

Jorge Arias de Greiff\*

## DESAFIOS QUE EL DESCUBRIMIENTO DE AMERICA LE PRESENTO A LA ASTRONOMIA

El tema hubiera sido "Los desafíos que el descubrimiento de América le presentó a las Ciencias", en parte para demostrar dos cosas: Por un lado que la ciencia se desarrolla cuando existe una necesidad de hacer las cosas y una segunda, que suele en una forma casi permanente insistir en lo contrario.

Siempre, en todas las épocas, y ésta es una demagogia científica, se quiere hacer creer que todo viene de la ciencia, que la ciencia está primero y después se aprovecha o se utiliza. En este momento la ciencia se ha convertido en uno de los legitimadores de los grandes poderes internacionales y entonces se generaliza esa idea, pero si uno mira las cosas con algún detalle se da cuenta que lo que ocurre es lo contrario. Y el objetivo de la charla es intentar convencerlos de esta otra tesis.

Tenemos que hablar de cómo era la navegación en los días previos al descubrimiento de América, o sea en los días anteriores a Colón. Entonces, la navegación se había desarrollado en el Mar Mediterráneo como una navegación postbrújula, es decir con rumbo y distancia; el rumbo lo daba la brújula y la distancia la estimaba el navegante mirando volar pajarracos, observando pedazos de hojas en el mar. Eran medidas rudimentarias. El recorrido del día se definía por el rumbo que seguía la nave y se estimaba en leguas. De todo ello surgía lo que se llamaba "El punto de fantasía"; es decir, sabían que era una cosa puramente estimada. En un mar tranquilo y de distancias cortas como el Mediterráneo, los "errores de fantasía" no constituyan problema pues no era mucho lo que importaba un día más de navegación para llegar al otro lado. Las distancias no eran muy grandes. Esta era una navegación que se hacía fundamentalmente con base en la brújula.

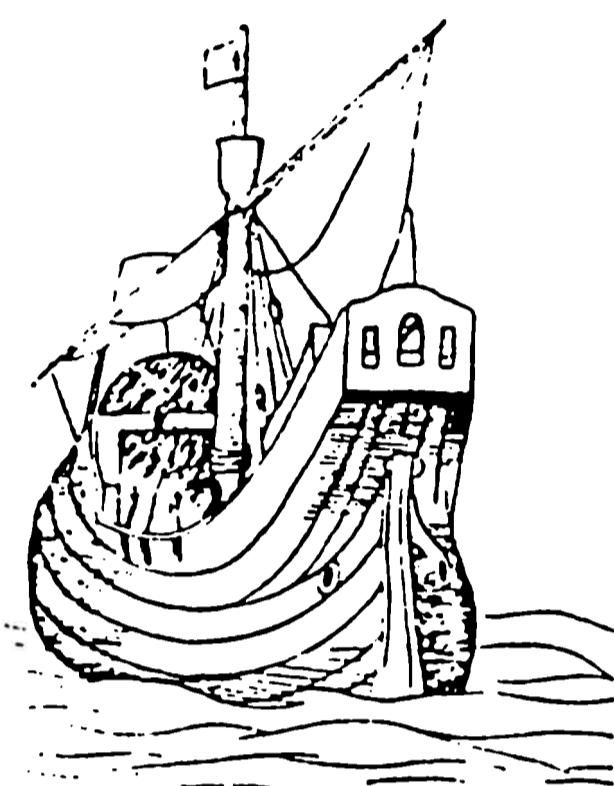


Posteriormente, más que todo los navegantes africanos y árabes, que atraviesan el Océano Índico, que van de las costas de África a la India, navegan siguiendo el paralelo por la altura de la Estrella Polar. Para ir a la India saben que deben ir a un sitio que está en el mismo paralelo y después utilizan una especie de rectángulo de madera que tiene adherida en el centro una pita; miran en dirección del norte y la ponen de tal modo que el borde de abajo queda contra el horizonte del mar y el borde de arriba lo acercan o lo alejan hasta que está en el borde de la Estrella Polar

\*Exrector y profesor honorario de la Universidad Nacional de Colombia, exdecano de la Facultad de Ciencias. Director del Observatorio Astronómico Nacional. Miembro de la Sociedad Colombiana de Ingenieros; de la Asociación Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; de la Academia Colombiana de Historia y de la Unión Astronómica Internacional.

y la pita la tienen en la boca, la muerden y hacen un nudo. De modo que ahí se van con el nudito entre los dientes y todos los días a la misma hora del atardecer o el amanecer, es decir en el momento en que es visible la estrella y todavía se alcanza a distinguir en la noche la diferencia entre el cielo y el mar, un momento que se llama el crepúsculo náutico, controlan el viaje por el paralelo. Pero ésto, por esa época, no lo hacían en el Mediterráneo.

Naturalmente un terreno conocido donde los rumbos eran tan familiares, puede finalmente ser dibujado o delineado con mucha exactitud, es decir, se puede hacer un plano topográfico; donde continuamente se están tomando rumbos de un sentido a otro, basta con tener alguna medida como base y por cruces de rumbos se dibuja el mapa. Esos rumbos, hechos por los mismos navegantes con las brújulas, eran elaborados según rumbos magnéticos, sin existir sabios ni astrónomos, únicamente marineros con sus brújulas. Claro está, los mapas estaban llenos de "rosas de los vientos" en el mar; a cierta distancia había una "rosa de los vientos" con todos sus rumbos. Estos mapas se llamaban

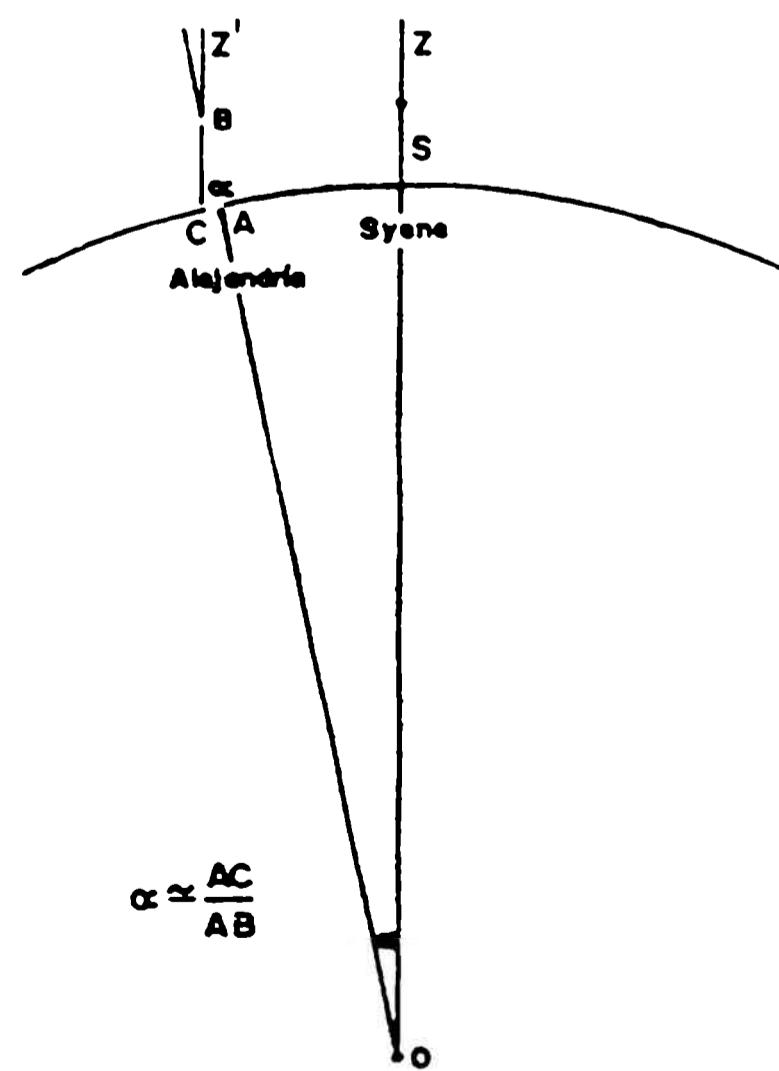


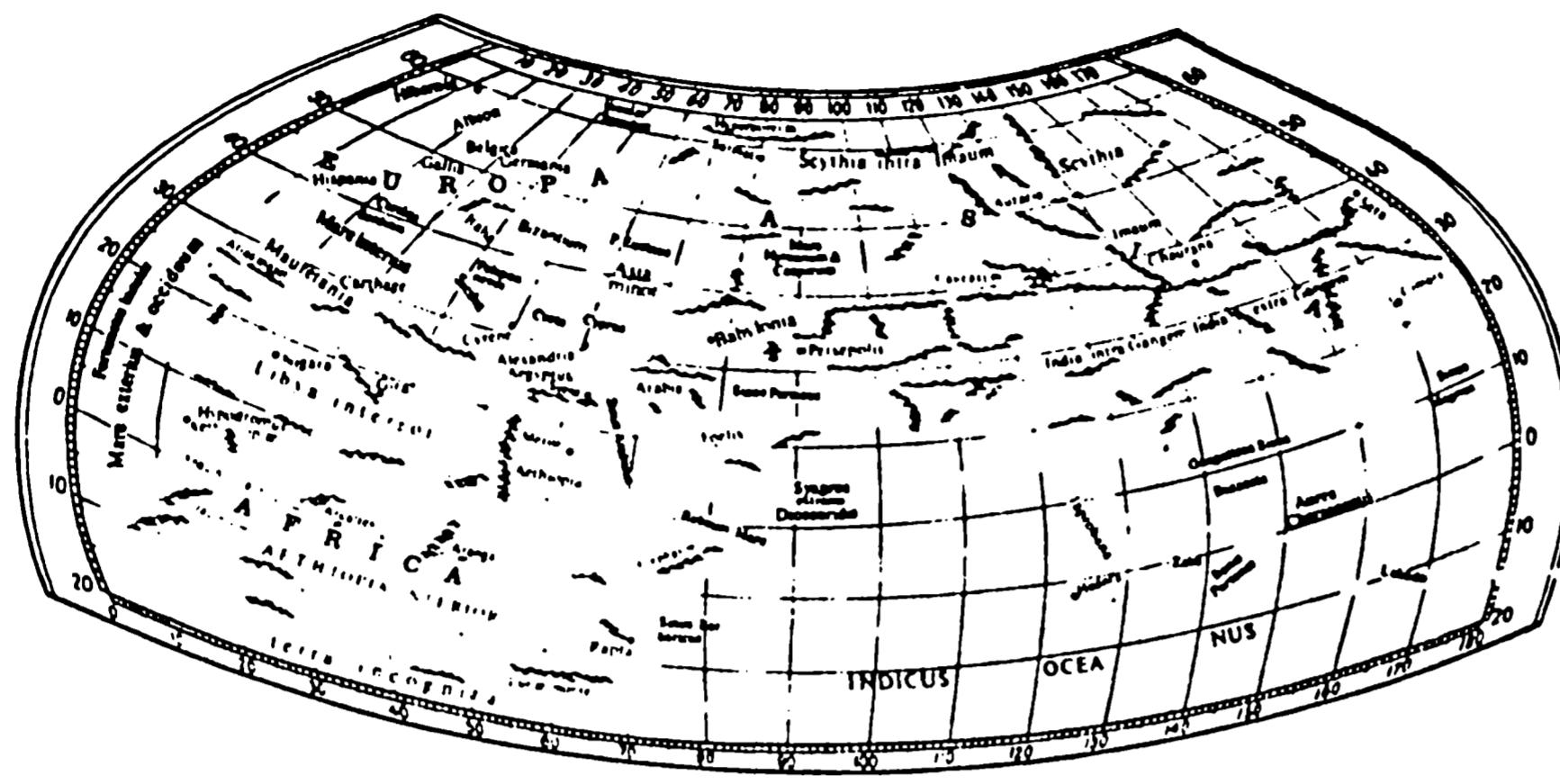
"Portulanos". Al mapa, cada quien le indicaba "rosas de los vientos", tenía sus propios rumbos, los que se llevaban hasta encontrar sus orillas y en otros sitios pintaba otra rosa: el mapa estaba lleno de figuras y con rumbos superponiéndose unos a otros. Un navegante que fuera a viajar de Tunz a Nápoles, simplemente trazaba ese rumbo en la carta, tomaba una de las rocas vecinas y veía cual era el rumbo paralelo. La navegación y el mapa estaban hechos en la misma forma.

Hay un mapa muy famoso de 1439 hecho por un mayorquí de apellido Valseca, que presenta con mucho detalle las costas del Mediterráneo, inclusive Francia. El mapa está hundido por el Occidente, como si se le pusieran varios paralelos, y su diferencia era del orden de 10 grados; ésto quiere decir que por esa época la declinación magnética promedia del Mediterráneo era de unos 10 grados al este, lo cual indica que la cartografía se hacía inclusive por brújula, nada de astrónomos, de cosmógrafos.

Es esta la experiencia mediterránea, española, que estaba principalmente centrada en la zona de Cataluña, Aragón y Valencia. Los navegantes eran judíos que habían sido expulsados y se refugiaban en las islas Baleares. Sin embargo, como España estaba comprometida en la expulsión de los moros, los que estaban navegando por el Atlántico eran los portugueses, quienes, reconociendo el África, encontraron minas de oro y ya en 1488 le habían dado la vuelta al Cabo de Buena Esperanza. En épocas anteriores el comercio por el oriente de Europa era un comercio de caravanas hasta llegar a la India y a la China, pero en el momento de su expansión, Turquía ocupó todos estos terrenos y prohibió a Europa el acceso a esas regiones. Por ese motivo se buscó el camino por África.

Ahora viene el problema del tamaño del globo. Eratóstenes y unos cosmógrafos árabes habían determinado con bastante exactitud el tamaño de la tierra. El procedimiento se empleaba en una determinada época del año, cuando el sol daba encima de una "vige" un poco al sur de Egipto; se averiguó la sombra que daba un poste en una localidad al norte y como la distancia entre ambos lugares se sabía se conoció el ángulo que daba al centro y no se tuvo ningún inconveniente para averiguar los datos que se necesitaban para obtener la circunferencia terrestre. Por una razón no conocida, Tolomeo le había dado a la tierra un radio del 75% del que le había dado Eratóstenes. Nadie se preocupaba por verificar la información y el mapa de Tolomeo, a ese error le agregaba la distancia que se le daba a China y Cipango. El resultado de ésto, cuando se comenzaron a hacer globos, unos pocos años antes del descubrimiento, es que esos globos se hacían con el tamaño de la tierra en leguas de Tolomeo y la distancia en leguas que había hasta el oriente.

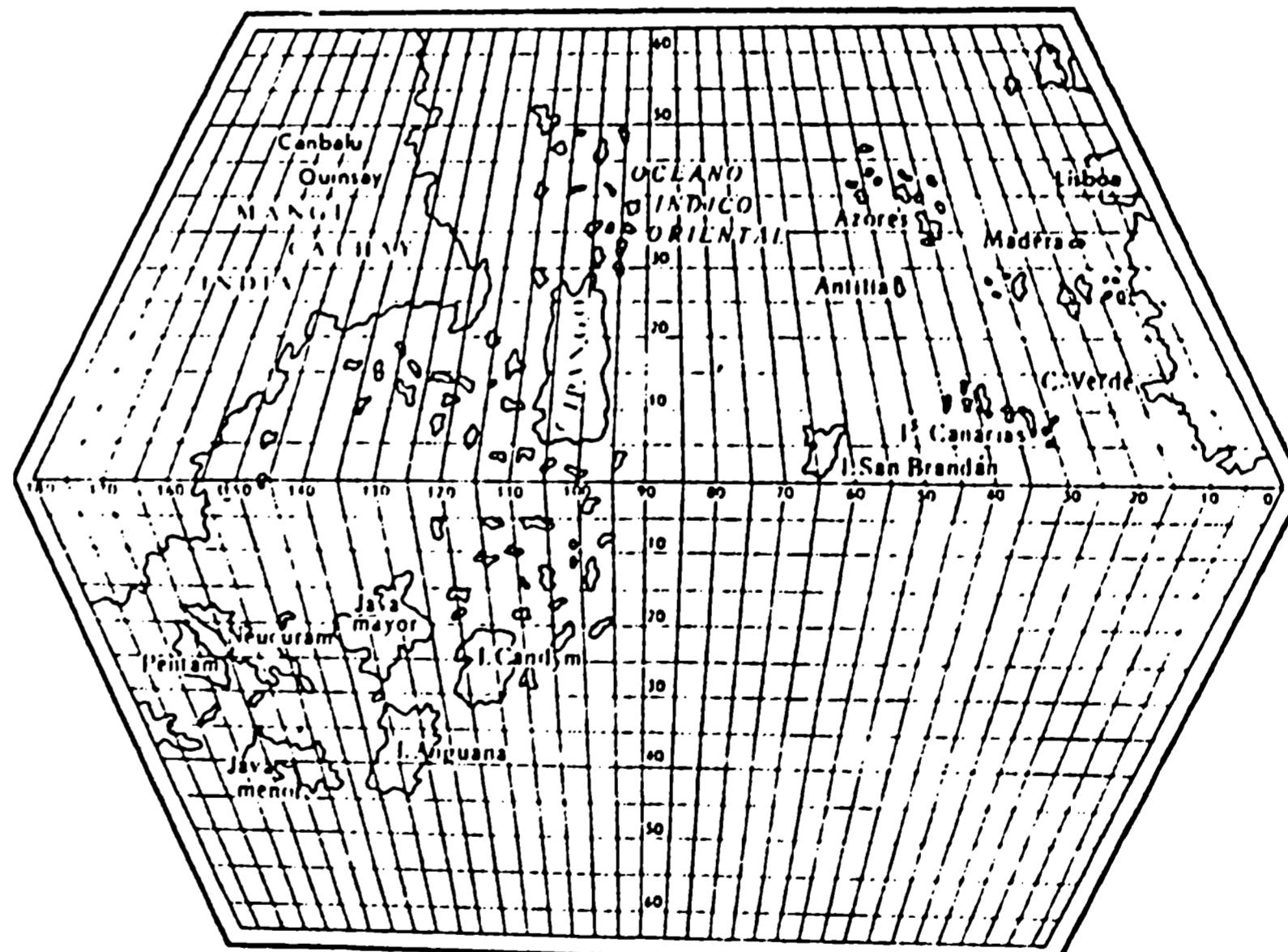




Se produjo un globo en 1492, donde aparece Europa, África que ya va tomando la forma, y un extremo imaginario para Asia con Cipango; si a este mapa se le agrega, en leguas, el rumbo que hizo Colón, donde desembarcó era a donde quería ir; era Cipango; lo desconcertó la isla tan pequeña que halló. Colón sabía que en el mismo paralelo de las Canarias se encontraba Cipango, entonces tomó el paralelo 28.

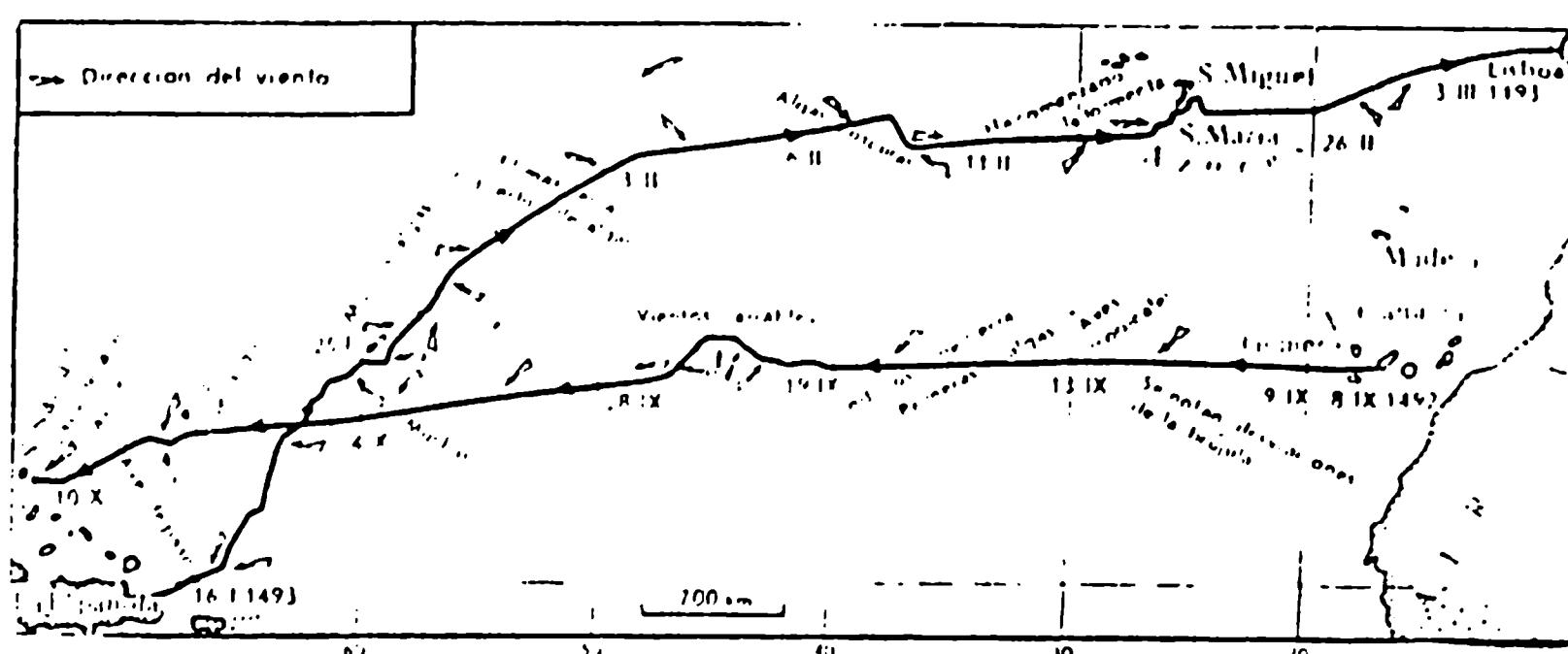
Además, por la competencia de portugueses y españoles había un acuerdo entre los reyes de España y Portugal; el de Portugal dejaba sacar los moros y el de España no se metía en el territorio de navegación portuguesa. Es decir que los españoles no pasarían más al sur del paralelo 28 y los portugueses no intervendrían. Colón fue seguido por unas naves portuguesas vigilando que no fuera hacia el sur. El Almirante dió orden de que el rumbo siempre fuera al occidente, pero esto no significa que navegaría siempre por el paralelo, pues las derivas lo podían desviar. Pero, él no se preocupó por eso. Hay aquí dos cosas: si era una navegación astronómica, de sabios, de cosmógrafos como se trata de decir ahora en España, y Colón hubiera venido por el paralelo 28, a dónde hubiera llegado? Pues, llegaría al Cabo Kennedy, es decir, hubiera visto el despegue del transbordador Columbia. Pero él no estaba navegando por el paralelo. Colón no tenía idea de cómo eran las cosas; desde luego que él no supo a dónde llegó. Colón no era profesor de geografía.

El diario de Colón se conoce en una transcripción que es supremamente veraz, lo que hace que uno le dé crédito. La posición de la Estrella Polar en 1492 hacia mediados de septiembre, la distancia al polo de 3 grados; -hoy en día la distancia al polo es como de 0.8 grados-. En la época de Colón el círculo que describía la Estrella Polar era un círculo de unos 7 grados, lo cual indica que la Polar no era tan segura, a menos que se supiera la hora sideral de la observación, para ver si estaba encima del polo o si estaba al occidente, o abajo del polo; ellos temían unas reglas nemotécnicas y se imaginaban el polo.

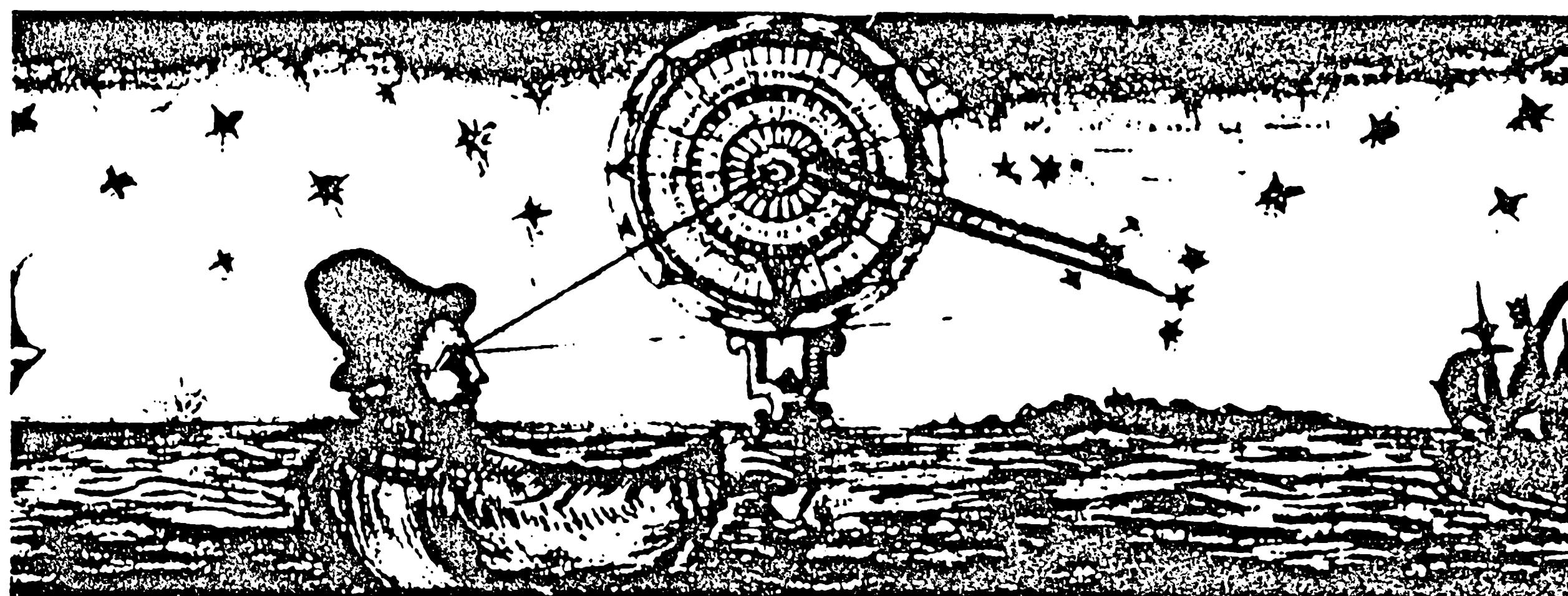


El hecho es que el lunes 17 de septiembre, los marineros ya llevaban 2 semanas de navegación y comenzaron a dudar de la brújula. Entonces Colón les dijo que tomaran con la brújula la dirección de la Polar; eso lo hicieron al atardecer del lunes 17. El resultado era que las agujas "noroestaban", es decir, que la aguja estaba al noroeste de la Estrella Polar. Pero ellos la volvieron a tomar al amanecer y les dió que la brújula "noroestaba", lo cual puede hacer presumir que la brújula estaba en dirección del polo, es decir que en ese momento estaba llegando al punto en que la declinación magnética era cero en esa época. Ellos venían del Mediterráneo, con una declinación oriental y llegaron a un punto con declinación magnética cero, pero después, unas dos semanas más tarde, en septiembre, volvieron a hacer el mismo juego. Al atardecer las agujas "noroestaban", estaban al oeste. La "rosa de los vientos" estaba dividida

en cuatro partes o puntos cardinales, en ocho se concretaban los ocho vientos principales, pero cada 45 grados estaba dividido en cuatro partes y era lo que aproximaba la brújula. Ellos dicen en este momento que la brújula está al occidente de la polar; al amanecer volvieron a hacer lo mismo y vieron que había pasado de declinación cero a oeste. Eso finalmente vino a descubrirse justo al terminar los cuatro viajes de Colón, pues Colón no lo descubrió, porque no lo conocía, pero de hecho estaba anotado en su diario.



Raimundo Lulio inventó un aparato llamado el noctilabio, una especie de astrolabio para la noche, utilizado para tomar remedios nocturnos. Este operaba en la siguiente forma: centraban el aparato en la Estrella Polar; una manecilla se dirigía hacia la estrella de la Osa Menor, que llamaban "las guardas", ponían la manecilla hacia "las guardas" y según la fecha movían otro disco. Teniendo las horas siderales, en otro disco leían la hora de la noche. Esos marineros lo usaban con una figura que se llamaba el "hombre del polo"; ellos tenían unas reglitas para memorizar la hora espacial y así sabían las horas que habían pasado.



El 30 de septiembre, se dice en el diario que al anochecer estaban "las guardas" en el brazo del poniente y que al amanecer estaban debajo del brazo noroeste, y que en ese transcurso habían pasado 9 horas, de modo que la posición que dan para este día es perfectamente concordante con el dato de que habían pasado de una observación a la otra en las 9 horas que dicen. El día menos pensado, Colón llega a estas islas del norte de Cuba y finalmente acaba descubriendo un nuevo continente.

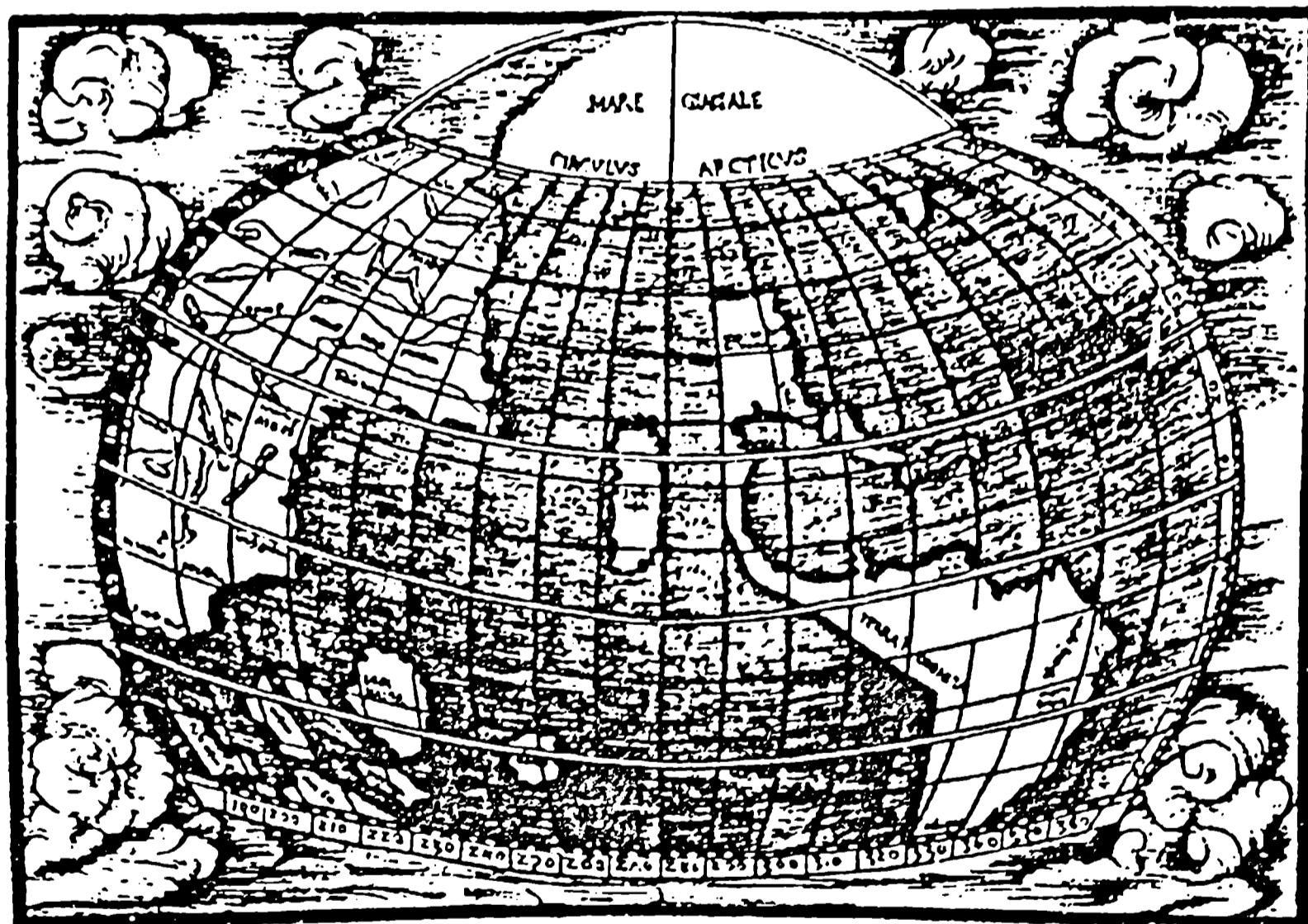
Lo importante es indicar dos cosas: que la navegación del Atlántico tenía que convertirse en un asunto de rutina y que el otro avance inmediato fueron las cartas que indicaban la graduación en la latitud. Primero aparecieron las cartas cuadradas que tenían meridianos y paralelos espaciados.

Las cartas eran usadas por los portugueses y servían para navegar al sur por las costas del África; si Colón conocía estas cartas, no navegó con ellas, sino en la otra forma. Pero esto tenía el inconveniente de que, como las extensiones son tan grandes, los meridianos se van cerrando hacia el polo y entonces llega un momento en el cual la representación no sirve. Un navegante, "Mercator", ideó en 1569 una carta que se construía en una forma empírica; 80 años después del descubrimiento, comienza a aparecer un avance notorio en la cartografía. Una línea de rumbo constante corta

todos los meridianos con el mismo ángulo, de modo que el navegante puede dibujar en el mapa la línea que va a llevar y ponerle el rumbo que le indica por dónde va pasando.

Todas las cartas de navegación y todas las cartas aéreas están hechas con este mapa. Pero todavía tuvieron que pasar unos 40 años, antes de que los matemáticos encontraran la expresión matemática que estaba implícita en la carta, digamos, "hecha a machete" por "Mercator".

El problema de la navegación era, entonces, determinar la longitud. Si se viera la tierra desde el norte con sus meridianos y partiera un navegante hacia el oriente, ese navegante se desplaza a un lugar, pero como la tierra gira de occidente a oriente, le es absolutamente imposible determinar la posición del navío, determinar lo que se ha desplazado sobre el globo o determinar lo que el globo se ha movido, no con relación a su observatorio original de partida, sino con relación a lo único que él vé que son las estrellas, porque lo mismo puede ser que ha avanzado mucho o que ha pasado mucho tiempo; entonces, era indispensable tener un mecanismo para esta determinación de la longitud en el mar. Para ésto, ya habían pasado dos cosas: se había creado en España el cargo de Piloto Mayor en 1508, quien le daba la matrícula a los demás pilotos para que se fueran sin miedo a atravesar el Atlántico. En 1523 había un Cosmógrafo Mayor y en 1552 un Catedrático de Cosmografía y Navegación; una pequeña escuela de naútica. Claro que los portugueses la tenían desde tiempo anterior. España la tuvo en el s. XVI. Por otra parte, aparecen los textos sobre naútica: uno de 1537, de un portugués; el "Tratado de la esfera", de Pedro Medina en 1545; el de Martín Cortés de 1551. Al final de s. XVI, la corona española estableció un premio internacional, un concurso abierto para quien encontrara un método confiable y practicable para obtener la longitud en alta mar; desde luego que se desató una verdadera competencia porque había dos maneras de resolver el problema que existía. La primera consiste en que si se dispone de un buen reloj, se puede establecer cuánto se ha movido la tierra y entonces la diferente posición de las estrellas indica donde se está, descontando un tiempo con el reloj. Y segundo, un mecanismo que permite saber donde están las estrellas, vistas en un mismo momento, desde el observatorio y desde el punto de navegación, un instante que sea el mismo para un observatorio y el navegante.



su vuelta alrededor de la tierra que dura un mes, pero ésto es muy variable. Si se tiene una buena teoría de la luna y un buen catálogo de estrellas, y se piensa en el ciclo estrellado y en el camino de la luna, ésta es una especie de puntero de reloj y la estrella es una especie de muestra; pero la teoría de la luna es un asunto supremamente complicado.

A fines del s. XVI Halley comenzó a trabajar una Tabla de la Luna a los 64 años, para determinar durante 18 años sus órbitas. En el observatorio de Greenwich comenzaron a desarrollar catálogos astronómicos mucho más exactos y, en el s. XVIII, varios matemáticos estudiaron el problema de la luna para llegar a tablas más exactas. Sin embargo,

Hay varias posibilidades de observar este fenómeno. Una es el eclipse de luna, como fue sugerido por Galileo; el momento en que el eclipse comienza o se termina una fase, es el mismo instante para las personas que están viendo lo mismo. Otro podría ser mediante los satélites de Jupiter, porque el momento en que éstos se meten detrás del planeta es el mismo para los observadores en cualquier parte que vean el fenómeno; pero para hacerlo faltaban varias cosas.

El otro mecanismo emplea la luna y las estrellas. La luna recorre aproximadamente unos 15 grados en

la exactitud no la alcanzaron los matemáticos; ahí la partida se la ganaron los artesanos a los sabios, porque por esa época el parlamento inglés había otorgado otro premio para el que resolviera el problema, y el premio se lo ganó un Sr. Harrison que fabricó el cronómetro marino; con éste se podía colocar la hora en el observatorio de Greenwich, hacer un viaje hasta América o hasta la India y, al volver, encontrar que sólo se había desviado unos pocos segundos. Entonces ya el marino tuvo en 1764, en el s. XVIII, una manera de conocer este hecho, pero ésto fue simultáneo con un par de logros de los artesanos. El primero, el anteojito acromático que permitía ver el paso de la sombra en el eclipse de luna. Newton estudió mucho la óptica, él decía que el coeficiente de desviación en la dispersión y la reflexión eran iguales, pero en ésto hay un error de aberración. Aparecieron después el lente cromático, los teodolitos, los anteojos de los marinos, se agrega a esto, hacia 1750, el último punto, es el sextante de marina que permite, por el juego de unos espejos, que el marino haga coincidir la imagen del sol y la imagen directa de la línea del mar; ese aparato se puede tener en la mano y con un tornillito puede irse ajustando y con el cronómetro se apunta esta coincidencia. Se puede observar que 260 años después del descubrimiento, la ciencia sirve para algo.

