Portulanos- Navegación medieval

Autor:
Data de publicació: 04-11-2013

Autor: José Antonio Hurtado García
Contenido

1 Introducción
2 Las bases científicas y técnicas de los portulanos

2.1 El valor del grado terrestre
2.2 El sistema de referencia

2.2.1 La medición del valor del grado de Eratóstenes

2.3 La proyección de los portulanos. La brújula

3 Los portulanos, la navegación y las cartas de marear.
4 Los portulanos y la Orden del Temple
5 Referencias

Introducción

La navegación en la Edad Media en lo que respecta a sus aspectos cartográficos y técnicos es, todavía, una ciencia casi absolutamente desconocida; por ejemplo absolutamente todos los historiadores, marinos y tratadistas que han estudiado el tema están de acuerdo en que durante el Medievo:

En aquella época, a finales del siglo XV, no había forma práctica de determinar la longitud geográfica

Y eso resulta ser absolutamente falso como voy a desarrollar a lo largo de éste estudio; también se ha escrito que los portulanos no tienen ningún tipo de proyección[1] y sin embargo se cree que son cartas de marear es decir cartas de navegación ¿Cómo se puede definir una derrota en una carta si ésta es un plano hecho casi sin ninguna relación con la superficie terrestre? es más, otros tratadistas afirman que fueron dibujados merced a la ayuda de la brújula, pero no lo pueden demostrar porque no son conocidos los mapas del campo magnético terrestre en esa época, así que esa opinión no pasa de ser una hipótesis aventurada ya que luego tampoco son capaces de definir cómo navegar en ellos a través de ese instrumento.

En este trabajo pienso dar explicación a todos esos interrogantes.

Las bases científicas y técnicas de los portulanos

Si consideramos que los portulanos son, efectivamente, cartas de marear y que es posible trazar en ellos una derrota entre dos o más puertos de tal forma que siguiéndola sobre el mar, en condiciones normales, es posible seguirla perfectamente no queda más remedio que admitir que los portulanos son una proyección de una parte de la superficie terrestre sobre un plano y que, además, hay unas relaciones matemáticas entre la derrota real y la derrota de la carta; si no fuese así no se podría seguir sobre el mar (Mediterráneo primero y Atlántico después) lo dibujado en la carta. Si

ésta hipótesis no fuese cierta los portulanos serían simples elementos decorativos.
Si existe esa relación matemática hay que admitir que todos los portulanos poseen el mismo valor para el módulo del grado terrestre ya que si cada uno tuviese un valor distinto del grado (75 millas romanas, o 90 millas romanas, o 100) aunque se compensase en las escalas las representaciones que nos han llegado no presentarían esa semejanza en lo que respecta a las costas mediterráneas. Además, los portulanos tienen que tener un sistema de referencia que permita situar los puntos por unas coordenadas, sean longitud y latitud u otras cualquiera que les permitiese situar cada uno de los puertos con respecto a un puerto inicial. Y por lo mismo que he explicado antes sobre la semejanza de costas, el sistema ha der el mismo para todos ellos al igual que ahora nosotros tenemos el de Greenwich para todas nuestras cartas.
Por tanto si los portulanos son cartas de marear y debido a la semejanza que presentan han de cumplir:

Los portulanos son el resultado de una o más proyecciones de una parte de la esfera terrestre sobre un plano.
Todos los portulanos presentan el mismo valor del grado en un círculo máximo terrestre (meridianos, Ecuador, ortodrómicas) de 360º de longitud
Todos los portulanos poseen el mismo sistema de referencia para situar puntos sobre la carta y sobre la esfera, lo que no significa que el punto inicial no varíe de un portulano a otro

Este es el punto de partida para todo el trabajo, ahora hace falta conocer cual era el valor del grado, la proyección o los tipos de proyección cartográfica, y el sistema de referencia que utilizaron los maestros cartógrafos para hacer las obras que nos han legado.
Ya Laguarda Trías escribió desde el Consejo Superior de Investigaciones Científicas:

...la relación entre las distancias de la carta y el valor de las mismas en la Tierra, son dignas de una atención que ningún tratadista actual le ha concedido..."[2]

Eso es lo que intento paliar con éste estudio.

El valor del grado terrestre
En principio debemos pensar que por tradición se utilizaba el llamado módulo de Ptolomeo que daba un valor de 500 estadios olímpicos a cada grado, lo que equivale a 50 millas náuticas actuales, así que las medidas sobre la carta, independientemente del tipo de proyección que se utilizase darían un valor 5/6 del real y cuando fuésemos a establecer la derrota sobre el mar tendríamos que multiplicar por ese valor lo medido, a no ser que los cartógrafos y sin saber por qué (la experiencia de los marinos) ya añadiesen a la escala de la carta esa corrección y se midiese, entonces, las auténticas distancias, ya que si las naves una vez recorridos los 5/6 de su derrota creyesen haber llegado al final y ver que todavía estaban en medio del mar, los portulanos no hubiesen servido como cartas de marear.

Si aceptamos que los portulanos son cartas de marear, las mediciones de las derrotas sobre los mismos (sean leguas millas o grados) deben corresponder a la distancia real con un valor del grado de 600 estadios, o lo que es lo mismo 60 millas náuticas por grado.

La cuestión es ¿ya se conocía el valor del módulo de 600 estadios, o simplemente era una corrección cartográfica debido a la experiencia de los marinos? En el siglo IX en la Escuela de Sabiduría de Bagdad el matemático Alfragano[3] midió el grado del circulo máximo obteniendo un valor de 56 ? millas (náuticas actuales), así que el módulo de Ptolomeo ya estaba superado, pero entonces también habría que seguir corrigiendo la escala para llevar a los marinos hasta su realidad de 60 el grado, el valor de corrección sería de 18/17 que equivale a dividir 60 por 56 ?. Pero eso nos lleva directamente al párrafo que escribió Colon sobre como confeccionó su carta:

Los espaçios de cada raya significan un grado, que e contado çincuenta y seis millas y dos terçios...[4]

En su carta el grado valía igual a las 56 ? millas náuticas, pero como la carta es una proyección, según la hipótesis inicial para que sea una carta de marear, significa que un arco de círculo máximo sobre la superficie terrestre se proyecta en la carta como una línea recta en la cual a cada valor de un grado de 60 millas sobre el arco, le corresponden 56 ? millas sobre la superficie terrestre. Porque de lo que no tenemos duda es que la carta que Colón dibujó a los Católicos era una carta de marear ya que así se lo solicitaron ambos. La cuestión es si ese valor es una invención colombina, o ya viene arrastrada de una tradición anterior que se remonta hasta Alfragano. Para ello vuelvo al párrafo de Colón:

"..Tolomeo que aporçionó los grados de la longitud con los del equinoçial, diziendo que tanto responde cuatro grados equinoçiales como çinco por paralelo de Rodas los treinta y seis grados..."[5]

El paralelo de Rodas está, efectivamente, a los 36º de latitud norte, lo que significa que las medidas realizadas sobre el Ecuador las tenemos que multiplicar por 0,8 para obtener su equivalente sobre el paralelo de Rodas y 0,8 es equivalente a 4/5 que escrito en forma de igualdad nos da:

0,8 millas sobre el Ecuador = 1 milla sobre el paralelo de Rodas

Desde la Antigüedad Clásica se sabe que:

0,8 millas de 600 estadios olímpicos[6] = 1 milla romana
0,8 millas de 10 estadios olímpicos = 1 mirra romana
0,8 millas náuticas actuales = 1 milla romana[7]

La semejanza entre la primera y la última ecuación es evidente, medir en millas náutica sobre el Ecuador es equivalente a medir en millas romanas sobre el paralelo de Rodas; el paralelo 36º N es el llamado eje del Mediterráneo por lo que midiendo en millas romanas sobre ese paralelo se podía conocer perfectamente la diferencia de longitud entre dos puntos, siempre y cuando el valor del grado sea de 60 millas de 10 estadios olímpicos (náuticas actuales) Con otro valor del grado también sería la diferencia de longitud, aunque errónea, y eso si hubiese sido verificable en tiempos de Ptolomeo midiendo distancias entre puertos conocidos, siempre y cuando se conociese como llevar la proyección de una zona esférica a una carta plana.
Colón nos asegura que Ptolomeo fue el que estableció esa relación entre la milla romana y su valor en un círculo máximo, pero lo más probable es que ya el alejandrino estuviese utilizando valores descubiertos con anterioridad y conocidos desde hacía tiempo, como es el caso de Marino de Tiro al que tanto denosta el alejandrino. Pero eso no hace mas que indicarnos que:

El valor de 60 millas de diez estadios olímpicos por grado para el círculo máximo terrestre podía haber sido conocido ya en la Antigüedad, y el valor de 56 ? de Alfragano no es más que la proyección sobre la carta plana de aquél.

La actual Geografía del bibliotecario es una traducción al latín de una copia en griego encontrada por Planudes,y es muy fácil observar que es una

Tabla de números griegos con y sin el error del desplazamiento del 0

retraducción del árabe al griego porque Ptolomeo jamás pudo utilizar un número desconocido en su época como lo era el 0, Todas las reconstrucciones de las proyecciones de Ptolomeo que se encuentran en los códices latinos, tienen como origen ese valor; Ptolomeo hubiese utilizado el 1 que es el valor que da al meridiano de las islas Afortunadas como origen de su eucumene y que aparecen separadas de ese valor de 0 por un grado en los mapas desarrollados por la Universidad de Ulm. Está claro que en la retraducción se desplazó el origen de los números griegos dando al valor ? la cifra árabe de 0 en lugar del 1 que es el que correspondía; como los númros griegos tenían su origen en el alfabeto ese desplazamiento hizo que la cifra ? pasase a tener el valor de 500 en lugar de los 600 que es su auténtico valor en el sistema numero griego. Y aquél error trajo como consecuencia que el módulo del grado pasase a ser de 500 en lugar de 600. Es una hipótesis, pero es inadmisible que se acepte que las proyecciones ptolemaicas comienzan con el valor de 0 y que las Afortunadas no estén directamente sobre el meridiano inicial de la eucumene.
Si Marino y Ptolomeo hubiesen utilizado el módulo de 600 estadios/grado el cálculo de la longitud mientras se navegaba hubiese sido elemental en cuanto se conocían las millas navegadas proyectadas sobre el eje del Mediterráneo, bastaba con dividir por 60 y se tenían directamente los grados navegados y el paralelo de Rodas hubiese cumplido efectívamente esa función de eje.
La última de las ecuaciones escritas es independiente de las líneas sobre las cuales midamos, matemáticamente siempre se cumple que por definición una milla romana son las cuatro quintas partes de una milla náutica, y ¿si mido

en millas romanas sobre la carta cuantas millas de Alfragano tendré sobre la carta?

1 milla romana = 4/5 millas náuticas amabas sobre la superficie terrestre
1 milla náutica = (56 2/3 : 60) millas de Afragano sobre la carta.

Sustituyendo el valor de la milla náutica de la ecuación inferior en la ecuación superior tendremos:

1 milla romana sobe la superficie terrestre = (4/5)*(56 2/3 : 60) millas de Alfragano sobre la carta.
1 milla romanas sobre la superficie terrestre ~ 3/4 millas sobre el plano
4 millas romanas sobre la superficie terrestre ~ 3 millas de Alfragano sobre la carta.

Es muy fácil comprobar mediante una calculadora que (4/5)*(56 2/3 : 60) vale aproximadamente 0,75 es decir 3/4
Y ahora es donde esa ecuación adopta un nuevo sentido:

1 legua de 4 millas romanas sobre la superficie terrestre, equivale a 1 legua de tres millas de Alfragano sobre la carta de marear.

Y aquí se puede apreciar el salto cualitativo en el sistema de medición, hemos pasado de millas a leguas, millas romanas o náuticas a leguas de 3 y leguas de 4, y se ve claramente que las leguas de 4 son, como decía Colón, de las que se usan en la mar, es decir las que medían los pilotos; mientras que las leguas de 3 eran utilizadas en las cartas de marear y su equivalencia sobre los círculos máximos del sistema de referencia del que escribiré más adelante.
Este es un concepto fundamental, leguas de a 3 millas (náuticas o de Alfragano) se entiende que están medidas sobre las cartas, mientras que la legua de a 4 es de millas romanas y la utilizada por los pilotos en sus navegaciones, así que cuando yo mido en un portulano una distancia en leguas, la he dibujado en leguas de a 3 millas de Alfragrano y la mido en leguas de 4 millas romanas sobre la superficie terrestre.
Esa es la relación que buscaba Laguarda Trías entre las líneas dibujadas en las cartas y su valor sobre la superficie terrestre que expuse en la Introducción de éste trabajo, es a la que yo he dado el nombre de Ley islámica de equivalencia de las leguas.
Y esa definición nos lleva directamente a Ramón Llull:

La navegació naix i se deriva de la Geometria i de l'Aritmètica, doncs la nau que a un temps donat es troba en un lloc, en un altre temps se troba en un altre lloc diferent. I, suposant que en el punt en el qual vénen a reunir- se els quatre angles aguts sia la tramuntana, o el port de la nau, i que la nau vol navegar vers Orient, anirà per Xaloc (Sureste) i quant vagi per la quarta milla, aquestes quatre milles gairebé no compten per Xaloc, sinó per Llevant... i quan la nau camini vuit milles, en direcció a Xaloc, no compten sinó sis per Orient"[8]
Voy a editarlo en castellano:

La navegación nace y se deriva de la Geometría y la Aritmética, porque la nave que en un momento se encuentra en un lugar, en otro momento se encuentra en un lugar diferente. Supongamos que situamos la Rosa de los Vientos en el puerto de la nave, y que la nave quiere navegar hacia el Oriente por el Sureste, cuando vaya por la cuarta milla, estas cuatro millas no deben ser contadas por el Sureste, si no por el Levante... y cuando la nave haya navegado ocho millas en la dirección del Sureste se cuentan seis por el Levante...

Tenemos, según el mallorquín, 8 millas romanas navegadas por el Surueste que pasan a ser 6 millas de Alfragano por el Levante, es decir, dos leguas en ambos casos; y aquí el franciscano nos da otra pista, el eje del Mediterráneo ha pasado a ser el Viento de Levante en la Rosa de los Vientos, es decir hemos cambiado de eje hemos pasado de un paralelo fijo, a una línea ortodrómica (perpendicular al meridiano) y ligada al puerto de salida; si hacemos caso a la tradición científica que dice que un descubrimiento nuevo no suele aparecer más que cuando se le necesita, parece evidente que los marinos ya no necesitaban el eje del Mediterráneo porque estaba "perdido". ellos ya estaban en el Océano Ïndico.

Como se puede ver es absolutamente erróneo afirmar que los navegantes no pudieron saber su posición en longitud. En la Edad Antigua les bastaba contar en millas romanas sobre el paralelo de Rodas, y en el Medievo en leguas de a 4 millas romanas sobre la línea de Levante del puerto de salida.

El sistema de referencia

El sistema de referencia cuatripolar de los portulanos.

Llull ya nos dejó claro el sustituto del eje del Mediiterráneo, ahora el nuevo eje horizontal es el viento de Levante (o de Poniente) sobre el que se dibujan las leguas en la carta y se miden sobre la superficie terrestre, el viento de Levante-Poniente es un círculo máximo (con lo que el valor de los grados o millas o leguas es idéntico que en el Ecuador o en cualquier meridiano) perpendicular al meridiano del puerto de salida de la nave, justo en ese punto.[9]

En principio parece un sistema[10] "complicado" pero al fín y al cabo es como si girásemos 90º los meridianos desde el punto de intersección del meridiano del puerto de salida con el Ecuador, y es un sistema completamente simétrico y que nos va a permitir mediante la misma gráfica calcular la posición en longitud y latitud mientras se navega. Las líneas que unen los polos Norte y Sur recibían el nombre de líneas Norte-Sur, ya que la palabra meridiano no apareció hasta más tarde, como se puede ver por ejemplo en la bula Inter Caetera que establece la línea de división de la Mar Océana (y sus tierras) entre Castilla y Portugal; las líneas Este-Oeste Colón las denomina lestegüeste, sobre ese eje lestegüeste que para Colón era el paralelo de la Gomera es donde se cuentan las leguas de 3 millas de Alfragano y por tanto donde se va proyectando la derrota de la nave según se va navegando.

El cálculo de la longitud mientras se navega.

Al se un sistema simétrico un cálculo idéntico al señalado en el dibujo se puede utilizar para conocer la latitud local y así contrastar el valor calculado mediante el medido por astrolabios o cuadrantes, y confirmar la bondad de la estima en el trazado de la derrota.

Evidentemente estamos ante una ecuación islámica, porque yo la he escrito en las matemáticas que conozco, la ecuación llevada a la época de Ptolomeo se deriva del llamado teorema de Menelao y del teorema que hoy llamamos del coseno, ambos conocidos pero lo que ya no era conocido era la resolución de un sistema de dos ecuaciones lineales con dos incógnitas (algo absolutamente necesario para obtener esa ecuación) cuyo método resolutorio debemos a Al Khwarizmi, compañero de Alfragano en la Escuela de Sabiduría de Bagdad. Estamos pues ante una matemática absolutamente islámica que se aplica a los portulanos sin que pueda haber sido aplicada por Marino o Ptolomeo a no ser que aquellos que han aplicado el valor del 0 al primer meridiano ptolemaico puedan explicarnos como resolvió el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas.

Los portulanos se corresponden con la matemática islámica y no pueden ser anteriores a la Escuela de Sabiduría de Bagdad

El cálculo de la pendiente de la recta del puerto de salida

La ecuación de las tangentes que se ve en la figura anterior es una ecuación lineal del tipo:

$$y = kx$$

Donde:

k = 17(coseno (latitud del puerto de partida))
x = tgt(longitud de occidente)
y = tgt(longitud)

Lo primero es dibujar la pendiente de la recta del puerto de salida que será fija para toda la derrota, que es lo que hago en la imagen de la izquierda.

En un cuadrante dibujo una circunferencia de radio cualquiera, pero que considero que vale la unidad; busco el ángulo de la latitud del puerto de salida, y su coseno que estará sobre el eje horizontal; por ese coseno levanto una perpendicular al je hasta que alcance el valor de 1, uno ese punto con el centro de la circunferencia y ya tengo dibujada la recta de la pendiente que me va a resolver la ecuación para cualquier punto.

El cálculo de la longitud.

El segundo cálculo es casi tan sencillo como el anterior, en primer lugar hay que trazar sobre el eje OX la tangente del ángulo de la longitud de occidente, ese valor se lleva sobre la recta de la pendiente y se obtiene el valor de la tangente de la longitud sobre el eje OY, y conocida la tangente el ángulo se dibuja muy fácilmente.

En definitiva los pilotos del Índico no necesitaban saber cálculos matemáticos para determinar su posición en longitud y latitud (al ser un sistema simétrico lo estudiado para éste cálculo se aplica igual para la latitud girando 90º el polo) si es que tenían algún interés especial en conocer esos parámetros porque bastaba con medir sobre la carta y en el viento de Levante la distancia navegada para conocer su posición.

Por ejemplo, en el estudio que he realizado sobre la Carta Pisana, la distancia en leguas de a tres millas de Alfragano entre Tortosa del Ebro y Tortosa de Ultramar, es de 541, mientras que la distancia real en leguas de 4 millas romanas es de 529, un diferencia de 12 leguas perfectamente asumible por las imperfecciones con las que nos ha llegado el pergamino y por el hecho de que 0,8 x 56 2/3 : 60 no es exactamente igual a 3/4 si no a 34/45 que son 0,7555.

Éste sistema de referencia tiene muchas ventajas, en primer lugar que todas las líneas del sistema tienen exactamente la misma longitud, lo que significa que si por cualquiera de ellas se mide una cantidad como por ejemplo 500 leguas sobre una línea lestegüeste, ese valor es el mismo en el Ecuador que en cualquiera de las otras lo que, teóricamente,

Las líneas verticales de los portulanos

facilita la representación en un sistema de cuadrículas, porque trazada una línea perpendicular al Ecuador a 500 leguas del origen todas las líneas horizontales que se dibujen tendrán en el punto de intersección con la línea vertical un valor de 500 leguas, lo que lleva a una deformación de la imagen del mapa como vemos en la figura; dados dos puntos que, cada uno de ellos sobre su línea lestegüeste, disten lo mismo del meridiano inicial, ambos puntos no coinciden en el mismo meridiano, pero sí en la misma recta vertical de éste sistema de referencia. Pero ya sabemos que en los portulanos no aparecen líneas verticales u horizontales.

No es de extrañar que Ecker, Stevenson y Nordenskiöld, tras ponerse a medir distancias en distintos portulanos llegasen a la conclusión de que no existían proyecciones en ellos[11] porque en función del punto de origen que cada uno de ellos posea para su sistema de referencia las distancias varían y, desde luego, ni se aproximan a los valores de latitud y longitud que implícitamente es lo que ellos admitían, como referencia, en su búsqueda. Lo que si se puede afirmar con respecto a él, es que:

El sistema de referencia de líneas Norte-Sur y Este-Oeste es un sistema islámico por el nivel de cálculos matemáticos que conlleva".

La medición del valor del grado de Eratóstenes

Uno de los mejores cuentos de "Las mil y una noches" que se debió desprender del original y quedar "enganchado" en algún clásico griego es este que nos narra como conociendo Eratóstenes que en Sienne (Asuán) el día del equinoccio el sol a mediodía no daba sombra en un pozo, mientras que en ese mismo día, y en Alejandría un menhir daba una sombra de una longitud mensurable, se

El "meridiano" Sienne-Alejandría

aprestó a medir la longitud del grado del círculo máximo de la Tierra. Merced a un gnomón midió que el ángulo que se formaba en la sombra era de 1/50 de circunferencia, y conociendo mediante unas mediciones no explicadas suficientemente que la distancia ortodrómica (el equivalente en el plano "en línea recta") entre ambas ciudades era de 5.000 estadios porque estaban en el mismo meridiano, dedujo que toda la longitud completa del círculo era de 50.000 x 50 = 250.000 a los que posteriormente añadió 2.000 estadios para así "cuadrar" el valor con el de 700 estadios por grado. ¡Increíble!

5.000 estadios dividido por 700 estadios por grado nos da un valor para la diferencia de latitudes entre Sienne y Alejandría de 7,14º y el 1/50 de la circunferencia nos da 7,2º. Hasta ahí todo perfecto, pero según Ptolomeo la diferencia de latitud entre ambas ciudades es de alrededor de 3º[12] ¿Cómo es que el cálculo de Eratóstenes no paso a Ptolomeo, y quedó un valor erróneo de esa diferencia de latitudes, habiendo sido ambos Bibliotecario de Alejandría? Hay una explicación muy sencilla, Ese valor de 7,2º no quedó registrado en la Biblioteca puesto que si se hubiese registrado habría llegado a Ptolomeo. Pero aún hay más; Eratóstenes era un científico absolutamente riguroso y cuando hubiese presentado ese valor a sus discípulos éstos le habrían exigido que explicase como había calculado la igualdad meridiana entre Sienne y Alejandría (lo cual es falso) y cual había sido el cálculo para establecer los 5.000 estadios. Los discípulos del hombre que determinó con enorme precisión la inclinación de la eclíptica no hubiesen admitido esa explicación que ha llegado hasta nosotros.

La figura anterior nos muestras como si utilizamos un sistema de referencia como el que estoy explicando, Sienne y Alejandría quedaría sobre un mapa sobre la misma vertical, así que el narrador de la historia, viendo el mapa y sin entender como estaba confeccionado asigno a ambas ciudades el mismo meridiano. Y aún hay más, la diferencia de latitudes entre Sienne y Alejandría es realmente de unos 7,2º así que si asigno el valor de 700 estadios por grado al círculo máximo obtengo como diferencia entre ambas ciudades un valor de 5.040 estadios, próximos a los 5.000 que nos da

El valor de 700 estadios

como medida el narrador, y al que posteriormente añade esos 40 estadios por grado adicionales para "vendernos" que el riguroso científico de Alejandría "cuadró" a los 700 estadios con los que él realmente había inventado su historia. Ese "añadido" es absolutamente opuesto al rigor necesario para los estudios que a lo largo de toda su vida realizó el bibliotecario, y por supuesto, sus discípulos tampoco lo hubiesen admitido como ciencia.

Pero también resulta muy sencillo deducir de donde obtuvo el narrador ese valor de 700 estadios/grado, Ptolomeo nos dice que a 400 estadios por el paralelo de Rodas le corresponden 500 estadios en el círculo máximo, el mismo cálculo nos permite establecer que a 600 estadios por el paralelo de Alejandría le corresponden 700 por el Ecuador, ahí están tofod los componente que permitieron establecer el bonito cuento que todavía se considera como base de las mediciones del grado de círculo máximo terrestre. Pero al utilizar un mapa donde Sienne y Alejandría estaban en el mismo "meridiano" ya nos está revelando el origen musulmán del inventor del cuento.

Porque los griegos jamás hubiesen utilizado el arco de meridiano para el cálculo de la longitud del círculo máximo; los griegos eran maestros en la construcción de clepsidras (relojes de agua) y de astrolabios; además no sabían calcular el ángulo existente entre dos meridianos cualesquiera, por lo que utilizarían el método indirecto de medir la hora en distintos puntos independientemente de su latitud, ya que lo que alinea la hora es el meridiano y dos ciudades en el mismo meridiano, marcan siempre la misma hora solar; calibrando un reloj que marque siempre la hora del punto inicial y llevándolo a un punto de la misma latitud y suficientemente alejado se sabe en el día del equinoccio la diferencia de hora entre el amanecer en el punto de salida (hora 1 de la clepsidra) y la hora de salida del sol en el punto donde se sitúa el reloj de agua. Conocida la diferencia de horas se saben los grados entre ambos meridianos, y conocido el paralelo donde están situados se calcula el valor de esos grados sobre el Ecuador. Con astrolabios y relojes la tecnología estaba muy capacitada para medir el "tamaño del mundo" por eso no fue casualidad que:

Un estadio olímpico es la décima parte de un minuto de arco de círculo máximo".

Esa definición que no nos ha llegado formulada teóricamente pero que ha sido constatada en multitud de ocasiones implica el conocimiento del valor del grado en el meridiano o en el Ecuador, por que, repito, en la ciencia y en la tecnología los "descubrimientos" aparecen cuando se necesitan.

Ahora es fácilmente comprensible el por qué durante la Antigüedad se utilizaba un sistema de longitudes-latitudes para situar los puntos sobre la superficie terrestre, un sistema que además era my válido para la navegación mediterránea, pero cuando se quiso abordar el problema de atravesar el Índico no había forma de medir por un parlero la diferencia horaria, así que hubo, necesariamente, que buscar un sistema de referencia distinto y como la Escuela de Sabiduría de Bagdad había proporcionado la base matemática necesaria y suficiente par ael cálculo con coordenadas cuatripolares, el nuevo sistema de referencia pasó a ser el de uso común.

Como ya existían mapas del Mediterráneo anteriores a esas coordenadas la teoría de que los portulanos parten todos de un mapa común elaborado en la Antigüedad parece tener sentido[13], pero para ello las coordenadas de los portulanos deberían estar en un sistema de meridianos y paralelos y eso no es así puesto que como ya expliqué con anterioridad tras mucho medir sobre ellos algunos autores llegaron a la conclusión de que no existía ningún tipo de proyección, por lo que la única posibilidad de obtener la semejanza encontrada entre los portulanos es la teoría de Nordenskiöld. Los portulanos proceden de una única carta conocida como el portulano ideal[14], lo que lleva a preguntarnos por qué para un mar tan conocido como era el Mediterráneo y del que se tenían cartas se cambiaron todas las coordenadas para establecer un mapa tipo portulano, y sólo hay una respuesta: el desarrollo de la navegación como consecuencia del establecimiento del Reino de Ultramar obligó a buscar una máxima eficiencia y un mínimo de tiempo en los viajes, atravesando el mar en lugar de cabotearlo y, evidentemente, sólo alguien que conociese profundamente las técnicas islámicas de cartografía pudo realizar ese trabajo de transformación de coordenadas y llevar esos conocimientos (aunque secretos en sus fundamentos) a la Cristiandad lo que supuso para aquellos que aprendieron a utilizar esas técnicas de navegación unos beneficios extraordinarios pero los que las enseñaron no se quedaron atrás en el reparto.

La proyección de los portulanos. La brújula

El sistema de proyección que se utiliza para elaborar un portulano tiene mucha semejanza con el sistema de proyección que se utiliza para confeccionar un astrolabio; en un astrolabio se elige un punto sobre la superficie de la tierra y se hace pasar por él un plano tangente a la esfera en ese punto. Por ese punto se traza una perpendicular al plano y se lleva hasta que esa recta corta a la superficie terrestre en el punto diametralmente opuesto, y ese punto es el llamado dentro de proyección, la recta eje de proyección y el plano plano de proyección y esa proyección es conocida como proyección estereográfica.

El desarrollo de un balón de fútbol

En un portulano, el plano de proyección es secante (corta a la superficie terrestre dejando a un lado de él un casquete esférico) y el centro de proyección es el centro de la Tierra, pero un portulano no está compuesto por una única proyección si no que normalmente se utilizan dos proyecciones para su confección; y para poder entenderlo mejor y hacerse un representación muy aproximada a la realidad lo mejor es imaginar un balón de fútbol.
Un balón está formado por distintas piezas poligonales cosidas en determinada posición de tal forma que en una primera costura tenemos una superficie completamente plana; cuando se le da la segunda costura y se le añade el aire en su interior, el conjunto forma una esfera perfecta. En la imagen de la izquierda tenemos una de las partes d esa costura inicial, y si tomamos los polígonos de dos en dos, tenemos dos opciones una primera en la que los dos polígonos están cosidos y eso nos llevaría a un portulano del "Tipo 1" que podríamos considerar como dos círculos secantes y que se superponen; el ejemplo lo tenemos en el Atlas de Cresques de 1375 con las Tablas IV y V.
Sin embargo, el portulano de dos proyecciones más frecuente es el portulano del Tipo 2, que siguiendo con el ejemplo del balón de fútbol implica que los dos polígonos no estén cosidos inicialmente si no que se cosen en la segundo costura con lo que forman entre ellos un ángulo que como se ve en la imagen hace que a diferencia de los anteriores su ejes no queden paralelos. Y eso es lo difícil de detectar a posteriori en un portulano donde únicamente se ve la imagen del mapa.

La proyección cónica de los portulanos

La imagen de la izquierda muestra una imagen de como es la proyección cónica que se utiliza en los portulanos, esta proyección fue presentada junto con el sistema de coordenadas en el Congreso el V Centenario de la muerte del Almirante[15]junto con el sistema de coordenadas y un estudio muy detallado de las propiedades matemáticas se en encuentra en la referencia a pié de página[16].

La relación entre el arco y la cuerda en la proyección cónica de los portulanos

La figura de la derecha nos detalla la relación entre el arco y la cuerda de esa proyección cónica; en los portulanos se cumple que para un arco de 60 millas náuticas su proyección sobre la carta plana es la de una 56 ? millas, es decir que las millas sobre la superficie de la Tierra son millas de Alfragano sobre la carta de marear, y eso significa que:

coeficiente de la proyección = k = 56 ? /60 = 14 1/6 / 15 = 17/18

Y lo que es más importante, el ángulo de la línea generatriz del cono con el eje de rotación es de 33º ?.
Eso significa que entre el eje de proyección y el límite del cono hay un ángulo de ese valor y que al trasladar a una carta plana las líneas Norte Sur del casquete esférico, en la carta permanecen paralelas, pero en la realidad el Norte

que marca una línea situada en el extremo del como está desviado con respecto al Norte del centro de proyección 33º ?, por lo que en la navegación real habrá que ir corrigiendo el Norte sobre la carta periódicamente., y en la carta utilizar más de una proyección para cubrir trayectos amplios tal y como ocurre con el balón de fútbol. Y es en esa corrección donde la brújula adquiere un significado importante, porque evitó a los pilotos el cálculo del Norte real (aunque se hiciese por métodos gráficos) Y ahora viene la pregunta del millón ¿El portulano ideal estaba confeccionado con el Norte Magnético o con el Norte Real? No lo podemos saber, porque carecemos de los mapas de isoclinas de esa época y ni siquiera sabemos la fecha de confección de ese portulano ideal, por sencillez en el cálculo podemos suponer que se confeccionó con el Norte Real, y que cuando se introdujo la brújula se corregía el valor del Norte para el propio puerto de salida, al confeccionar la carta de marear.

Determinación del Norte en la derrota de los portulanos.

La figura de la izquierda nos ayuda a entender esta situación, supongamos que queremos navegar desde el cabo de la Nao (aproximadamente sobre el meridiano de Greenwich) hasta Durres en Albania, y que tenemos una proyección cuyo centro es precisamente ese cabo, la carta va a marcar como valor del Norte para todas la líneas Norte-Sur el Norte de Greenwich, pero el valor del Norte en el puerto de destino presente una desviación de aproximadamente 13º por lo que el Norte real no se corresponde con el de la carta; a lo largo de la derrota (se cual sea la que hayamos dibujado) esa variación del Norte influirá en el ángulo que hay que proporcionar a las velas para desplazarse por la línea de derrota marcada, que está relacionado, a su vez, con el viento que sopla, así que un cambio de viento significa una maniobra con el velamen, y si el ángulo proporcionado no es el correcto la desviación con respecto a la derrota teórica está asegurada. Esa variación de la dirección en el Norte de la carta en el momento que se ha de variar el ángulo de las velas es calculable matemáticamente, pero un brújula en la que el norte del puerto de partida quede marcado fijo en un aro exterior nos da inmediata lectura de la correción a efectuar sin necesidad de cálculo alguno.
¿Cuándo hay que cambiar el norte que señala la carta y utilizar el norte real? Cuando se cambia el viento de la derrota, porque el ángulo que nos marca la carta de navegar para ese nuevo viento con respecto al antiguo es el ángulo que ambos vientos forman con el norte orientado al Norte de la carta de marear y no con respecto al Norte real.

Los portulanos, la navegación y las cartas de marear.
Los portulanos que conocemos no son cartas de marear no sirven para ser utilizados como tales.

Esto, que parece una afirmación rotunda está basado en las condiciones que conocemos de la navegación medieval; la primera es que se debe de cumplir lo que yo he llamado la ley islámica de la equivalencia de las leguas y para eso se debe medir sobre el viento Este-Oeste que cruza el puerto de salida, tras como nos lo recordaba Llull:

La navegación nace y se deriva de la Geometría y la Aritmética, porque la nave que en un momento se encuentra en un lugar, en otro momento se encuentra en un lugar diferente. Supongamos que situamos la Rosa de los Vientos en el puerto de la nave, y que la nave quiere navegar hacia el Oriente por el Sureste, cuando vaya por la cuarta milla, estas cuatro millas no deben ser contadas por el Sureste, si no por el Levante... y cuando la nave haya navegado ocho millas en la dirección del Sureste se cuentan seis por el Levante...[17]

Como confeccionar una carta medieval de navegación (1)

Eso significa que el meridiano básico de la carta de navegación es el del puerto de salida, en un portulano hay multitud de posibles puertos de salida, y su meridiano real no es el que aparece en la carta, porque no sabemos con respecto a qué meridiano estaba orientada la carta cuando se confeccionó, además se debe de contar siempre la distancia navegada sobre el viento de Levante del puerto de salida, pero elegido uno cualquiera no siempre se dará el caso de que el puerto de llegada esté exactamente en ese viento. Por ejemplo se podía navegar a San Juan de Acre desde Marsella o desde Alicante, y el puerto de destino no está en el Levante de ninguno de esos puertos.

Un ejemplo clarificador se puede estudiar en La carta Pisana, que aunque parece un portulano la realidad es que el segundo círculo de viento está girado desde el ombligo para obligar a que Tortosa de Ultramar quede en el Levante de Tortosa del Ebro. Una vez realizada esta modificación todo el mapa del oriente del Mediterráneo se ha deformado y no se pueden establecer correctamente las situaciones del resto de puertos de ese círculo de vientos, por lo que la Carta deja de servir como mapa geográfico y queda exclusivamente como carta de navegación entre esos puertos.

Con todas estas condiciones un portulano podría ser una base cartográfica para sobre ella trazar cartas de marear que posteriormente serían vendidas a los clientes que las solicitasen, lo que significaría que bastaría situar sobre el mapa los puertos de tráfico comercial y las costas, y no la cantidad de información que contienen los portulanos que conocemos; además las "cartas de marear" deducidas de los portulanos son perfectas simplemente para cruzar el Mediterráneo sin escalas, directo desde un puerto de partida hasta el de arribada; y ese gran boom comercial se produjo durante la existencia del Reino de Ultramar, así que los auténticos portulanos nacieron como consecuencia de esa necesidad de incrementar el comercio de una forma más barata , eficiente y rápida, lo que a su vez daría origen a las mejoras tecnológicas de naves y puertos, y no al revés. Todos los portulanos que tenemos en la actualidad son posteriores a la desaparición del Reino de Ultramar y de ese tráfico comercial, por lo que parece que los maestros cartógrafos dejaron de hacer (salvo excepciones que no conocemos) cartas de navegación y se dedicaron a la geografía política como elemento de información de magnates, de ahí que se hayan conservado muchos de esos trabajos, y las teóricas inexactitudes de las escalas que son dibujadas de forma manual porque el hecho de medir las distancias admitía un margen de error que no hubiese sido deseable en una buena carta, basta ver los astrolabios medievales para comprobar el nivel de precisión que existía en la época trazando líneas equidistantes sobre una regla metálica (curva en los astrolabios) por lo que los instrumentos de dibujo y medida de los maestros cartógrafos estarían dotados de la misma exactitud, precisión que utilizarían, por necesidad, en el dibujo de las cartas.

Como confeccionar una carta medieval de navegación (2)

La forma en que se confeccionan las "cartas de marear" medievales en base a lo que hoy conocemos como portulano nos la proporciona el geógrafo tangerino de la segunda mitad del siglo XIV Ibn Jaldún:

La navegación de los barcos se guía, en efecto, por los vientos y por el conocimiento de los puntos desde donde soplan y de los países a que se puede llegar, si se sigue en línea recta la dirección de dichos vientos. Cuando varía el viento si se sabe adonde se llega en línea recta, se orientan las velas en esa dirección, dándoles la inclinación precisa para guiar el navio, según normas conocidas por los nautas y marineros que son patrones de las naves".[18]

Sobre la carta plana, las derrotas están constituidas por rectas por lo que sobre la superficie terrestre han de ser arcos de ortodrómicas, y además todos los arcos deben tener el mismo coeficiente de proyección, se ha de conocer el punto desde donde "sopla" el viento; pero el musulmán está describiendo una carta plana por lo que no puede "soplar" el viento si no nacer: de un nudo de vientos del círculo de vientos en el que se está trazando la derrota. Cuando varía el viento..., el viento varía debido a ceñidas en la derrota para alcanzar otro punto, es decir se cambia de viento de navegación, excepto cuando se cambia el Norte de la "carta de marear".

Esa es una cuestión fundamental en los portulanos y que permitió la travesía del Mediterráneo; Desde Gibraltar hasta las costas de Asia Menor puede haber unos 40º de diferencia de longitud, como en las cartas deducidas de los portulanos cualquier línea vertida debe señalar al Norte (verdadero o magnético, da lo mismo) entre los extremos, las líneas de la carta serían paralelas mientras que en la realidad formaría un ángulo de 40º. Por eso los cartógrafos ponían dos círculos de vientos, en el primero se navegaba con el norte (y el círculo de vientos) del puerto de salida, pero a partir del meridiano del "ombligo" (punto de tangencia de ambos círculos de vientos) el cartógrafo ya utilizaba en la carta el valor corregido del N para ese meridiano, con lo que las derrotas trazadas en la carta ya no se referían al

norte del meridiano del puerto de salida, si no al norte de ese otro meridiano. Los navegantes no tenían más que adaptar el norte de acuerdo con la brújula la cruzar ese punto y hacer la maniobra necesaria con las velas. Eso es lo que nos ha narrado el geógrafo musulmán.

Todo el proceso para trazar una "carta de marear" desde un portulano, lo he representado en las imágenes de ambos lados del texto.

Llull nos explicaba que cuando se navegaban 2 leguas de 4 millas romanas en cualquier dirección, se representaban con 2 leguas de 3 millas de Alfragano en el viento Este de la carta, pero eso no era exactamente así; hemos visto como se construye una carta, si el portulano está dibujado en leguas de 3 millas de Alfragano, la carta de marear se puede leer perfectamente en leguas de 4 millas romanas, ya que el valor de ambas leguas es el mismo; y ese era otro de los grandes secretos de los maestros Cartógrafos (el primero el tamaño de la Tierra) ellos siempre entregaban las cartas para que sus clientes midiesen distancias sobre el viento de Levante en leguas de 4 millas romanas, al igual que las que utilizaban en la navegación, pero el portulano estaba dibujado en leguas de 3 millas de Alfragano; eso significa que un grado sobre la superficie terrestre los dividían en leguas de 3 millas náuticas, y lo proyectaban de tal forma que esas 60 millas se medían como 56 2/3 sobre la carta.

Las escalas de los portulanos no son más que la relación entre la unidad de medida en los dibujos (los que yo he estudiado dedos de Al Mamun) y la cantidad de leguas (de un tipo u otro) que abarca esa unidad de dibujo. Exactamente igual que en la actualidad donde sustituimos las leguas por kilómetros.

Los portulanos y la Orden del Temple

Resta una cuestión importante ¿quién elaboró el portulano prototipo de Nordenskiöld? Ya he explicado que en la Antigüedad se utilizaba un sistema de coordenadas semejante al nuestro de meridianos y paralelos, y que fueron las matemáticas islámicas de la Escuela de Sabiduría de Bagdad las que, probablemente por la necesidad de atravesar el Índico, elaboraron la proyección cónica y las coordenadas cuatripolares. ¿Quién construyó el primer mapa del Mediterráneo con esa proyección y ese sistema de coordenadas? Lógicamente tuvieron que ser cartógrafos y matemáticos musulmanes. ¿lo hicieron de motu propio, o fue un encargo? Si lo hicieron de motu propio ¿cómo llegó esa carta a las Cristiandad? si fue un encargo ¿Como sabía aquél que lo encargó cómo debía utilizarlo?.

Evidentemente no se puede contestar a esas preguntas con los documentos que conocemos (la expresión correcta sería que yo no puedo contestar con mis conocimientos actuales) pero sí sabemos quién obtuvo la primacía de la navegación comercial del Mediterráneo: la Orden del Temple, y no deja de ser curioso que los portulanos "políticos" (los que han llegado hasta nosotros) sean posteriores a la caída de San Juan de Acre y, por tanto, al final de la navegación comercial hasta el Reino de Ultramar. Es como si los portulanos auténticos hubiesen sido un "secreto" de la Orden que tras su arresto comenzó a divulgarse y adaptarse a las nuevas necesidades, es medir el efecto y asignar la causa a la creación de los portulanos y su asimilación por la Orden. Tampoco tiene nada de extraño ya que los que trabajaron para ella desarrollaron los elementos más innovadores de la época, desde la construcción a la agricultura pasando por la economía o la construcción naval ¿por qué no la cartografía? Es algo que podemos asimilar perfectamente, que fue la Orden la que introdujo la cartografía de portulanos en la Cristiandad, aunque no podamos explicar el como.

Una segunda cuestión, los cartógrafos mallorquines conocían perfectamente la derrota para llegar al lago de Maracaibo[19] ¿La conocían por haberla toma de la Orden, o la Orden la aprendió de ellos si es que llegó a conocerla?

Si alguien podía saber como atravesar el Atlántico eran los navegantes musulmanes por su experiencia en cruzar el Índico, y sus avances cartográficos, pero lógicamente no iban a partir de las costas de Asia Menor o a bordear África para llegar al Caribe, debía salir de los puertos que el Califato de Córdoba poseía en el Atlántico, arribar hasta Canarias y desde allí seguir la derrota que nos marca Cresques, así que Al-Andalus tiene la mayor cantidad de papeletas para haber sido la pionera de los viajes a América, pero si hubo esos viajes no fueron al estilo de los del siglo XVI, primero por la dificultad de arribar exactamente al mismo lugar; segundo por las vicisitudes políticas del Califato, y tercero porque ni en América ni en Canarias hay restos arqueológicos que permitan afirmar una ocupación continua, por lo que de haberlos habido, fueron viajes ocasionales y no en demasiada cantidad. En America tenemos leyenda sobre la llegada de dioses en naves y que poco después desaparecieron. Hay que desechar la idea de grandes "importaciones" a la civilización occidental (Cristiandad e Islam) de plata, oro u otros materiales en grandes cantidades.

Y lo mismo ocurre con la Orden del Temple, con un agravante, la Orden tenía una regla muy estricta y sus caballeros y sargentos estaban dedicados a la Orden, aunque a su alrededor promovían la generación de riqueza, no "encaja" en la mentalidad de los ordenados no dedicarse al ejercicio de la guerra o de la oración, así que si viajaron al continente americano no fueron ellos, podrían haber sido naves de su propiedad bajo el mando de expertos capitanes mediterráneos que saliesen de exploración, pero la Orden no tuvo el tiempo suficiente como para poder desarrollar una ruta comercial hasta América.

Referencias

Jump up ? Ecker, Stevenson y Nordenskiöld según Laguarda Trías. Rolando. La aportación científica de mallorquines y portugueses a la cartografía náutica en los siglos XIV al XVI. Madrid 1964. p. 15 nota al pie (2)
Jump up ? Laguarda Trías. Rolando. La aportación científica de mallorquines y portugueses a la cartografía náutica en los siglos XIV al XVI. Madrid 1964. p. 15
Jump up ? Laguarda Trías. Rolando. La aportación científica de mallorquines y portugueses a la cartografía náutica en los siglos XIV al XVI. Madrid 1964. p. 30
Jump up ? Colón, Cristóbal. Textos y documentos completos. Nuevas cartas. Edición de Gil, Juan y Varela, Consuelo. Madrid. Alianza 1995; pgns 239-240
Jump up ? Colón, Cristóbal. Textos y documentos completos. Nuevas cartas. Edición de Gil, Juan y Varela, Consuelo. Madrid. Alianza 1995; pgns 240
Jump up ? El valor del estadio olímpico no fue determinado con exactitud hasta medir las marcas dejadas por las crecidas del Nilo y resultó ser aproximadamente la décima parte de una milla náutica. GARCÍA FRANCO, Salvador: La legua Náutica en la Edad Media, Madrid: Instituto Histórico de Marina, 1957 p. 26
Jump up ? GARCÍA FRANCO, Salvador: La legua Náutica en la Edad Media, Madrid: Instituto Histórico de Marina, 1957 p.29 Cuadro de equivalencias de las unidades antiguas, valor del grado en estadios olímpicos.
Jump up ? SUREDA BLANES, JOSEP: Ramon Llull i l'origen de la cartografía mallorquina, Barcelona, Rafael Dalmau Editor, 1969, pp. 38
Jump up ? Este sistema de coordenadas fue presentado en el Congreso internacional V centenario de la muerte del Almirante Valladolid. Mayo 2006, y en el Tomo II de las Actas se encuentra la ponencia Hurtado García. José Antonio. La longitud del occidente y la latitud del equinoccial: un sistema de coordenadas geográficas, ortogonal, inédito.
Jump up ? El tema de la proyección también fue presentado en el Congreso internacional V centenario de la muerte del Almirante Valladolid. Mayo 2006, y en el Tomo II de las Actas se encuentra la ponencia Hurtado García, José Antonio. La longitud del occidente y la latitud del equinoccial: un sistema de coordenadas geográficas, ortogonal, inédito.
Jump up ? Ver nota 1
Jump up ? Ptolomeus, Claudius: Cosmography. Latin Codex Library of the University of Valencia. Valencia: Departamento de Historia y Documentación de la Universidad de Valencia, 1984.
Jump up ? Laguarda Trías, Rolando."Estudios de cartología. Madrid 1981. p 21-25
Jump up ? Referencia anterior
Jump up ? Ver referencia 9
Jump up ? Robles Macías, Luis A. "Coordinates, Serie A, nº 9, mayo 24, 2010. Juan de la Cosa's Projection: A Fresh Analysis of the Earliest Preserved Map Of the Américas y en castellano en La proyección de Juan de la Cosa
Jump up ? Ver referencia 8
Jump up ? Serra Rafols. Elías. Revista de Historia Universidad de la Laguna Facultad de Filosofía y Letras. Tomo XV, Año XXII, Números 86 y 87. p 171-172
Jump up ? ver La ruta TeIDe en esta Wikiversidad