

TÉCNICAS ASTRONÓMICAS DE ORIENTACIÓN E INSTRUMENTOS NÁUTICOS EN LA NAVEGACIÓN MEDIEVAL*

José Antonio González Marrero
Carlos Medina-Hernández
Universidad de La Laguna

RESUMEN

La navegación es una ciencia que de forma lenta y gradual fue conformándose como tal. En la Edad Media ya presenta todas las características propias de una ciencia. Los avances tecnológicos a este respecto hacen que diferentes eruditos de la época dediquen obras de gran importancia a la ciencia náutica. El desarrollo de todas las técnicas de navegación, teniendo como base la matemática, la filosofía y la lógica, viene acompañado de la misma forma de la evolución que experimentan los instrumentos náuticos, propios o llegados desde Oriente, que tienen como fin ofrecer mayor precisión a tales técnicas astronómicas en alta mar.

PALABRAS CLAVE: Navegación. Edad Media. Textos técnicos latinos. Astronomía.

ABSTRACT

«Astronomical orientation techniques and nautical instruments in medieval navigation». Navigation is a science that has slowly and gradually established itself as such. In the Middle Ages, navigation already possessed the characteristics of a science. These technological advances led many scholars of the period to produce works of great importance entirely devoted to nautical science. The main objective of the development of navigation techniques based on mathematic, philosophy and logic and of the changes in both local nautical instruments and those imported from the Orient was to achieve greater precision in astronomical techniques when used in the high seas.

KEY WORDS: Navigation. Middle Ages. Scientific Latin Texts. Astronomy.

0. GENERALIDADES

Las técnicas de orientación en la navegación evolucionaron poco a poco desde el mundo clásico a la Edad Media (Vernet, 1979: 384-385) y ello fue debido a dos factores principalmente: la búsqueda y conquista de nuevos territorios que anexar y el establecimiento de rutas alternativas con las que ganar tiempo para interconectar vastos territorios (Hinojosa Montalvo, 1998: 50-51). La apertura de nuevas rutas permitía, al mismo tiempo, desarrollar otro elemento fundamental en



el avance de la navegación: el comercio (Vernet, 1979: 184), establecido en un principio por el *Mare Nostrum* y con posterioridad por el Océano¹.

Gracias al conocimiento del Mediterráneo como una zona privilegiada para la navegación (Izquierdo i Tugas, 1996: 304-305)², los marinos medievales heredan de los antiguos romanos un calendario especial para hacerse a la mar que dividían en dos períodos, dependiendo de la situación atmosférica: *mare apertum* y *mare clausum*³. El período denominado *mare apertum* permite la navegación con un tiempo apacible, con vientos que hacen posible surcar los mares de forma regular y estable. Frente a éste, el período que llamamos *mare clausum* imposibilita la salida de los barcos a alta mar debido a las frecuentes tempestades y cambios bruscos de clima. No obstante, estas delimitaciones no son del todo fijas, porque dentro de cada período es posible encontrar momentos de agradables brisas que admiten la navegación (González Marrero - Medina-Hernández, en prensa).

El pensamiento cristiano, que se fue extendiendo en gran medida a través del mar, permitió que la navegación llegara a conformarse como una ciencia más compleja, dejando constancia de los cálculos matemáticos y del uso que se hace de los instrumentos náuticos que llegan de Oriente a través de los árabes. Con todo ello se potencia la práctica de la orientación astronómica. De todo el contenido teórico que se va generando deriva una abundante bibliografía en latín y en lengua vernácula, destacando los escritos en español antiguo por influencia directa del mundo árabe⁴, que de una forma inconsciente toman conocimientos ajenos, haciéndolos propios, y los propagan por todo Occidente con rapidez⁵. En este momento, ya son notorios

* Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación HUM2006-00560 del Ministerio de Educación y Ciencia. Los autores son miembros del Grupo de Investigación Consolidado *LHI-SARTE (Textos y Contextos del saber griego, latino y árabe)* del Instituto Universitario de Estudios Medievales y Renacentistas (CEMyR) de la Universidad de La Laguna.

¹ No se conoce, según los textos, datos sobre un comercio a nivel oceánico ni en la Antigüedad ni, por lo menos, en los primeros siglos de la Edad Media, si bien, sí se abrirán rutas mucho más tarde por toda la costa Noroccidental de Europa y África. *Vid.* Vernet, 1979: 386-387; González Marrero - Medina-Hernández, en prensa.

² Éste es un mar en el que confluyen masas de aire tropical continental que se constituyen en el norte de África, masas de aire polar continental que provienen del norte europeo y masas de aire atlántico, frescas, pero de altas temperaturas en la superficie del mar.

³ Ambas expresiones están referidas a primavera y verano, y otoño e invierno, respectivamente. Para ampliar esta cuestión *vid.* González Marrero - Medina-Hernández, en prensa.

⁴ La influencia árabe, sobre todo a partir de los siglos X-XII, es determinante para transmitir nuevos conocimientos al resto de Europa. Todas las influencias orientales se filtraban principalmente a través de Bagdad, ciudad convertida en el siglo IX en el centro de la cultura árabe.

⁵ Un ejemplo ilustrativo de ello es el gran *tractatus* sobre técnica náutica compuesto por Jacobo de Saa a finales del siglo XV y comienzos del XVI titulado *De nauigatione libri tres quibus Mathematicae disciplinae explicantur*. Hay que destacar, por otro lado, los *tractatus* de autores hispánicos de finales de la Edad Media, entre los que destacan el *Secreto de los secretos de astrología compuesto por el infante don Enrique de Portugal* (1334) o *Los libros del Saber de Astronomía* de Alfonso X de Castilla (1339), entre muchos otros. *Vid.* Beajouan, 1971: 13-32. También aporta numerosos datos interesantes Alfonso de Palencia del siglo XV, *vid.* la reciente comunicación de Medina-Hernández, en prensa.

también los avances en el apartado más práctico de la teoría náutica, es decir, la cartografía⁶, siendo abundantes numerosos e importantes mapas, portulanos, cartas marinas y almanaques, que tienen siempre la obra de Ptolomeo como modelo⁷.

Estos conocimientos se asimilaron en toda Europa, provocando un extraordinario desarrollo en todos los ámbitos de la navegación y en el resto de las ciencias de la época. Con todo podemos admitir que la constitución de una Ciencia Náutica Occidental completa en la Edad Media es heredera de otras culturas mediterráneas u orientales⁸.

1. ASPECTOS ASTRONÓMICOS APLICADOS A LA NAVEGACIÓN EN LA EDAD MEDIA

Las técnicas de orientación astronómicas que comienzan a utilizarse en la Edad Media son de gran complejidad y prueba de ello es que a finales de este período los aspectos teóricos comienzan a ser recogidos en *tractatus* completos que cuentan con descripciones minuciosas⁹. Son estos siglos los que permiten a la astronomía desarrollarse y convertirse en punto central en el mundo de náutica¹⁰. Tales técnicas se constituyen como diferentes elementos astronómicos usados por los navegantes que se añadan a los saberes previos carentes de una base astronómica. Esta nueva aplicación astronómica, junto con la llegada y conocimiento de los instrumentos náuticos, que la precisan y ajustan los datos que aquella ofrece, propician el avance en la navegación como ciencia.

Uno de estos *tractatus* que ilustra la idea de la autoridad astronómica en la ciencia náutica medieval es el *De navigatione libri tres, quibus Mathematicae disciplinae explicantur*, compuesto a finales de la Edad Media por el lusitano Jacobo de Saá e impreso por primera vez en 1549¹¹. Teniendo en cuenta la no inclusión que hasta

⁶ Garfagnini, 1997: 601-604; Hébert, 2004: 17; Wallis, 1996: 342-345. Si se quiere profundizar en la historia cartográfica medieval, *vid.* Woodward, 1987: 286-370.

⁷ Para ampliar la historia e importancia de la obra de Ptolomeo en sus postreros, *vid.* Relaño, 1992: 4-32.

⁸ Si bien ya hemos mencionado las culturas orientales, cuando hablamos de las mediterráneas, que son la base de la navegación romana, nos referimos a las culturas históricas, griega y fenicia fundamentalmente. *Vid.* González Marrero - Medina-Hernández, en prensa.

⁹ Como ejemplo claro de uno de los múltiples tratados que existen de la época está el ya citado con anterioridad *De navigatione libri tres quibus Mathematicae disciplinae explicantur* de Jacobo de Saá.

¹⁰ Los tratados sobre ciencia náutica tratan la astronomía de manera amplia.

¹¹ La vida del portugués Jacobo (Diogo en otra documentación) no es muy conocida, si bien Stockler (1819: 44-45) dice que Diogo de Saa o Jacobo de Saá fue «un caballero portugués a quien el servicio militar distinguió por sus muchos años en Asia, que adquirió una vasta erudición, muy superior a la de un soldado, y escribió un tratado sobre la práctica de las ciencias navales». Sobre las técnicas de orientación, en general, *vid.* Santoyo Medina, 2003: 1-8.



entonces se tenía de la astronomía en la navegación como extensión de la matemática, este autor, en una aproximación al hecho matemático y sus necesidades y en una primera ordenación de las *scientiae et artes*, indica que es consciente de que el navegante que estudia la orientación náutica debe ser, además, matemático y astrónomo:

Talis mathematicus¹² procedere debet per fines ad principium: quod est a demonstratione formali et mathematica: et ad Philosophiam: et ad Logicam, quae (ut supra dictum est) rationalis philosophia dicitur, quia proprietates uerborum exigit et structuram et argumentationes, ne pro uero falsum surrepat. Haec est disciplina, ut Boethius inquit, quasi disserendi quaedam magistra, quam Logicam ueteres Peripatetici appellauerunt, continens in se inueniendi iudicandique peritiam. Et sic procedendo ad causas et elementa, ueritatem illius quod quaesierit inueniet, quia secunda pars philosophiae rerum naturam scrutatur. Quoniam Grammatica loquitur: Dialectica uera docet: Rhetorica uerba colorat: Musica canit: Arithmetica numerat: Geometria ponderat: Astronomia colit astra¹³.

Esta actividad de observación astral requiere un perfecto conocimiento de las matemáticas en su relación con la astronomía, pero también de filosofía y lógica. De este modo, establece que estas tres parcelas son los pilares de la orientación astronómica en navegación. Esta tríada es, a este respecto, indivisible, dado que, debido a la complejidad de esta actividad, los hechos deben pasar y ser estudiados por cada una de ellas para que no se caiga en error.

La matemática se encuentra, pues, en la base de la orientación astronómica, porque es la disciplina capaz de plantear hipótesis para relacionar entre sí los fenómenos y determinar sus leyes. De este modo, si se limitan las conjeturas a un uso, se pueden verificar y llegar al principio que permite la deducción de los fenómenos observados. Es en este punto donde su carácter científico se puede aplicar a la navegación, porque en este campo se encarga de estudiar datos concretos de los astros, sus conexiones, sus movimientos, sus determinadas alturas en períodos de tiempo, sus grados y demás aspectos propios de la técnica visual. Por eso, Jacobo de Saá da la definición de la astronomía que estima que debe conocerse correctamente, pero también de la otra ciencia anexa, la astrología:

¹² Jacobo de Saá se refiere a los matemáticos que son a la vez astrónomos y náuticos.

¹³ fol.16r-v: *Un matemático como éste debe llegar a un principio que parte de una demostración formal y matemática; pero también a la Filosofía y a la Lógica, que, como ya se ha dicho, es denominada filosofía racional, puesto que exige propiedades de las palabras, una estructura y argumentos para distinguir lo verdadero de lo falso. Esta disciplina, a la que los que los antiguos peripatéticos denominaron Lógica, es, según Boecio, materia que contiene en sí misma cierta pericia en la reflexión, la búsqueda y el juicio. Encaminándose a las causas y los principios, encontrará la verdad de lo que buscaba, puesto que la segunda parte de la filosofía explora la naturaleza de las cosas. Por esto, la Gramática habla, la Dialéctica enseña la verdad, la Retórica adorna las palabras, la Música canta, la Aritmética calcula, la Geometría pondera y la Astronomía estudia los astros* (Traducción de los autores).

Astrologia uero, scientia est de astris, astrorum sermo uel ratio, de cursu astrorum loquitur: et dicitur ab ἄστρον quod est fidus, et λόγος sermo. Astronomia, astrorum est regula, νόμος, Latine et lex et regula dicitur¹⁴.

Astrología y Astronomía se presentan ambas como *disciplinae et scientiae* en sí mismas, con una única pero sustancial distinción en sus campos de estudio: la primera trata del movimiento y recorrido que efectúan los astros por los cielos y la segunda atañe también a los astros en cuanto que sigue el curso del sol y de la luna, pero, a diferencia de aquélla, puede considerarse supersticiosa, porque busca un significado a esos movimientos. De esta manera, ambas disciplinas pueden solaparse para un conocimiento de la orientación lo más preciso y fiable posible¹⁵.

Como hemos dicho anteriormente, la relación de la astronomía con la matemática es necesaria y de Saá estrecha esa vinculación:

Omnes hae simul μάθησις nomen habent, ut quam plurimi tenent authores. Sed singulae munus exercent suum: quoniam Astronomia differt ab aliis, in quantum cum Philosophia aliquid participat in motu, et ob id media dicitur inter Mathematicam et naturalem. Et quia regulae Mathematicae, cum accidentia sint, non possunt aliquam rem nisi in subiecto demonstrare, ut Aristoteles sentit, cum dixit, scientia non speculatur accidentia nisi circa subiectum aliquod: uocauerunt Astronomiam Mathematicam, non ut omnino aut pure sit Mathematica, sed quia subiectum intelligitur per accidentium declarationem. Quia μάθησις, si Thomae credimus, est media inter species et sensibilia: quia conuenit cum utrisque. Cum speciebus, in quantum sunt separatae a materia sensibili: cum sensibilibus autem, in quantum inueniuntur plura ex eis in una specie, sicut plures circuli, et plures lineae. Cumque hoc sic procedat, et exemplorum multa uarietas sit, non iocabuntur in astronomia caeli aut corpora caelestia Mathematica, sed lineae, numeri, et mensurae, quae ad intelligendum talia subiecta fingimus aut imaginamur¹⁶.

¹⁴ fol.10v: *La Astrología es la ciencia encargada del estudio de los astros y sigue su curso. Obtiene su nombre del griego 'astron', que significa "lo constante" y de 'lógos', que hace referencia al estudio. La Astronomía explica la norma por la que se rigen los astros y procede del griego 'nómos', que en latín se considera ley y norma* (Traducción de los autores).

¹⁵ Hoy en día, la diferencia entre ambas, astronomía y astrología, está en que una, la astronomía, es ciencia y la otra, la astrología, un práctica más personal y supersticiosa. En este sentido se manifiesta ya Isidoro de Sevilla (ss. VI-VII) en su enciclopedia *Etymologiarum sive originum libri XX* (Isid. *Orig.* 3. 27. 1-2). Véase Oroz Reta - Marcos Casquero, 2004: 446-447, (Isid. *Orig.* 3. 27. 1-2) y el estudio que realizan Aparicio Juan - Salvador Ventura, 1995: 55-60.

¹⁶ fol.11r: *Todas estas materias se llaman 'máthesis', según sostienen muchos autores. Sin embargo, cada una de ellas tiene su propia función: la Astronomía difiere de las demás, puesto que con la Filosofía participa de alguna cuestión acerca del movimiento, y por ello se dice que la Astronomía se encuentra entre la Matemática y la Filosofía natural. Las leyes matemáticas, como hechos fortuitos, no pueden demostrar nada a no ser por aproximación, como dijo Aristóteles, cuando señaló que la ciencia no estudia los hechos fortuitos sino lo aproximado. Por ello decidieron llamarla Astronomía Matemática. No puede ser Matemática pura porque lo aproximado se entiende a través de la expresión de los hechos fortuitos. Si hacemos caso a las palabras de Tomás de Aquino, la 'máthesis' está en medio, entre las formas y los objetos sensibles y también en*

En primer lugar, de Saá hace notar la relevancia de la Astronomía frente al resto de las demás disciplinas. Esta idea surge de su conexión con la Filosofía, que se encarga de intentar comprender el movimiento astral a través de la Astronomía y le permite sacar a la luz el concepto de ‘máthesis’. A este respecto, las leyes matemáticas se evidencian como centro de la astronomía y tanto es así que de Saá diferencia entre dos tipos de astronomía: la astronomía matemática y la pura. La primera es una ciencia que estudia los astros, porque con ella *subiectum intelligitur per accidentium declarationem* y frente a ésta sitúa la astronomía pura¹⁷. Nuestro autor se sirve de las mismas ideas que Tomás de Aquino en el comentario a la *Metafísica* de Aristóteles para indicar que las matemáticas, en tanto que buscan los principios, elementos y causas de las figuraciones se van representando mediante los números.

Partiendo del hecho de que en la Edad Media se desarrolla una navegación astronómica de base matemático-filosófica, podemos establecer una serie de principios inalterables a partir de los cuales es posible calcular todas las trayectorias y rumbos con acierto y precisión. No duda Jacobo de Saá en referirse a que una correcta representación en abstracto de una determinada trayectoria marítima dará como resultado una navegación ideal. El resultado del pensamiento del autor portugués es la composición y representación de mapas y portulanos que se confeccionan siguiendo este mismo principio astronómico.

2. LOS INSTRUMENTOS DE NAVEGACIÓN

Junto a la aplicación práctica a la astronomía de las teorías matemáticas, los instrumentos náuticos permiten al navegante hacerse a la mar con seguridad. La combinación de ambos elementos sugiere una evolución en la orientación astronómica medieval y precisa, aún más, la técnica empleada.

Tenemos constancia de que varios instrumentos de orientación se utilizaron en Occidente a medida que se transmitían desde Oriente, pero de ellos sólo tres tienen un uso común y regular a lo largo de toda la Edad Media: el astrolabio, la brújula y el nocturlabio. Su conocimiento y estudio fue popularizado en todo Occidente hasta tal punto que la brújula incluso llegó a perfeccionarse con respecto a su origi-

relación con unos y otros. Con las formas, porque están separadas de la materia sensible; y con los objetos sensibles, puesto que la mayor parte de ellos se encuentra en una forma, así sucede con muchos círculos y muchas líneas. Al proceder de esta manera y existir tal variedad de ejemplos, no cambiarán los cuerpos celestes con respecto a la astronomía o a la matemática, sino las líneas, los números y las medidas, a los que damos formas o imaginamos para entender tales aproximaciones (Traducción de los autores).

¹⁷ Esta concepción surge del hecho de que las cuestiones astronómicas no se producen a partir de una causa y un efecto mismos, sino que son, en su mayor parte, arbitrarios y fortuitos, pudiéndose utilizar la matemática sólo para estudiar determinadas circunstancias fijas y estables que se dan en el universo.

nal. Con el tiempo, sobre todo a partir del siglo XVI, otros instrumentos fueron haciéndose hueco en el difícil arte de la orientación náutica. Entre ellos destacan la ballestina, el cuadrante o la corredera (González González, 2006: 142).

El primer instrumento de los anteriores del que se tiene constancia es el astrolabio. Se desconoce su procedencia exacta, aunque parece ser un instrumento creado en el Mediterráneo¹⁸. Durante la Edad Media e incluso después, tuvo una gran importancia. Se basa en la proyección estereográfica de una esfera y consistía en un disco de cobre o latón que se colgaba de una anilla para mantener así la verticalidad. En su origen, estando poco desarrollado su uso, necesitaba de una placa de coordenadas de horizonte distinta para cada latitud, lo cual varió en el siglo XI gracias al astrónomo hispano-árabe Azarquiel¹⁹. Éste inventó una placa única que servía para todas las latitudes, cuya aplicación al instrumento resultaba de gran ayuda al navegante.

En una de sus caras el instrumento tenía un círculo dividido en cuatro partes iguales, en el que había cuadrantes superiores, situados entre el diámetro horizontal y el vertical, graduados de 0° a 90°. Una alidada o aguja sobre un pivote al centro del instrumento permitía hallar la altura de los astros, localizándolos directamente si eran estrellas o, si era el Sol, por una línea de sombra. Por otra parte, la parte delantera del instrumento servía para saber el lugar en el que se está y la hora que es. Por tanto, la aguja que por una parte localiza la posición y por otra la hora de que se trate, está sobre la circunferencia esférica que representa al firmamento visible de todo el mundo.

El manejo de este instrumento en la navegación lo convirtió en un instrumento indispensable para los marinos (Pouille, 1969: 9), pues gracias a él era posible observar con bastante precisión la posición de las estrellas, determinando así la latitud, y al mismo tiempo permitía calcular la hora nocturna²⁰. Entre los árabes llegó a tener también un uso religioso, puesto que les servía para calcular la hora de las oraciones y encontrar la dirección a la Meca.

La rápida difusión de los contenidos astronómicos que proporciona este instrumento en Occidente provocó un interés inmediato entre los eruditos de la

¹⁸ La primera alusión que existe de él procede del *Almagesto* de Ptolomeo, donde se atribuye su invención al griego Hiparco de Nicea hacia el 150 a.C. Desde entonces, poco a poco fue recobrando importancia, pero a partir del siglo VIII en que ya era conocido ampliamente en el mundo árabe, llegó a difundirse por toda Europa como un invento nuevo. A partir del siglo XII en que es de uso habitual se convirtió en el principal instrumento de navegación hasta el siglo XVIII. *Vid.* Severino, 1994: 4-5, y Morrison, 2007.

¹⁹ Abu Ishāq Ibrahim Ibn Yahyà al-Zarqalluh, Al-Zarqali, nació en Toledo hacia el 1029 y falleció en Sevilla en el 1100. *Vid.* González González, 2006: 141-143.

²⁰ Precisamente, la etimología del término 'astrolabio' hace alusión a los astros, pues es un nombre compuesto a partir del sustantivo ἄστρον, 'estrella', 'constelación', y del verbo griego λαμβάνω, 'buscar', 'encontrar', de tal manera que el término hace alusión al 'instrumento que sirve para buscar o encontrar estrellas que sirvan de guía'. *Vid.* Severino, 1994: 5-6.

época, dado que el estudio de su uso y los importantes datos que ofrece su utilización a la observación astronómica fueron un elemento referente para el avance de la navegación, pero también para el conocimiento del cosmos, estando en este punto el motivo de su propagación. De este modo, los textos atribuidos a Gerberto de Aurillac, el Papa Silvestre II²¹, pasan por ser la primera referencia latina de este instrumento que trató con gran interés en sus obras *De utilitatibus astrolabii libri duo* y *De mensura astrolabii*²². En ellos hace una amplia descripción del instrumento que incluye no sólo los aspectos relacionados con la astronomía y la orientación, sino también con su física y su uso (Brasa Díez, 2000: 48-55; Hébert, 2004: 28).

De su *De utilitatibus astrolabii* extraemos un texto que explica de manera detallada las múltiples utilizaciones que tiene el astrolabio náutico, que van desde la detenida observación astral y su representación primero abstracta y luego práctica hasta el cálculo de hora en dependencia de los lugares en que se vaya realizando la navegación:

Quicumque astronomicae peritiam disciplinae et coelestium sphaerarum geometricaliumque mensurarum altiore scientiam diligenti ueritatis inquisitione altius rimari conatur, et certissimas horologiorum quorumlibet climatatum rationes, et quaelibet ad haec pertinentia, industrius discriminare nititur, hanc walzacoram²³, id est, planam sphaeram Ptolomaei seu astrolapsum solerti indagatione perquirat et discat, et perquisitam tenaci memoriae firmiter commendat, ita ut, cum quaelibet perigraphias partitionesque anaglypharias in ea scriptas et insculptas cognouerit, singulas nominatim retineat. Nam si horum diligenti discussione summam amplectitur, et celebri intentionis iugitate his studiosus utitur, maximam ex hoc colliget utilitatem, et in astronomicis et geometricis studiis subtilem profunditatem. Inueniet autem per eam, secundum sphaericas uolubilitatis circuitum, certos ortus et occasus omnium siderum singulis quibusque horis, et quotus decanus, quotaque pars cuiuslibet signi oriendo emergatur, aut occidendo demergatur,

²¹ Gerberto de Aurillac nació en Auvernia (Francia) en 945 y murió en Roma en 1003. Compaginó su vida religiosa con la composición de interesantes obras matemáticas y astronómicas. Véase Pekonen, 2000: 67-70.

²² Ambas obras se enmarcan en los *Opera Mathematica* de Gerberto de Aurillac y las dos resultan de una sucesión regular de datos sobre una misma temática: la astronomía relacionada con la matemática y la navegación. Posterior a Gerberto es, sin duda, el texto de Robert de Chester *De compositione astrolabii uniuersalis*, que Thorndike considera una traducción del árabe de 1181. El *incipit* de la obra señala la funcionalidad universal que posee el astrolabio y atribuye a Ptolomeo la designación del instrumento: *In nomine Domini pii et misericordis. Incipit liber de compositione uniuersalis astrolabii. Ptolomaeus Mercurii incedens uestigiis in libro suo qui uocatur Almagesti motu sic ait ... / ... utriusque conuenit ad plenum dicitur ad altitudines accipiendas. Vid. Thorndike, 1943: 467-469.*

²³ Thorndike - Kibre (1963), indican ambos autores que este oscuro término hace referencia al último nombre que tomó el mapa de Ptolomeo. No obstante, hay que señalar que *walzacora* es la adaptación fonética del término técnico astronómico árabe *was' al-kura*, que significa "la mitad de la esfera". *Vid.* también Prinz, 1967: vol. 1., *sv.* 'Alcora'. Asimismo, con la denominación de 'guazalcora' se halla citado por Burnett, 1998: 329-368.



et per uniuersas coeli regiones motus siderum, et situs signorum, et gradus solis, et altitudinem eius diurnam seu menstruam, et quot terreni orbis stadia permeet, similiter et stellarum fixarum signa et altitudines: ad haec noctium et dierum horas certissimas, naturales siue artificiales, cum augmentis et detrimentis. Quarum cognitio quam necessaria sit in diuinis ministeriis, quam ad exercitandum utilis [...] ²⁴.

Por otra parte, existe cierta confusión, recalcada y puesta de manifiesto en numerosas ocasiones, puesto que no se hace una exégesis clara entre el astrolabio o el nocturlabio, instrumento éste que permite también saber la hora nocturna con precisión (Udina i Cobo, 1999: 248). A este respecto, podemos afirmar que ambos eran muy poco delimitados en su forma y uso.

El segundo gran instrumento náutico es la brújula. La llegada de este utensilio a Occidente y su aplicación producen un paso de gigante en las técnicas de navegación (Izquierdo, 2006: 40). El origen de la brújula como instrumento náutico parece ser oriental ²⁵.

Este utensilio náutico consistía en una aguja imantada que, flotando en una vasija llena de agua, tenía la capacidad de señalar el norte. Posteriormente, con el fin de darle un uso más práctico se redujo su tamaño (González Bueno - Linaje Conde, 1992: 23-24). Esta mejora se consiguió cambiando la vasija de agua por un eje rotatorio, al cual se le introdujo una rosa de los vientos con la que se calculaban las diferentes direcciones que marcaba la aguja. Éste es el prototipo que ha llegado a la actualidad, con algunas mejoras tecnológicas, proporcionando aún una mayor precisión y eficacia.

El uso de la brújula se generalizó de forma rápida por el Mediterráneo, pues entre sus numerosos usos figuraba ser un utensilio decisivo para navegar en invierno, permitía la orientación y la navegación astronómica incluso con nubosidad (Molina Molina, 2000: 114-115).

²⁴ PL, CXLIII, 56, 389C-390C: *Quienquiera que intente profundizar en la astronomía, en la ciencia de las esferas celestes y en la geometría, y se esfuerce en saber por qué hay distintos usos horarios según los lugares, debe conocer e instruirse en el uso de la 'alzacora', es decir, en la esfera plana de Ptolomeo o el astrolabio, de tal manera que recuerde cada una por su nombre cuando haya trazado las perigrafías y las particiones anaglifarias que están escritas en la esfera. Si el estudioso llega a comprender sus operaciones y hacer uso de una aplicación continua, le sacará mayor provecho y conseguirá profundizar en las investigaciones astronómicas y geométricas. Con esta esfera y atendiendo a la variabilidad de su perímetro, obtendrá ortos y ocasos de todas las estrellas en la hora correspondiente, qué cálculo de las doce casas y qué parte de cualquier signo se muestra al salir o se oculta al ponerse, los movimientos de las estrellas por las distintas regiones celestes, la posición de los signos, los grados del sol, su altura diurna o mensual, cuántos estadios del orbe terrestre atraviesa, los signos y alturas de las estrellas fijas, y, además, las horas exactas del día, sean naturales o no naturales, con aumentos o mermas. El conocimiento de éstas se considera necesario en los servicios divinos y útil en el trabajo [...].* (Traducción de los autores).

²⁵ El autor chino Shen Kuo (1031 - 1095 d.C.) efectuó hacia el año 1088 una descripción clara y fidedigna de la brújula magnética en Oriente en su obra *Menxi Bitu*. Vid. Needham, 1986.

El primer autor que introduce en Occidente referencias a la brújula²⁶ es el británico Alexander Neckam²⁷. A tenor de lo que dice Wright (1863: 96-97), Neckam tomó contacto con la técnica náutica entre los años 1175 y 1186 en que fue profesor en la Universidad de París²⁸. Neckam hace varias alusiones a la brújula en sus dos obras más señeras, *De naturis rerum libri duo* y *De nominibus utensilium*²⁹, donde explica la naturaleza del instrumento.

Tanto *De naturis rerum* como *De nominibus utensilium* tratan, entre otras cuestiones, de aspectos náuticos de la navegación. La primera de estas obras fue escrita con probabilidad hacia 1180³⁰, aunque no fue conocida hasta finales de esta centuria. De la segunda no se tiene una referencia temporal exacta de composición, aunque sigue, como la anterior, la misma línea de constituirse como manual de conocimientos científicos propios del siglo XII, presentándose a modo de lista o de volumen de vocabulario. En ella se encuentran definiciones de los utensilios e instrumentos náuticos, de sus partes, etc. Esta última obra no aporta nueva información a los datos que Neckam había transmitido en anteriores trabajos.

La primera referencia a la brújula que hace este autor en el *De naturis rerum libri duo* es clara, pues Neckam es consciente del beneficio que supone para los navegantes en situaciones desfavorables como punto de orientación. Físicamente, no debe diferir de las antiguas brújulas, esto es, una aguja sobre un imán el cual se enrolla circularmente sin interrupción sobre un eje, y gracias a ello, puede dar vueltas e indicar la zona septentrional:

Nautae etiam mare legentes, cum beneficium claritatis solis in tempore nubilo non sentiunt, aut etiam cum caligine nocturnarum tenebrarum mundus obuoluitur, et ignorant in quam mundi cardinem prora tendat, acum super magnetem ponunt, quae circulariter circumuoluitur usque dum, eius motu cessante, cuspis ipsius septentrionalem plagam respiciat³¹.

²⁶ El término 'brújula' procede de la palabra latina *buxula*. *Buxula* deriva de *buxis* (caja). En árabe se usa *al-konbas*, vocablo que usamos para compás. Sin embargo, en estos primeros momentos no existe en latín una única palabra para designar la brújula, sino que la lengua técnica prefería el uso de una perífrasis aunque ello provocara el uso de una oración completa: *acum super magnetem ponunt* o *habent acum iaculo suppositam*, con probabilidad para dar una mayor precisión al nombre y uso del nuevo instrumento.

²⁷ Neckam nació el día 8 septiembre de 1157 en Saint Albans (Hertfordshire). Su vida es poco conocida y la mayor parte de los datos procede de sus propias obras. Fallece c. 1217 en Kempsey.

²⁸ La primera referencia árabe se halla en *El libro del Tesoro del Comerciante*, atribuida a Baylak al-Kibjaki. Data del año 1282.

²⁹ Wright editó ambas obras junto a *De laudibus diuinae sapientiae Distinctiones Decem* en 1863.

³⁰ El *De naturis rerum* se considera el prólogo de una *magna opera*, en representación de las tres ramas de la literatura erudita, que Neckam tuvo la intención de componer, pero no lo hizo por cuestiones desconocidas. Tenía la forma de una gran enciclopedia.

³¹ II, XCVIII (*De ui attractiua*), en Wright (1863: 181-184). *En los días nublados o en la oscuridad de las tinieblas de la noche, los navegantes que interpretan el mar pierden la utilidad que proporciona la luz solar e ignoran hacia qué parte deben dirigir la proa. Por ello, sobre una superficie imantada se incrusta una aguja en forma de flecha que da vueltas de un lado al otro de forma directa y, sin pararse, su punta señala el norte* (Traducción de los autores).



Las alusiones a la brújula que se hallan en el *De nominibus utensilium* no añaden novedad sustancial a lo que el autor había expuesto en su otra obra, pues se describe con bastante semejanza la parte física del instrumento y se pone de nuevo de manifiesto el hecho —por otro lado, el verdadero logro de su importancia— de que marque un punto fijo y, por tanto, una dirección determinada en cualquier circunstancia climática, sea favorable o adversa:

Qui ergo munitam uult habere nauem [...] Habeat etiam acum iaculo suppositam, rotabitur enim et circumuoluetur acus donec cuspis acus respiciat orientem, sicque comprehendunt quo tendere debeant naute cum cinossura³², latet in aeris turbacione, quamuis ad occasum nunquam tendat propter circuli breuitatem³³.

El tercer instrumento en importancia es el nocturlabio o nocturbio. Éste no consiguió la fama y el desarrollo de los anteriores, quizás por no tener una funcionalidad tan amplia como ellos. Es un instrumento que posee una historia confusa por las escasas referencias en latín³⁴. Ya nos hemos referido a los pasajes en que Gerberto de Aurillac pudo tratar el nocturlabio o el astrolabio en el siglo X, pero las alusiones más seguras proceden del siglo XIII.

Físicamente es un cuerpo circular sobre el que hay una aguja sobresaliente que, a vista del navegante, se mueve de un lado a otro indicando una determinada posición en la esfera. Ésta posee un disco donde se encuentran diferentes escalas graduadas que permiten establecer la latitud en un disco y en el otro lado hora. La latitud se calcula tomando como base la altura de la estrella polar sobre el horizonte. La indicación de la latitud se produce por uno de los mangos que posee la aguja, mientras que por el otro la regla indica la hora, antes o después de medianoche.

3. CONCLUSIONES

La Edad Media es una época innovadora en todos los ámbitos relacionados con la navegación, puesto que, en unos casos, supuso un desarrollo propio y, en otros, una asimilación de influencias procedentes de otros lugares.

Las técnicas de orientación son ya astronómicas y la base de ésta se halla en la matemática, pero también en la filosofía y en la lógica. Estas técnicas se fundamentan en el conocimiento astral y se enmarcan en unas leyes matemático-filosóficas. A partir de este principio y de su estabilidad, se procede con todos los demás aspectos.

³² El término latino *cinossura* procede a su vez del griego *κυνισσοῦρα*, de uso muy restringido en latín.

³³ Wright (1863: 114): *Quien quiera tener una embarcación sólida [...], que tenga una aguja colocada sobre una flecha. La aguja gira y se mueve hasta que su punta señala el oriente y, de ese modo, los marineros entienden a dónde deben dirigirse bajo las constelaciones. Se mantiene en continuo movimiento porque está protegida dentro de un pequeño recipiente, aunque nunca señalará el occidente.*

³⁴ Las alusiones al nocturlabio en lengua árabe son muy tardías.



Los principales instrumentos náuticos que se hacen visibles a lo largo de estos siglos son, principalmente, el astrolabio y la brújula, siendo el nocturlabio un tipo de astrolabio mejorado con una finalidad específica. Entre los tres dieron a la orientación marina y a la navegación astronómica su característica principal: la precisión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APARICIO JUAN, A. - SALVADOR VENTURA, E. J. (1995): "Astronomía y Astrología en Isidoro de Sevilla", *Florentia Iliberritana: Revista de Estudios de de Antigüedad Clásica*, pp. 55-60.
- BEAJOUAN, G. (1971): «L'Astronomie dans la Péninsule Ibérique a la fin du Moyen Âge», *Revista da Universidade de Coimbra*, Coimbra, pp. 13-32.
- BRASA DÍEZ, M. (2000): «Luces y sombras en el siglo X. Gerberto de Aurillac. Año mil», *Revista Española de Filosofía Medieval* 7: 45-60.
- BURNETT, CH. (1998): "King Ptolemy and Alchandreus the Philosopher: The earliest texts on the astrolabe and Arabic astrology at Fleury, Micy and Chartres", *Annals of Science*, 55, 4: 329-368.
- DEL REAL FRANCIA, P. J. (1999): "Los nombres de las constelaciones en Manilio: distintas soluciones para un vocabulario técnico en vías de formación", *Cuadernos de Filología Clásica. Estudios Latinos*, pp. 71-88.
- FRANCO ALIAGA, T. - LÓPEZ DAVALILLO LARREA, J. (2004): «La representación cartográfica del mundo en la Edad Media», *Espacio, Tiempo y Forma. Serie III, Historia Medieval*, pp. 157-165.
- GARFAGNINI, G. C. (1997): «La Scienza», *Il Medioevo Latino*, Roma, pp. 601-634.
- GONZÁLEZ BUENO, A. - LINAJE CONDE, A. (1992): *El Occidente Medieval Cristiano*, Madrid.
- GONZÁLEZ GONZÁLEZ, F. J. (2006): «Del 'Arte de marear' a la navegación astronómica: Técnicas e instrumentos de navegación en la España de la Edad Moderna», *Cuadernos de Historia Moderna. Anejos*, pp. 135-166.
- GONZÁLEZ MARRERO, J. A. - MEDINA-HERNÁNDEZ, C. (en prensa): «Tipos de navegación desde el Mundo Clásico hasta la Alta Edad Media», *Cuadernos de Filología Clásica. Estudios Latinos*, Madrid.
- HÉBERT, F. (2004): *Instruments scientifiques à travers l'Histoire*, París.
- HINOJOSA MONTALVO, J. (1998): *El Mediterráneo medieval*, Madrid.
- IZQUIERDO, D. (2006): «Inventos que cambiaron el Mundo», *Libro de los Secretos Medievales* (edit. por CALLEJO, J.), Madrid.
- IZQUIERDO I TUGAS, P. (1996): «Los condicionantes de la navegación en la antigüedad: una aproximación al caso de la Provincia Hispania Citerior mediterránea», *1 Simposio de Historia de las técnicas. La construcción naval y la navegación*, Santander, pp. 299-306.
- MEDINA-HERNÁNDEZ, C. (en prensa): «Navegación en la obra de Alfonso de Palencia», en *Actas del V Congreso de Latin Medieval Hispánico*, Barcelona, (7-9 de septiembre de 2009).
- MOLINA MOLINA, A. L. (2000): «Los viajes por mar en la Edad Media», *Cuadernos de Turismo* 5: 113-122, Madrid.
- MORRISON, J. (2007): *The Astrolabe*, Rehoboth Beach.
- NEEDHAM, J. (1986): *Science and Civilization in China*. Vol. 4, *Physics and Physical Technology*, 1, *Physics*, Londres.



- OROZ RETA, J. - MARCOS CASQUERO, M. A. (2004): *San Isidoro de Sevilla. Etimologías*, Madrid.
- PEKONEN, O. (2000): "Gerbert d'Aurillac: Mathematician and Pope", *The Mathematical Intelligencer*, 22, 4, pp. 67-70.
- POULLE, E. (1969): «Les conditions de la navigation astronomique au xv^{ème} siècle», *Revista da Universidade de Coimbra* 24: 3-20, Coímbra.
- PRINZ, O. (1967-1994): *Mittellateinisches Wörterbuch*, Munich.
- RELAÑO, F. (1992): «*Paludes Nili*. La persistencia de las ideas ptolemaicas en la Cartografía Renacentista», *Cuadernos críticos de geografía humana*, 96, Barcelona, pp. 4-32.
- SANTOYO MEDINA, F. (2003): «Técnicas de orientación», *Revista l'Escola Catalana d'orientació i Técnico*, Barcelona, pp. 1-8.
- SEVERINO, N. (1994): *Il libro degli astrolabi. La storia dell'Astrolabio da Tolomeo a Regiomontano*, Rocassecca.
- STOCKLER, G. (1819): *Ensaio histórico sobre as Mathematicas em Portugal*, Lisboa.
- THORNDIKE, L. (1943): «Robertus Anglicus», *Isis* 34-6: 467-469, Chicago.
- THORNDIKE, L. - KIBRE, P. (1963): *Catalogue of incipits of mediaeval scientific writings in Latin*, Cambridge.
- UDINA I COBO, J. (1999): «Gerberto de Aurillac y su tiempo», *Revista Española de Filosofía Medieval* 7: 243-253.
- VERNET, J. (1979): *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval*, Barcelona.
- WALLIS, F. (1996): «Science: Introduction», *Medieval Latin. An introduction and Bibliographical Guide* (edit. MANTELLO, F. A. C. - RIGG, A. G.), Washington, pp. 324-347.
- WOODWARD, D. (1987): «Medieval Mappaemundi», *The History of Cartography 1*. (edit. por HARVEY, J. B. - WOODWARD, D.), Chicago y Londres, pp. 286-370.
- WRIGHT, T. (1863): *Rolls Series of Alexander Neckam. De naturis rerum Libri II, De Utensilibus and De laudibus diuinae sapientiae Libri X*, Londres.