrir a cálculos matemáticos auxiliares midiendo la altura del sol o las estrellas mediante el astrolabio que permitía determinar el tiempo durante el día y la noche.

La ausencia de cartas náuticas del Océano Atlántico anteriores a 1494 no se llena con la imprenta hasta pasados algunos años, no en España, sino en Alemania. El primer mapa del Océano Atlántico por Juan de la Cosa que data de 1500, aunque se hace posterior e inclusive se cuestiona la autoría del cántabro, es obra de referencia y se anota y copia con sigilo. Sigue el mapa portugués de Cantino de 1502 donde además de las Antillas aparece buena parte de Brasil y se multiplican a partir de

entonces los mapas planos del Atlántico hasta llegar al planisferio del almirante turco Piri Reis de 1513, donde la parte de América fue realizada por un esclavo cristiano que navegó con Colón, hasta los planisferios de Diego Ribeiro (c. 1465-1533), al padrón real de 1536 y otros numerosos y detallados de Alonso de Santa Cruz (1505-1567).

### LA MEDICINA OCEÁNICA

La medicina naval cambió decisivamente tras el Tratado de Tordesillas en 1494. Con anterioridad a aquel año, la navegación de los portugueses y los españoles había sido de cabotaje, salvo en los contados intentos de exploración atlántica. Durante el reinado del Infante Don Henrique (1394-1460) se descubrió Madeira en 1419, Gil Eanes dobló el Cabo Bojador en 1434, Dionisio Días llegó a Guinea en 1445, Diogo Gomes y Antonio de Nola descubrieron las Islas de Cabo Verde entre 1460 y 1462, Diogo Cão llegó al Zaire en 1482 y a Angola en 1486, culminando Bartolomeu Días la navegación de la costa atlántica de Africa al alcanzar el Cabo de Buena Esperanza en 1487. Esta navegación en zonas tropicales sin perder de vista la costa, permitía el abastecimiento de las naves con alimentos frescos; por otra parte, la temperatura elevada evitaba la parasitación de los marineros por piojos, transmisores habituales de la modorra o tifo exantemático, que junto a la fiebre tifoidea, era enfermedad frecuente en aquellos tiempos.

El gran problema sanitario se planteó después de 1494 con las navegaciones transoceánicas; no en la travesía del Atlántico, pues la navegación entre Sevilla y las Antillas, como entre Lisboa y Brasil podía hacerse en algo más de un mes, sino en las travesías de larga duración. Guerra (1990) al analizar los condicionantes sanitarios de aquellas empresas recuerda que, Abreu en 1623 llamó al escorbuto de los navegantes "mal de Loanda", porque aparecía en los marineros procedentes de Lisboa en llegando a la altura de Loanda, puerto de Angola, debido a que la dieta habitual era de galleta con carnes y pescados salados, legumbres y queso, con bajo contenido en vitamina C. Sucedió que, el nivel de ácido ascórbico en los tejidos con los que salían de Lisboa los marineros y los pasajeros se iba consumiendo paulatinamente y empezaba a agotarse al cabo de un mes, precisamente a la altura de Loanda, y las tripulaciones comenzaban a morir; solo hasta nuestros días se ha conocido que hay tres animales, el cobaya, el mono y el hombre, incapaces de sintetizar vitamina C en el hígado, por carecer de la enzima hepática, la l-glucuronolactosa que convierte en ácido l-ascórbico la glucosa y otros hidratos de carbono. Gracias al descubrimiento de este mecanismo, que asegura el metabolismo normal de los mamíferos, se comprende ahora por que tuvieron éxito algunos viajes transoceánicos después del Tratado de Tordesillas. Así, Vasco da Gama consiguió abrir la ruta hacia la India entre 1487 y 1498 gracias a que, después de doblar el Cabo de Buena Esperanza, sus tripulaciones consiguieron desembarcar en Mombasa y los marineros con escorbuto obtuvieron

naranjas de los nativos; con la reposición de los niveles de ácido ascórbico o vitamina C que la tripulación obtuvo al consumir los críticos, aquella primera expedición portuguesa al Oriente, vía Buena Esperanza, alcanzó Calicut en la India, aunque perdió 100 marineros de los 160 que componían la tripulación. Más notable fue la experiencia sanitaria del primer viaje de circunnavegación iniciado en Sevilla por Hernando de Magallanes (1480-1521) el 10 de Agosto de 1519 con 265 hombres en cinco navíos. La travesía del Atlántico, entre Tenerife y Río de Janeiro, se hizo en 72 días sin incidencias. El escorbuto apareció en la travesía del Pacífico, unas 15.000 millas, navegando 110 días sin repostar, durante la cual murieron 19 tripulantes. Cuando, después de graves incidentes, se hizo cargo final de la expedición Juan Sebastián Elcano (c. 1476-1526), tras la navegación entre Timor del 11 de Febrero de 1522 hasta Sanlúcar el 7 de Septiembre de 1522, sobrevivieron solo 18 hombres que llegaron con 53.000 libras de clavo, nuez moscada, canela y pimienta; de los 265 tripulantes, 42 murieron de escorbuto.

Los mecanismos bioquímicos que intervienen en la síntesis del ácido ascórbico en diversos mamíferos, como la rata o la cabra, capaces de sintetizarlo a partir de materiales tan dispares, como la celulosa, explican por que los marineros cuando sufrían escorbuto en las largas travesías pagaban a peso de oro las ratas de a bordo, o por que Bougainville y sus oficiales en 1771 evitaron el escorbuto mientras consumieron leche de una cabra que llevaban en cubierta. Esta enfermedad persistió en los viajes oceánicos y el último viajero portugués que sufrió escorbuto durante la travesía de Lisboa a la India, murió en el hospital de Goa en 1861.

### *COROLARIO*

La visión retrospectiva de la ciencia antes e inmediatamente después de 1494, confirma que las contribuciones de la Grecia clásica habían sido recogidas en la España musulmana y en la cristiana y estaban en uso los instrumentos que permitieron el progreso inmediato de la náutica e hicieron posible los grandes descubrimientos geográficos. El Tratado de Tordesillas planteó un problema científico alrededor del cual habrían de resolverse las cuestiones políticas y económicas decisivas de la modernidad: La determinación de la longitud geográfica.

Este desafío fue aceptado por los científicos españoles: Hernando Colón (1488-1539) sugirió el transporte de la hora, de hecho el más exacto, pero los relojes de arena variaban con la humedad. El gaditano Felipe Guillén (1492-1561) combinó el reloj de sol con un compás náutico y fue premiado por la corte portuguesa. Alonso de Santa Cruz (1505-1567) trató de resolverlo en su **Libro de las longitudes y manera que hasta agora se ha tenido en el arte de navegar**. Pedro Ruiz de Villegas sugirió otro método basado en el movimiento propio de la luna. Pero todos eran imprecisos, de ahí que el año de su muerte Felipe II (1527-1598) ofreciera la enorme cantidad de

6.000 ducados de renta perpétua, a los que se agregaron otros 2.000 de renta vitalicia, a quien ofreciera un método matemático exacto para medir la longitud. Fue a partir de la observación simultánea de los eclipses sugerida por su cosmógrafo, Juan López de Velasco (c. 1530-1598), que aplicó correctamente el médico Lázaro de Flores para determinar la longitud de la Habana durante los eclipses de luna de 1663 y 1664, que abrió el camino para establecer con exactitud las longitudes de América y Filipinas. Los estímulos económicos para el diseño de un cronómetro dieron fruto cuando en 1764 John Harrison obtuvo el ofrecido por el Parlamento británico, que inmediatamente dió a conocer en España Jorge Juan.

Para concluir recordemos que fue con el Tratado de Tordesillas en 1494 cuando el hombre cumplió la esperanza de Nikolas de Cusa (1401-1464) y la mente del hombre comenzó a medir el universo; solo entonces empezó la Edad Moderna.

#### REFERENCIAS

Ballesteros Beretta, A. y Cortesão, J. Génesis del descubrimiento. Los portugueses. *En* Historia de América y de los pueblos americanos. Barcelona, 1961.

Bensaude, J. Histoire de la science nautique au Portugal à l'époque des grandes découvertes. Munich-Lisboa, 1914-1924.

Chaunu, P. Los grandes descubrimientos. Esbozo de una problemática. *En* La expansión europea (Siglos XIII al XV). Barcelona, 1972.

Fernández de Navarrete, Martín. Colección de los viajes y descubrimientos que hicieron por mar los españoles desde fines del siglo XV. Madrid, Imprenta Real, 1825-1837.

Fernández de Navarrete, Martín. Disertación sobre la Historia de la Náutica y de las ciencias matemáticas que han contribuído a sus progresos entre los españoles. Madrid, Imp. de la Viuda de Calero, 1846.

García Franco, Salvador. Historia del arte y ciencia de navegar. Desarrollo histórico de "Los cuatro términos" de la navegación. Madrid, Instituto Histórico de Marina, 1947.

Guerra, Francisco. La política imperial sobre las drogas de las Indias. Revista de Indias, Madrid, **103-104**: 31-58, 1966.

Guerra, Francisco. La medicina portuguesa en los descubrimientos americanos. Revista Ordem dos Médicos, Lisboa, **12**: 19-25, 1990.



Guillén Tato, Julio Fernando. Repertorio de los Regimientos y Artes de Navegar. Crítica bibliográfica de las obras de náutica impresas en castellano en los siglos XVI y XVII. Barcelona, Imp. Oliva de Vilanova, 1936.

López Piñero, José María. El arte de navegar en la España del Renacimiento. Barcelona, Editorial Labor S.A., 1979.

Parry, J.H. La época de los descubrimientos geográficos. 1450-1620. Madrid, 1975.

Reparaz, Gonzalo. La época de los grandes descubrimientos españoles y portugueses. Barcelona Editorial Labor, 1931.

Rey Pastor, Julio. La ciencia y la técnica en el descubrimiento de América. Buenos Aires, Espasa Calpe Argentina, 1942.

Teixeira da Mota, A. A arte de navegar no Mediterraneo nos séculos XIII-XVII e a criação da navegação astronómica no Atlantico e Indico. Lisboa, 1957.

Vernet Ginés, Juan. Historia de la Ciencia española. Madrid, Instituto de España, 1976.