

UN MAR DE ARENA, UN MAR DE ESTRELLAS Y UN MAR PARA NAVEGAR: ÁRABES Y NAVEGACIÓN*

Roser Puig

Universidad de Barcelona

RESUMEN

El desierto, el cielo y el mar son tres espacios abiertos (*maydān*) que comparten estrategias de navegación. En primer lugar se tratará la relación que los árabes preislámicos y del primer Islam mantuvieron con el mar y, después, se expondrán algunos avances en astronomía durante el califato abbasí en Bagdad que redundaron en desarrollos náuticos de época posterior.

PALABRAS CLAVE: navegación árabe, astronomía, instrumentos para la navegación.

ABSTRACT

The desert, the sky and the sea are three open spaces (*maydān*) that share navigation strategies. First, we explore the relationship of the Arabs of the pre-Islamic and early Islamic eras with the sea, and then describe some of the advances in astronomy made during the Abbasid Caliphate in Baghdad, which had an important bearing on later developments in the nautical field.

KEY WORDS: Arabic navigation, Astronomy, nautical instruments.

1. UN MAR DE ARENA: EL DESIERTO

La península arábiga ocupaba una situación estratégica en el centro de la red cultural y económica del Mundo Antiguo, rodeada por los mares Mediterráneo, Rojo, el Golfo y el Índico. Mares que habían sido surcados desde la Antigüedad por mesopotámicos, egipcios y fenicios¹. Su situación estratégica le otorgó un papel relevante en el tráfico comercial internacional, terrestre y marítimo.

Ptolomeo ya había dividido la península arábiga en Arabia *petrea* y Arabia *felix*. La Arabia *petrea*, o desierta, correspondía a la región septentrional, del desierto sirio a la meseta del Naʿūd. La Arabia *felix* se encontraba al sur del Naʿūd: Ḥaḍ ramawt, al este, y el Yemen, al oeste. Ésta era una zona fértil convertida en ruta caravanera desde donde, ya en época del Imperio Romano, se difundían los productos llegados de la India. Entre la costa occidental, la Tihāma, y el Naʿūd se extendía el Ḥijāz,



cuyos límites han sido variables a lo largo de la historia de la región. Al sudeste se encontraba la región de Oman y en el Golfo, las islas Bahrain.

La mayor parte de la población del norte (los árabes arabizados, *al-musta'ariba*, descendientes de Adnan) se dedicaba al pastoreo nómada, mientras que en el suroeste los pobladores de los estados sudarábigos (Saba', Ma'in, Qatabān, Ḥaḍ ramawt y Ḥimyar), los auténticos árabes, *al-ʿarab al-ʿariba*, se dedicaban a la agricultura², al comercio del incienso, de las especias y de la seda, y a la navegación por el Índico³.

Esta navegación se beneficiaba del conocimiento que tenían los árabes de los monzones. El monzón, cuyo descubrimiento se atribuye a Hipalo o a Eudoxo de Cícico (siglo I a.C.), es un viento que sopla desde el sudoeste en verano y desde el nordeste en invierno y ha sido un elemento de unificación histórica para una región tan variada lingüística, étnica, cultural y religiosamente como la del Océano Índico. La palabra monzón procede del árabe *mawsim* que significa «fecha o estación fijada para hacer algo» y en la práctica se refería a la temporada en la que los barcos podían zarpar del puerto con seguridad y sin temor. Entre los años 750 y 1500 todo un sistema comercial asociado al monzón adquirirá forma y se desarrollará desde Širāf, en el Golfo, hasta Cantón.

Los cambios climatológicos y orográficos que desecaron progresivamente las zonas fértiles y verdes de la península arábiga, convirtiendo los bosques en estepa y la estepa en desierto, propiciaron el que algunos de sus habitantes, empujados por la desertización y el empobrecimiento económico, emigraran más al norte, hacia las áreas de Siria y Mesopotamia, y protagonizaran algunos intentos de colonización agrícola en zonas del Ḥiḡāz. En cuanto a los nómadas, algunos se reconvirtieron en conductores de caravanas que comerciaban en los mercados de los centros urbanos atravesados por las rutas caravaneras, como el mercado de ʿUkāz.

Entre los siglos IV y VII d.C., en el período inmediatamente anterior al Islam, la península arábiga contaba entre su población, además de la tribus árabes, a judíos, autóctonos o inmigrados de Palestina, y a cristianos procedentes de Siria,

* Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto *Ciencia y sociedad en el Mediterráneo occidental en la baja edad media* financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (HUM2004-02511/Filo).

¹ A lo largo de la Antigüedad, muchas de las navegaciones se realizaron costeano. Es a finales del Imperio Romano (s. V d.C.) cuando se generalizan los viajes de un extremo a otro del Mediterráneo a lo largo de las islas y perdiendo de vista la tierra durante días enteros. En cuanto a los sistemas de navegación astronómica, su evolución fue muy lenta desde la Antigüedad hasta el siglo XIII (VERNET 1979: 384).

² La presa de Marib, capital del reino de Saba', de más de 700 metros, había sido construida hacia el 500 a.C. e irrigaba un área que abarcaba unas 300.000 personas. Símbolo de la capacidad tecnológica y administrativa de los sabeos, fue destruida en el 554 d.C.

³ No tuvieron rival ya que a los pueblos de la India, al parecer, les bastaba esperar en sus puertos la llegada de los árabes. En cuanto a los chinos que habían empezado con las expediciones del almirante Zeng He, quien llegó por primera vez a África hacia el 1417 y atracó en Jeddah el año 1432, pronto dejaron de navegar por el Índico, incluso uno de sus emperadores lo prohibió por decreto (GROSSET-GRANGE 1997: 234).

Palestina y Abisinia. Sus vecinos eran estados helenizados por las conquistas de Alejandro Magno (356-323 a.C.) que en ese momento configuraban los imperios Bizantino y Sasánida (entre el 240 y el 630 d.C.) y dominaban la navegación por el Mar Rojo y el Océano Índico.

Aunque el papel de los árabes preislámicos en la navegación marítima fue marginal, no hay duda sobre su práctica y desarrollo. Fuentes griegas y latinas de los períodos helenístico y romano se refieren a algunas tribus árabes como piratas y también, y principalmente, como marinos que navegaban a través del Mar Rojo hacia la costa de África para comerciar, aplicando modos de la navegación fluvial mesopotámica, como por ejemplo el uso de embarcaciones soportadas por flotadores hechos de pieles de animales hinchadas.

También atestiguan la relación de las tribus árabes y el mar las fuentes árabes de que disponemos para el conocimiento de la época y que son, fundamentalmente, la poesía preislámica, el Corán y los *anwā'*.

El corpus de la poesía preislámica está formado por diez poemas largos, de una media de 80 o 90 versos, compuestos en el período pre-clásico de la literatura árabe y conocidos por *mu'allaqāt*. Aunque su autenticidad ha sido muy discutida, a veces de manera furibunda, estas poesías están consideradas un reflejo de la vida y los ideales anteriores al Islam y, en el aspecto literario, son uno de los monumentos de la literatura universal.

En el *raḥīl* introductorio de la *mu'allaqa* de Ṭarafah (m.c. 500 d.C.), célebre por ser, en palabras de Federico Corriente, «el más famoso monumento preislámico de descripción de la camella», aparece el *topos* del camello como «bajel del desierto» (*safīnat al-ṣaḥrā'*), que será recurrente en la poesía de época preislámica y, también, en la de época posterior que sigue la misma tradición.

Una mañana los palanquines de la Mālikī parecieron,
Como grandes naos, por los ensanches de la vaguada de Dad,
Naves adultés o como las de Ibn Yāmin,
Que, ora en su curso, ora a bordadas, el marinero lleva,
Surcando su proa con las ondas del agua,
Cual divide la tierra con la mano quien juega al *fiyal*

(Trad. de CORRIENTE-MONFERRER 2005: 108)

Así los camellos son naves que surcan el mar del desierto, gobernadas por el marinero, el *mallāḥ*, el jinete. Este término, que se utiliza también con el significado de navegante, deriva de la misma raíz que la palabra *milāḥa*, navegación, cuya procedencia remonta a las lenguas más antiguas de Mesopotamia, el sumerio y el acadio, y cuya proximidad con la palabra árabe *milḥ*, que significa «sal», ha propiciado otra etimología más fácil. Más adelante, el marinero árabe será el *baḥrī*, de *baḥr*, mar, o el *nautī*, préstamo directo del *nauta* griego. En la misma línea de interferencia entre la vida del desierto y la navegación marítima se encuentra la palabra *maḥra* cuyo significado original era el de «jornada que recorre un dromedario en el desierto» y que pasará a designar la jornada marítima, mientras que para la terrestre se utilizará el término *marḥala*.



Uno de los intelectuales y escritores árabes más decididamente escéptico sobre la autenticidad de la poesía preislámica fue el egipcio Tāḥā Ḥusayn (1889-1973) quien, en un conocido ensayo titulado *Los yāḥilīes* (es decir, los árabes preislámicos). *Su lengua y su literatura*⁴, basa parte de su argumentación en contra de considerar dicha poesía un «espejo» de la vida preislámica precisamente en lo que él considera escasa presencia del mar. Tāḥā Ḥusayn defiende el Corán como fuente para conocer la presencia del mar entre los árabes y dice que éstos, por gracia divina, lo habían sometido y estaban bajo su influencia: dedicándose a la navegación, a la pesca, a la extracción del coral, de conchas y de perlas. En el Corán el mar aparece mencionado en 40 versículos⁵. A veces, mezclado con referencias geográficas y astronómicas⁶ que reflejan antiguos conceptos babilónicos, iraníes y griegos, así como las tradiciones bíblicas judía y cristiana.

El muy citado versículo «Él os puso los astros para guiaros en las tinieblas de la tierra y el mar» (Corán, 6, 97) nos conduce al tercer tipo de fuente y a fijarnos en el cielo, observado tanto por los navegantes del Índico como por los caravaneros del desierto.

De las observaciones empíricas de la localización de los astros particularmente visibles en el cielo surge el sistema de los *anwā'*, plural de *naw'*⁷. Pastores, agricultores y navegantes seguramente habrían observado la relación entre ciertas condiciones meteorológicas y el orto y el ocaso de algunas estrellas conocidas. Incluso habrían constatado que iban por pares y que una vez al año, al aparecer el Sol, una de ellas se ocultaba por el Oeste, mientras que otra se elevaba simultáneamente por el Este. Este sistema de ortos helíacos y puestas acrónicas de determinados pares de estrellas es el que los árabes denominan *anwā'*⁸. Con el tiempo, y por una utilización restringida del término en los tratados lexicográficos, *naw'* acabó designando a la estrella que se ocultaba, a la lluvia que provocaba y al período que seguía a su ocaso.

Los *anwā'* dividían el año en períodos (27 de 13 días más uno de 14) y actuaban como un calendario rudimentario. Han sido relacionados con sistemas calendáricos parecidos chinos, indios y persas. Y también con los *parapegma* griegos de la plaza de la ciudad que mostraban ortos y puestas de constelaciones con la meteorología asociada. También con la larga tradición helénica de calendarios

⁴ Véase la traducción de Carmen Ruiz Bravo en MARTÍNEZ MONTÁVEZ (1983: 23-39).

⁵ La palabra *safīna*, en tres (KASSIS 1983).

⁶ En el Corán hay un total de 282 versículos de tema geográfico y astronómico (KHARCHAF 1989: 209-282).

⁷ PELLAT 1955.

⁸ Los griegos denominaban a ciertos pares de estrellas *paranatellonta* (VERNET 1979: 398).

⁹ En el siglo XI la tradición araboislámica oriental de los libros de *anwā'*, *kutub al-anwā'*, consolidada ya como género literario llegará a al-Andalus en donde se refundirá con la tradición calendárica local de calendarios dietéticos y agrícolas enriquecidos en la Hispania visigótica con los santorales y calendarios aplicados al culto cristiano, cuya primera muestra es el calendario de Córdoba (FORCADA 1992).

astronómicos y agrícolas bien conocida por el mundo árabe⁹. A partir del siglo VIII se combinaron con la tradición india de las «mansiones» de la luna, *manāzil al-qamar*, una especie de zodíaco lunar presente también en la astronomía china y persa dividido en 28 casas que delimita la zona del cielo en la que pernocta la luna cada noche.

Son almanaques que relacionan fechas y posiciones de los astros y anuncian fenómenos meteorológicos: de cambios de tiempo, de lluvias, de vientos, que son de interés tanto para la agricultura como para la navegación. Estas características podían durar unos días o alargarse todo el período. Para algunos tienen un fuerte carácter predictivo¹⁰. También pueden indicar las fechas idóneas para realizar una actividad, por ejemplo: para cortar la madera que servirá para construir un barco, o para la temporada de navegación¹¹. O bien las fechas nefastas. Así por ejemplo, el Calendario de Córdoba previene de navegar en marzo (al menos hasta el 11 de abril) a causa del magnetismo y previene, también, contra determinados vientos y contra las mareas del equinoccio¹².

En los textos de *anwā'* encontramos también información sobre los efectos, cualidades y dirección de los vientos, definida por los ortos y ocasos astronómicos, del Sol y de las estrellas. Es una más de las características que, según David King, vinculan los *anwā'* con el folclore árabe preislámico y la astrometeorología popular árabe¹³.

Fruto de esta tradición serán las redes de vientos, los diagramas de alquibla y las rosas náuticas basadas en los cuatro vientos cardinales, en el centro de los cuales está la Ka'ba. Más adelante, la rosa náutica clásica¹⁴ de doce vientos será substituida por la de treinta y dos. Juan Vernet, por un lado, cita al piloto Ibn Māyīd, quien distingue entre la rosa de veinticuatro rumbos o javanesa y la de treinta y dos o árabe. Por otro, se hace eco de un texto de Chaucer, quien escribe: «hay 24 acimutes, que entre las gentes del mar son 32»¹⁵.

¹⁰ Este carácter quizás explica por qué la palabra *naw'* no aparece en el Corán. Sí aparece *manzil*.

¹¹ En el Mediterráneo se extendía de abril-mayo a septiembre-octubre. Según Plinio, la temporada de navegación se abría el 8 de febrero. Según Vegetius, que sigue a Varrón, la navegación era buena entre el orto helíaco de las Pléyades hasta el de Arturo (27 de mayo-14 de julio); insegura hasta el 11 de noviembre y, desde esta fecha hasta el 10 de marzo, los mares permanecían cerrados. San Isidoro recoge esta tradición al afirmar que las Pléyades anuncian el tiempo de la primera navegación. Documentos de la *genizá* de El Cairo indican que el mar permanecía cerrado de noviembre a marzo y asimismo lo indican al-*Udrī* e Ibn Ḥayyān (VERNET 1979: 393).

¹² *Calendrier*: 55, 69, 167.

¹³ KING 2004.

¹⁴ Plinio el Viejo recoge, en su *Historia Natural*, una variante de la rosa de doce vientos diseñada por Aristóteles muy parecida a una que describe Qāsim ibn Muṭarrif al-Qaṭṭān (CASULLERAS 1994: 87).

¹⁵ VERNET 1978: 239.

¹⁶ Cada noche es visible la mitad de las mansiones lunares, y siguiendo la rotación de sus asterismos, se podía hacer una división aproximada de los momentos de la noche, según la sucesiva



Miquel Forcada señala que el sistema de los *anwā'* también se utilizará como medio para determinar las horas de la oración y las horas nocturnas¹⁶. Con este uso aparece documentado por primera vez en una fuente andalusí: el *Kitāb al-Hay'a* de Qāsim ibn Muṭarrif (siglos X-XI). En época más tardía, el procedimiento se acompañará de un instrumento como el que describe al-Umawī al-Qurṭubī (m. 1205-1206) en su tratado de *anwā'* que consta de tres láminas¹⁷.

2. UN MAR DE ESTRELLAS: EL CIELO

Es de lamentar que los manuales árabes más antiguos sobre navegación se hayan perdido. El primero que se conserva es del siglo XV. Se trata de una guía náutica de navegación por el Índico escrita por el mencionado piloto Ibn Māyīd¹⁸ en 1490 (FERRAND 1921-1928). En el prólogo de uno de sus derroteros menciona como pilotos anteriores a dos persas, Aḥmad b. Tabaruya y Khash b. Yūsuf, que navegaron hacia 1009-10, y a «los tres leones» del siglo XII, autores de unos textos de navegación que Ibn Māyīd había leído, pero que tampoco se han conservado.

Los textos disponibles para tratar el tema del mar en el período entre el advenimiento del Islam, siglo VII, y la caída del califato abbasí de Bagdad, a mediados del siglo XIII, se encuentran desperdigados en crónicas y obras literarias de los más variados géneros: la tradición de cuentos náuticos de los siglos IX y X cuyo desarrollo posterior conducirá a los cuentos de Simbad en *Las Mil y una noches*; la literatura de *riḥla* o viaje de peregrinación y estudios, como por ejemplo la de Ibn Ḍubayr¹⁹, y las fuentes geográficas, entre otras.

A pesar de lo disperso, pues, de las fuentes, estudios como los de Jorge Lirola o Christophe Picard han sido capaces de poner de relieve el poder naval de los Omeyas de al-Andalus y la relación de los musulmanes del Occidente medieval con el mar, respectivamente.

En lo que concierne a Oriente, sabemos que el califato Omeya oriental (661-750) se caracterizó por sus esfuerzos en la construcción de navíos de guerra y

culminación de cada uno de ellos, que permitía determinar la hora (FORCADA 1995: 212; SAMSÓ 1992: 71-75 y CASULLERAS 1994: 81).

¹⁷ FORCADA (1995).

¹⁸ Piloto que condujo las naves de Vasco de Gama de Melinde a Calicut y quedó inmortalizado por Camoens en *Os Lusíadas* (6,5) (VERNET 1978: 235).

¹⁹ Ibn Ḍubayr en su *Riḥla* aplica, de modo instintivo, la técnica de observación del horizonte: escrutarlo en el momento del ocaso (u orto) del Sol y así percibir una serie de montañas costeras (Montgó, *Qaun*, desde Ibiza; el Etna) con cotas elevadas que reducen a pocas jornadas la navegación sin tener a vista la tierra (VERNET 1979: 387). El estudio, que hace Vernet, de los radios de visibilidad de los distintos montes costeros del Mediterráneo permite ver que en la navegación a lo largo del eje del Mediterráneo eran escasos los días en que se permanecía, con buen tiempo, sin avistar tierra. Ibn Ḍubayr se sorprende, también, del régimen de los vientos en el Próximo Oriente del que dice que constituye «un extraño misterio» (VERNET 1979: 392).

el reclutamiento de marinos. Y que durante los primeros siglos abbasíes hubo un desarrollo gradual de las flotas de guerra musulmanas que alcanzó su punto álgido en el siglo X²⁰. Ibn al-Nadīm (siglo X) menciona en el *Fihrist* dos manuales de guerra, que incluyen la guerra en el mar, compuestos entre los siglos VIII y IX.

Sabemos, también, que el comercio y el tráfico generado por la peregrinación a la Meca, uno de los preceptos de la nueva religión, contribuyeron al tráfico marítimo en ambos lados al norte del Mar Rojo, manteniéndose al mismo tiempo el tráfico de la antigua ruta del incienso hacia los puertos del sur del Golfo y de la India.

En el siglo IX, además de navegar codo a codo con los bizantinos por el Mediterráneo y alcanzar, en el Índico, la India, el sudeste asiático y la China, los árabes navegaron también el Atlántico²¹.

Al inicio del califato abbasí se produjeron algunos avances científicos, auspiciados por los califas ilustrados: al-Manṣūr (753-775), Harūn al-Rašīd (786-809) y su hijo al-Ma'mūn (813-833), que sentaron las bases para la navegación astronómica de época posterior. Avances que se enmarcan en cuatro ámbitos fundamentales: geodesia, tablas astronómicas, cartografía e instrumentos.

En geodesia se implementan procedimientos astronómicos de orientación no excesivamente complicados. El primero de ellos es la determinación de la latitud, teniendo en cuenta que la determinación de la latitud y longitud geográficas de un lugar es fundamental en la navegación por tierra o por mar.

La determinación de la latitud se puede llevar a cabo resolviendo una fórmula sencilla:

$$\varphi = 90^\circ - (h - \delta)$$

Para lo cual necesitamos disponer de la altura meridiana del Sol o de la altura de una estrella vecina al polo y, además, será indispensable conocer la declinación²². Con este fin será muy útil disponer de unas tablas de declinación.

Los progresos en la determinación de las latitudes permitieron, por un lado, dimensionar la Tierra. Así, los astrónomos de al-Ma'mūn, en diversas expediciones

²⁰ A mediados del período abbasí (750-1258), al inicio del siglo IX, la supremacía Bizantina en el mar fue seriamente desafiada, gracias al desarrollo de máquinas de guerra y armas como el fuego griego (PICARD 1997: 115-116).

²¹ VERNET 1979: 384.

²² Durante el día, el observador puede tomar la altura meridiana del Sol (h) y calcular su declinación (δ). Entonces, para las localidades del hemisferio norte: $\varphi = 90^\circ - (h - \delta)$, ya que la altura culminante del ecuador celeste es el complemento de la altura polar. Por la noche, se puede observar también la altura meridiana de una estrella cuya declinación conozcamos y aplicar la misma fórmula. O incluso tomar las respectivas alturas de una estrella circumpolar en los dos momentos en los que cruza el meridiano. En esta línea, la observación de la polar o de sus guardas era suficiente (KENNEDY 1997: 218).

²³ El objetivo era encontrar una localización llana y conveniente para observar la latitud (φ) a partir de un cierto punto inicial. Los observadores se dirigían entonces hacia el norte y hacia el sur,





organizadas por su mecenas hacia Samarra y Sinjar, midieron el grado de meridiano terrestre²³ y obtuvieron un valor que adoptó Alfargani y ratificó Colón.

Por otro, permitieron calcular las longitudes geográficas y establecer meridianos de base desde donde computarlas. El cálculo de las longitudes geográficas se realizaba a partir de la observación de eclipses o por métodos geodésicos. A partir de estos cálculos se elaboraban listas geográficas²⁴.

Todos estos valores se tabulaban para disponer de ellos en cualquier momento. Junto a las tablas de coordenadas geográficas, de indudable interés en cartografía, existieron tablas para el cálculo de las longitudes y latitudes del Sol, la Luna y los cinco planetas observables a simple vista; tablas que daban la hora del día o de la noche a partir de la altura del Sol o de las estrellas; tablas que daban la altura del Sol a mediodía. Los astrónomos les aplicaban procedimientos matemáticos que les permitían, además, determinar la *qibla*, la dirección de la Meca, desde un lugar determinado. Estas tablas se conocen también como *zīyēs*²⁵.

Entre los siglos VII al XIX se calcularon un número ingente de *zīyēs* y tablas auxiliares, principalmente de funciones trigonométricas que, no siendo propiamente *zīyēs*, facilitaban enormemente su cómputo y su uso. En la actualidad se conserva un corpus de unas 225 tablas y obras conexas²⁶.

Tablas de declinación solar formarán parte indispensable de los directorios de navegación de época posterior.

midiendo la distancia recorrida. Cuando la expedición alcanzaba un punto en donde el valor de φ difería en un grado respecto al valor inicial, la distancia recorrida daba la longitud de un grado del meridiano (KENNEDY 1997: 219-220).

²⁴ Las listas geográficas de las que disponemos (tablas, compilaciones y obras geográficas) se pueden clasificar en dos categorías según el meridiano origen que consideren: Ptolemaicas si, como Ptolomeo (ca. 150 d.C.), miden las longitudes hacia el Este a partir de las Islas Canarias (*al-ʿyazāʿir al-jālidāt*) y khwarizmianas si, como al-Khwārizmī (ca. 820 d.C.), escogen como primer meridiano la orilla Oeste del océano occidental (*saḥil al-baḥr al-muḥīṭ al-garbī*) que en la literatura al uso se encuentra 10° al Este del meridiano del grupo anterior. Por lo tanto, a partir de esta época se puede enmarcar el Mediterráneo dentro de un cañamazo mucho más real que el del mundo antiguo y del que el renacimiento volverá a imponer con sus sucesivas impresiones de la *Geografía* de Ptolomeo (KENNEDY 1997: 220-221; COMES 2000).

²⁵ Un *zīyēs* es un manual de astronomía que contiene tablas. Estas tablas, en árabe o en persa, solían ir precedidas de unos cánones en los que se explica cómo utilizarlas o la teoría según la cual han sido calculadas. La palabra *zīyēs* un préstamo del persa que tiene que ver con la disposición tabular en filas y columnas, parecido al entramado de un tejido o a los surcos del arado. Un *zīy* puede contar con un centenar de folios de texto y tablas.

²⁶ KING-SAMSÓ, *EI*; KING-SAMSÓ 2001.

²⁷ Por orden cronológico, el periplo, la brújula y la ampollita dieron origen al derrotero y éste a su vez a la carta náutica a la que pronto completó el marteiolo. Los periplos, conocidos desde la Antigüedad, son descripciones hidrográficas de la cuenca de un mar dado con anotación de distancias, pero no de rumbos, aunque esporádicamente puedan estar indicados. El derrotero es un periplo en el que se indican sistemáticamente los rumbos. La carta náutica, a veces indebidamente llamada portulano, no existe sin derrotero previo y el del Mediterráneo se estaba levantando en el siglo X. Los derroteros inician su tímida aparición en el occidente cristiano a mediados del siglo XI (VERNET 1979: 430).

Los precedentes árabes de los atlas, cartas náuticas y portulanos bajo medievales son también de este período²⁷.

Sabemos que en la *Bayt al-ḥikma*, la Casa de la Sabiduría, ma'muni se preparó una representación del mundo conocido que mejoraba en algunos aspectos la de Ptolomeo y de la cual no han sobrevivido más que versiones reducidas. Al parecer la proyección utilizada era la de Marino de Tiro (siglo I J.C.).

Sabemos, también, y de buena fuente que el astrónomo Ibn Yūnus (m. 1009) elaboró en el siglo IX un mapa para el califa fatimí al-ʿAzīz, aunque se desconocen los pormenores.

Y, por el geógrafo al-Maqdisī (m. 898) sabemos que los geógrafos árabes del siglo IX eran perfectamente conocedores de que la configuración de las costas carecía de regularidad. En el prólogo a su *Geografía* nos cuenta que cierto día sentado en la playa de Adén junto a un viejo marino le preguntó por la configuración de los mares: «Éste —cuenta— allanó la arena con la mano y dibujó un mar que no tenía forma ni de turbante (*taylasan*) ni de pájaro. Trazó sinuosidades de múltiples entrantes y ensenadas. Luego dijo: Ésta es la figura del Océano Índico. No tiene otra forma. He dibujado sólo un esquema y he omitido los golfos y las ensenadas de poca importancia... He puesto aquello en lo que no se discrepa y he dibujado los accidentes en que todos estamos de acuerdo»²⁸. Este mapa concordaba con los derroteros que al-Maqdisī dice haber tenido en sus manos y constituye un paso previo al mapa o portulano que Ibn Māyīd dice haber manejado y que había sido trazado en el siglo XII (año 1184) por Ismāʿīl ibn Abān, posterior en unos pocos años al conocido mapa de al-Idrisī²⁹.

Menos conocida es la aportación del astrónomo al-Bīrūnī. Este gran matemático y prolífico erudito de Asia Central del siglo XI escribió hacia 1005 una obra breve sobre cartografía del globo celeste³⁰. En este tratado, Bīrūnī, que cita como referentes a Marino y a Ptolomeo entre otros, discute ocho maneras distintas de proyectar las constelaciones celestes en un plano y se atribuye la invención de tres de ellas que comparten la ventaja de ser equidistantes y cuyas denominaciones actuales son: *globular*, *doble-equidistante* y *equidistante azimutal*.

Pasar de la representación de las constelaciones a utilizarlas en la proyección de instrumentos y en cartografía es, de hecho, bastante lógico. Así, encontramos un ejemplo primitivo y bastante intuitivo de la equidistante azimutal en la carta (mapa mundi) de al-Sfaqsī en 1571 y su aplicación en Europa de la mano de

²⁸ VERNET 1978: 235.

²⁹ El geógrafo magrebí al-Idrisī fue encargado por el rey normando Roger II de Sicilia de la compilación de un atlas completo del mundo que acabó en 1154, después de 15 años de trabajo. Consta de 70 hojas rectangulares agrupadas en siete rollos de diez hojas. El norte está abajo. El borde superior e inferior de cada hoja coincide con los límites superior e inferior de cada uno de los siete climas. Hay indicios de astronomía y en la introducción cita doce fuentes, una de ellas la *Geografía* de Ptolomeo.

³⁰ Se trata del *Kitāb fī tastīḥ al-suwar wa-tabṭīḥ al-kuwar* editado, traducido y comentado por J.L. Berggren (BERGGREN 1982).

Postel en 1581. En cuanto a la proyección globular, reaparece en Europa seis siglos después de Bīrūnī: en 1660 el siciliano Nicolosi publica dos ejemplos, representación del hemisferio este y del oeste, respectivamente. En 1701 el francés Philippe de la Hire también describe un sistema de proyección perspectiva que produce una red de coordenadas muy parecida a la producida por la proyección globular³¹.

3. UN MAR PARA NAVEGAR: INSTRUMENTOS DE NAVEGACIÓN

La época abbasí es la época dorada de los instrumentos astronómicos y la literatura científica producida sobre este tema es de gran interés para el estudio de la matemática aplicada y de la geometría descriptiva. La iconografía existente es, asimismo, muy rica, pues son muchos los instrumentos conservados.

Los tratados sobre instrumentos de la época no hacen referencia específica a la navegación, aunque algunos de los procedimientos descritos pueden tener su aplicación a la náutica. Por ejemplo, el método de triangulación que Vernet califica de suficiente cuando la navegación es costera y no de altura³².

La primera mención del uso de un astrolabio a bordo de una nave procede del siglo XII y se encuentra en el tratado original sobre este aparato escrito por Raymon de Marsella (fl. 1140), quien, además, alude a su uso por los marineros para determinar la latitud mediante la observación del paso superior e inferior de una estrella circumpolar como Bennesas (η Osa Mayor) o Algedi, *Maris Stella* (α Osa Menor).

Vernet considera que la aplicación a la náutica del instrumental astronómico «remonta al siglo XII y que, desde este momento, se inicia una lenta y progresiva diferenciación, a partir de un arquetipo común, de los instrumentos astronómicos, más complejos y de los náuticos, simplificación de aquéllos»³³. El astrolabio astronómico estándar y el astrolabio náutico son un caso paradigmático de tal simplificación.

El astrolabio astronómico, de origen ptolemaico y conocido por los árabes a través de los textos siríacos del siglo VII d.C., alcanza un extraordinario desarrollo entre los árabes, quienes conciben simultáneamente variantes geoméricamente sofisticadas.

En la variedad estándar, consiste en la proyección estereográfica polar de las coordenadas horizontales (almucantarates y verticales) de la esfera celeste en el plano del ecuador. Como quiera que estas coordenadas, y los arcos de círculo que

³¹ KENNEDY 1997: 226-229.

³² Se señala el Índico como cuna del nacimiento del procedimiento para la determinación de la situación del Polo con ayuda de las Dos Guardas. Éste y otros procedimientos náuticos del Índico alcanzaron el Mediterráneo en época relativamente temprana (VERNET 1979: 407).

³³ VERNET 1977: 203

las representan, varían en función de la latitud del lugar, aparecen trazadas sobre una lámina para una latitud determinada que es intercambiable con otro número de láminas correspondientes a otras tantas latitudes. Para guardarlas, se da al instrumento forma de caja cilíndrica (*madre*) que encierra las láminas, unas encima de otras. Encima de todas ellas la proyección de la eclíptica complementada con un sistema de indicadores en forma de garfio que indican las posiciones de una selección de estrellas. Todo el conjunto se sujeta con una chaveta que atraviesa el instrumento por el eje central.

El dorso de la madre lleva grabados una serie de círculos y divisiones en grados destinados a conocer la altura de los astros con la ayuda de una alidada de pínulas. Si el astrolabio es occidental, incorpora además un calendario zodiacal que muestra la correspondencia entre los meses del calendario juliano y los signos zodiacales. Frecuentemente, los astrolabios astronómicos, tanto occidentales como orientales, incluyen en este dorso algún trazado gráfico de sombras y/o de horas de la oración.

Algunos de los usos del astrolabio estándar tienen su aplicación a la navegación, especialmente la determinación de la declinación del Sol en una fecha cualquiera y el cálculo de la latitud a partir de la culminación superior del Sol o de culminaciones de estrellas circumpolares. Para estos propósitos, de todos los elementos del astrolabio, basta con la graduación del dorso para medir la altura de los astros.

La morfología del astrolabio astronómico estándar ha mantenido estas características hasta nuestros días, en paralelo a la existencia de otras variantes interesantes geoméricamente e igualmente útiles³⁴.

En cuanto al astrolabio náutico —mucho más tardío, ya que surgió, probablemente, a fines del siglo XV—, se trata de un instrumento de observación utilizado para determinar la altura meridiana del Sol o de una estrella. Para ello requiere únicamente del círculo graduado y la alidada de pínulas del dorso del astrolabio astronómico. El instrumento resultante es un astrolabio «vacío», desprovisto de láminas y muy simplificado.

Además del astrolabio náutico, son instrumentos auxiliares en navegación anteriores a él la brújula y las ampolletas.

La forma más antigua de brújula conocida es la calamita. Se trata de una aguja imantada que se apoya sobre un trozo de madera o de corcho, el cual, a su vez, flota en la superficie del agua pudiendo orientarse libremente. Los orígenes de la brújula son oscuros y, generalmente, se retrotraen a la China milenaria. Aunque las primeras menciones en la Europa occidental corresponden a la primera mitad del s. XIII, es posible que fuese conocida en al-Andalus a mediados del IX y, con mayor seguridad, en el XI. Su conocimiento, como el de otras técnicas de navegación,

³⁴ Por ejemplo la proyección del dorso de la azafea redescubierto en la variante de Juan de Rojas con fines exclusivamente náuticos (VERNET 1979: 365).



habría sido mantenido en secreto por los marinos andalusíes para no perder las grandes ventajas que les proporcionaba frente a sus competidores. La brújula está íntimamente relacionada con el derrotero y las cartas náuticas.

Las ampolletas o reloj de arena eran el instrumento más habitual para medir el tiempo a bordo de una nave. Para obtener una mejor precisión, era indispensable conseguir un vidrio inalterable al paso del tiempo y a las circunstancias meteorológicas de manera que no perdiera su transparencia ni alterara su forma. Estas características se obtuvieron con el empleo de la sosa, cuya obtención con estos fines sólo conocían en el siglo X los egipcios y los catalanes. Hacia principios del siglo XII, el secreto se divulga y los venecianos serán los primeros en fabricar las ampolletas rellenándolas de arena, mucho más económica que el mercurio, y ofrecer a los marinos un reloj de muy buen rendimiento.

Por último, queda introducir el instrumento que podemos considerar propiamente útil en navegación: el nocturlabio. Se trata de un reloj de tiempo sidéreo utilizado desde el siglo XIII cuya función principal consistía en determinar la hora nocturna y conocer la cantidad que hay que sumar o restar a la altura observada de la Estrella Polar para hallar la latitud de lugar. Tanto para conocer la hora nocturna como para determinar la latitud, el nocturlabio se basa en la posición relativa de ciertas estrellas de la Osa con la Polar³⁵ y es frecuente encontrar instrumentos preparados para una y otras estrellas.

Para utilizarlo se coge el instrumento por el mango, se sitúa a unos 25 cm del ojo y se lanza una visual a la estrella polar a través del orificio central. El instrumento lleva dos dientes que marcan las estrellas de referencia y se hace coincidir el que marca la estrella que se quiere utilizar con el día de la fecha en la escala calendárica del disco mayor. Con ello tendremos a la estrella correspondiente en la posición que ocupa a medianoche del día en cuestión. A continuación, haremos girar la regla hasta que su borde coincida con la estrella que queremos utilizar. Esta misma regla nos marcará entonces la hora, antes o después de la medianoche, en la corona horaria del disco menor.

El dorso del instrumento presenta dos escalas graduadas que permiten calcular la corrección que debe introducirse al determinar la latitud tomando la altura de la Polar sobre el horizonte ya que esta estrella no coincide exactamente con el Polo Norte, sino que gira en torno a él.

La historia del nocturlabio es confusa. Aunque J. Needham alude a un instrumento parecido de tradición China, sólo se encuentran referencias a él en textos latinos y romances. Las primeras descripciones inequívocas corresponden al siglo XIII, aunque existe la posibilidad de que lo conociera Gerberto de Aurillac en el siglo X. No existen referencias a este instrumento en textos árabes, pero estudios relativamente recientes han establecido que en tratados andalusíes de astrometeorología popular aparece, desde el siglo X, la descripción de un procedimiento para determinar la hora durante la noche mediante el giro de las mansiones lunares en torno al Polo, haciendo plausible la hipótesis de que los andalusíes hubieran conocido y utilizado un instrumento de esta índole.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGGREN, J.L., «Al-Bīrūnī on Plane Maps of the Sphere», *Journal for the History of Arabic Science (JHAS)*, 6, pp.47-97, 1982.
- CALENDRIER DE CORDOUE de 961 (le), composé par Arib ibn Saïd et Rabi ibn Zayd (Xème siècle), éd. R. Dozy, tr. Ch. Pellat, Leyde, 1961.
- CASULLERAS, J., «El contenido del *Kitāb al-Hay'a* de Qāsim ibn Muṭarrif al-Qaṭṭān». En J.M. Camarasa, H. Mielgo y A. Roca (coord.), *Actes de les I Trobades d'Història de la Ciència i de la Tècnica (Maó, 11-13 setembre 1991)*. Barcelona, pp. 75-93, 1994.
- COMES, M., «Islamic Geographical Coordinates: al-Andalus' Contribution to the correct Measurement of the size of the Mediterranean». En *Science in Islamic Civilization. Studies and Sources on the history of Science*, Istanbul, pp. 123-138, 2000.
- CORRIENTE, F. y MONFERRER, J.P., *Las diez mu'allaqāt. Poesía y panorama de Arabia en vísperas del Islam*. Madrid, 2005.
- FERRAND, G., *Instructions nautiques et routiers arabes et portugais des xvè et xviè siècles. Reproduits, traduits et annotés*. T. 1. *Ibn Majid. Texte arabe*, Paris 1921-1923. T. 2. *Sulayman al-Mahri et Ibn Majid. Texte arabe*, Paris, 1925 et T. 3. *Introduction à l'astronomie nautique arabe*, Paris, 1921-1928.
- FORCADA, M., «Los libros de *anwā'* en al-Andalus». En: J. Vernet y J. Samsó (eds.), *El Legado Científico Andalusí*. Madrid, pp. 103-115, 1992.
- «El origen del nocturlabio a la luz de fuentes hispánicas y andalusíes». *Revista del Instituto Egipcio de Estudios Islámicos en Madrid (RIEIM)*, 27, pp. 207-219, 1995.
- GROSSET-GRANGE, H., (avec la collaboration d'Henri Rouquette), «La science nautique arabe». En: Rashed, R. (dir.), *Histoire des Sciences Arabes. Vol. 1. Astronomie, théorique et appliquée*. Paris, pp. 233-269, 1997.
- KASSIS, H.E., *A Concordance of the Qur'an*. Berkeley, Los Angeles, London, 1983.
- KHARCHAF, I., *Lexique des versets coraniques scientifiques*, T. 1: *Biologie, Mathématiques, Physique et Chimie, Géographie, Astronomie, Écologie et Paléontologie*. Casablanca, 1989.
- KENNEDY, E.S., «Géographie mathématique et cartographie». En: Rashed, R. (dir.), *Histoire des Sciences Arabes. Vol. 1. Astronomie, théorique et appliquée*. Paris, 1997, pp. 217-232, 1997.
- KING, D.A., *In Synchrony with the Heavens. Studies in Astronomical Timekeeping and Instrumentation in Medieval Islamic Civilization*. Leiden-Boston, 2004.
- KING, D.A. y SAMSÓ, J., «Zidj» *Encyclopaedia of Islam*, IX, 497-508.
- (with a contribution by B. Goldstein), «Astronomical Handbooks and Tables from the Islamic World (750-1900): an Interim Report», *Subhyl 2*, pp. 9-105, 2001.
- LIROLA, J., *El poder naval de Al-Andalus en la época del Califato Omeya*. Granada, 1993.
- «Algunas consideraciones sobre el desarrollo náutico árabe en al-Andalus y su repercusión en los reinos cristianos de la Península Ibérica». *RIEEM*, 26, pp. 169-177, 1993-94.
- MARTÍNEZ MONTÁVEZ, P. (coord.), *Taha Husayn. Ensayos de crítica literaria*. Madrid, 1983.
- ARTÍCULOS «Milāḥa», «Rīḥ», «Djūgrāfiyya», *Encyclopaedia of Islam* (v.e.).
- PÉLLAT, Ch., «Dictons rimés, *anwā'* et mansions lunaires chez les arabes». *Arabica* II, pp. 17-41, 1955.
- PICARD, Ch., *La mer et les musulmans d'Occident au Moyen Âge. VIII-XIII siècle*. Paris, 1997.



- RIUS, M. y COMES, M., «Circulació de coneixements per la Mediterrània: entre Orient i Occident». En J. Batlló, J. Ferran y M. Piqueras (coord.), *Actes de la VIII Trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*, Barcelona, pp. 409-418, 2006.
- SAMSÓ, J., *Las ciencias de los antiguos en Al-Andalus*, Madrid, 1992.
- VERNET, J., «Instrumentos Astronómicos (1250-1600)». Publicado en el *Coloquio sobre Historia de la Ciencia Hispano-Americana*. Madrid, pp. 203-216, 1977.
- *La cultura hispanoárabe en Oriente y Occidente*. Barcelona, 1978.
- «La navegación en la Alta Edad Media». *La navigazione mediterranea nell'Alto Medioevo*, 1 (Spoleto, 1978), pp. 323-388. Reimpreso en *Estudios sobre Historia de la Ciencia Medieval*. Barcelona-Bellaterra, pp. 383-448, 1979.

