

LECCIONES
DE GEOGRAFÍA ASTRONÓMICA
NATURAL Y POLÍTICA,

ESCRITAS DE ORDEN DE S. M.

PARA USO PRINCIPALMENTE DEL REAL SEMINARIO
DE NOBLES DE MADRID

POR EL DR. D. ISIDORO DE ANTILLON,
*del Gremio y Claustro de la Universidad de
Valencia, Abogado de los Reales Consejos, Ca-
tedrático de astronomía, geografía, cronología
é historia del mismo Seminario, Académico su-
pernumerario de la Real Academia de la
Historia, Individuo de mérito literario de
las Reales Sociedades Matritense
y Aragonesa.*

TOMO I.

MADRID EN LA IMPRENTA REAL

AÑO DE 1804.

LECCIONES
DE GEOGRAFÍA.

AL REY

NUESTRO SEÑOR



Isidoro de Antillon.

*Orbis situm dicere.... impeditum opus et facundie mi-
nime capax.... Verum aspici tamen cognoscique dig-
nissimum.*

Pomponius Mela in *proœmio*.

INDICE DE LAS LECCIONES DEL TOMO PRIMERO.

LECCION PRIMERA.

Primeros viajes de los hombres. Observacion de las estrellas circumpolares y del polo ártico. Descubrimiento y descripcion de la brújula. Irregularidad de sus variaciones..... Pag. 41

LECCION II.

Horizonte. Zenit y nadir. Rosa de los vientos con su aplicacion á la brújula. Verticales. Círculos de almicerat. Ecuador. Meridiano. Amplitud, Azimut, y declinacion de los astros..... 54

LECCION III.

Medicion de la altura de los astros con el cuarto de círculo. Paralelos. Relacion que hay entre la altura de polo, la distancia del polo al zenit, y la altura del equador. Método de observar la altura de polo por medio de las estrellas circumpolares. Descripcion y usos del sextante de reflexion..... 73

LECCION IV.

Figura y magnitud de la tierra. Diferencia del nivel aparente al verdadero. Depresion del horizonte..... 102

LECCION V.

Experiencias del péndulo. Teorías de Huyghens, Newton y otros matemáticos, y nuevas medidas para determinar la figura de la tierra. Movimiento de esta sobre su eje, que explica perfectamente las apariencias de la revolución diurna de todos los astros. Magnitud y volúmen del globo terrestre..... 119

LECCION VI.

Medidas itinerarias de distintas naciones. Legua española. Reduccion de unas medidas á otras. Nuevo sistema métrico decimal debido al Instituto nacional de Francia..... 147

LECCION VII.

Latitudes y longitudes geográficas. Valor de sus grados. Primer meridiano. Reduccion del tiempo á partes del equador, y recíprocamente. Diferentes problemas sobre la longitud y latitud..... 172

LECCION VIII.

Movimiento anual de la tierra, causa de las estaciones. El sistema copernicano no se opone á la Escritura. Trópicos. Círculos polares. Zonas. Temperatura de las diferentes regiones del globo. Division de los habitantes de la tierra en varias clases por razon de sus sombras, y de su situacion en longitud y latitud. Antípodas. Obliquidad de la eclíptica.

77	<i>Medida del tiempo verdadero y del medio.....</i>	197
----	---	-----

LECCION IX.

	<i>Diversas posiciones de la esfera, y fenómenos que resultan. Crepúsculos. Refracción. Paralaxe. Reduccion de la altura aparente de los astros á altura verdadera. Establecer la latitud geográfica de un pueblo por alturas meridianas del sol y de las estrellas fijas. Trazar una línea meridiana. Arreglo del reloj por alturas correspondientes. Determinar la hora, el azimut y amplitud de los astros por su altura. Aplicacion de las observaciones astronómicas á algunas prácticas geográficas, y á la correccion de la declinacion de la aguja. Climas.....</i>	229
--	---	-----

LECCION X.

	<i>Idea general del verdadero sistema del mundo y de nuestro sistema planetario. Fases y revolucion de la luna. Eclipses de luna y sol. Causa del movimiento de los planetas y del reposo de los astros. Método práctico de conocer las estrellas, para hacer de su observacion aplicaciones útiles á la geografía.....</i>	271
--	---	-----

LECCION XI

	<i>Determinacion de las longitudes geográficas por los eclipses de sol, de luna y de los satélites de Júpiter, por la ocultacion de estrellas baxo el disco de la luna, por relojes de movimiento unifor-</i>	
--	---	--

nie, y por las distancias lunares..... 303

LECCION XII.

Correccion de los rumbos aparentes en la brújula, y uso de este instrumento para las marcaciones geográficas y levantamiento de planos topográficos. Utilidad del sextante para iguales operaciones. Construccion, usos y manejo del globo terrestre artificial..... 339

LECCION XIII.

Ideas generales de la descripcion de los mares ó de la hidrografia. Mareas. Corrientes. Vientos..... 363

ADVERTENCIA.

Mi intencion al publicar estas Lecciones ha sido facilitar la enseñanza de la Geografía y la propagacion de su estudio; pero principalmente se han arreglado á la constitucion y progresos del Real Seminario de Nobles de Madrid , para cuya casa me mandó S. M. las dispusiese. En ella la cátedra de Geografía disfruta ya de todos los instrumentos que se necesitan, si se ha de desempeñar completamente; no habiéndose omitido gastos ni diligencias para enriquecerla de auxilios, y sacarla del estado absoluto de desnudez y de abandono en que se hallaba quando el Rey la puso á mi cargo. Débese todo á la generosa proteccion del Excelentísimo Señor Don Josef Antonio Caballero, Ministro de Gracia y Justicia, y á las eficaces instancias y zelo por las ciencias del Director general del Seminario el Señor Don Andres Lopez y Sagastizabal, Brigadier de los Reales Exércitos. A la dis-

tinguida predileccion con que se ha mirado este principal ramo de los estudios del Seminario, se deberá tambien la fundacion de un observatorio astronomico, dotado de excelentes instrumentos, cuya fábrica, ideada por los mejores modelos, y de acuerdo con los hombres mas inteligentes, está ya próxima á concluirse, y en ella los discipulos practicarán las observaciones que mas directamente influyen en el adelantamiento de la Geografia, y el profesor que le dirija contribuirá con sus trabajos á la perfeccion de esta ciencia.

En el arreglo de este primer tomo me he valido principalmente de la *Geografia matemática y crítica de Lacroix*, de la *Astronomía de Lalande*, de los *tratados de navegacion de Bezout* y de *Mendoza*, y de algunas obras de *Mentelles*; y he procurado escoger lo que en cada uno de estos escritos me ha parecido mas análogo al plan que determiné seguir en la parte astronómica de la Geografia.

Doy por supuesto que los que hayan de leerle saben perfectamente los elementos de Aritmética, y no son del todo foras-

teros en la Geometría y Trigonometría. Sin estos principios inútilmente se emprenderá el estudio de la parte sublime de la Geografía, que es un ramo de las ciencias físico-matemáticas.

ERRATAS.

Pag. 1	lin. 27	dice antigua.....	léase moderna
ibid.	..... 28	..... moderna.....	antigua
- 14	..... 8	..... Schetlard.....	Schetland
28	..... 4	..... Krusenterre.....	Kruzenstern
61	..... 19	..... Siere.....	Carotce
75	..... 34	..... C A.....	Z A
77	..... 18	..... B G H.....	B g H'
ibid.	..... 21	..... I G H.....	I g H'
101	..... 10	..... a las 10.....	a las 9
113	..... 10	..... A C E.....	B C E
141	..... 3	..... $\frac{1}{1400}$	$\frac{1}{1400.000}$
196	..... 24	..... Robertson.....	Robertson
218	..... 26	..... 1,522,524.....	1 522524
219	..... 14	..... conste.....	constante
240	..... 20	..... T J.....	T S
ibid.	..... 23	..... P S J.....	P S
279	..... 12	..... L'.....	L'
28c	..... 6	..... Cl.....	(2-3)
281	ultima	.....	V la lam. 6. ^a
287	..... 2	..... de los astros.....	de los otros astros
317	..... 21	..... los.....	las
327	..... 6	..... Le.....	LE
328	..... 8	..... 19'.....	19'

DISCURSO PRELIMINAR.

*Objeto, utilidad, historia y estado actual
de la geografía.*

I *Geografía* es una palabra griega que significa *descripcion de la tierra*; pero la tierra puede considerarse y estudiarse de muchas maneras y con varios respectos quando se trata de describirla. Se la puede mirar como globo celeste, y exâminar su lugar en el cielo, la rotacion sobre su exe, su revolucion en rededor del sol, y sus relaciones con los otros globos luminosos ú oscuros, fixos ó errantes, situados como ella en la inmensidad del espacio; ó como cuerpo de cierta configuracion, dividido en continentes, mares, islas, promontorios &c., con suelo y clima variados, y con diferentes producciones de la naturaleza y de la agricultura; ó, finalmente, como una reunion de sociedades politicas, en que se exâminen el gobierno, la civilizacion, la industria, el comercio, las costumbres y la religion. Quando la geografía trata del primero de estos objetos se llama *astronómica*; quando del segundo *física*; y *política* quando se ocupa en el tercero. Todavía admiten nueva division la *física* y la *política* segun que, ó consideran su objeto como hoy existe ó como existió antiguamente: en el primer caso la geografía se llama *antigua*, y en el segundo *moderna*. En mis lecciones se exâminará la tierra baxo estos diversos aspectos, con prevencion de que las discusiones profundas astronómicas que en ellas se echen de ménos, se reservan para los *elementos de astronomía* que pienso publicar, y que de las vicitudes y revoluciones politicas de los pueblos se tratará como en

su lugar propio, muy de propósito, en los *histori.*

2 Si el objeto principal de una descripción no es la tierra, sino las aguas, se llama con nombre especial *hidrográfica*; si no todo el globo mas solo una provincia ó distrito, *corográfica* si un pueblo particular, un sitio, una montaña *topográfica*; y si las ruinas ó vestigios de alguna ciudad antigua, *icnográfica*. En unos elementos donde las ideas son generales y los objetos vastísimos, no mas de paso se tocan la topografía é icnografía, debiéndose consultar para ellas tratados especiales escritos de intento.

3 No hay clase alguna de la sociedad que pueda dispensarse del estudio de la geografía, si quiere desempeñar sus funciones ó cumplir sus deberes con inteligencia. Los militares no podrán executar una marcha ó retirada, seguir al enemigo, proporcionar lugares propios de defensa, atacar en tiempo oportuno, ó efectuar ni la mas sencilla evolucion, si despues de conocer la geografía en general no se han dedicado á los detalles y menudo exámen de la topografía del terreno. Lo mas sublime de la ciencia militar, como observa un General sabio de nuestros dias, consiste en los conocimientos topográficos; y las naciones que no han cultivado esta parte delicada del arte de la guerra, jamas han hecho una campaña sabia. Efectivamente un rio, un arroyo, una montaña, una llanura no son circunstancias indiferentes en el arte de los combates. El General instruido conoce de antemano los lugares estrechos, ó las gargantas donde un puñado de hombres detendria al ejército mas poderoso, y sabe donde está la llanura en que, desplegando sus fuer-

zas, arrollará infaliblemente al débil enemigo, inferior en número. Su conocimiento del terreno le proporcionará ó la victoria ó una ventajosa retirada, á veces mas sabia y tan preciosa como la victoria misma. Turena y el gran Condé hicieron grandes cosas sin prodigar la sangre francesa, porque tan sabios como valientes, unian las ventajas de la naturaleza, que conocian, con los recursos del arte; y aquellas memorables retiradas en que los tercios españoles espantaron la Francia, y burláron toda la prudencia, todo el grande genio de Henrique IV, se debiéron principalmente á los conocimientos topográficos, con los cuales dominaba al terreno, y le hacia servir á sus prodigiosas evoluciones el inmortal Alexandro Farnesio, Duque de Parma. Bonaparte en todas; pero principalmente en la última campaña de Italia, prepara desde el gabinete en el mapa su triunfo sobre los enemigos, y les vence ántes de verles. Su admirable paso por los Alpes, la decisiva batalla de Marengo, y la rápida conquista de Italia, no fuéron mas que la execucion progresiva de los proyectos á que conduxo á este grande hombre el estudio profundo del terreno que iba á conquistar. Un General poco instruído en la geografia es tímido, va á tientas en sus operaciones, consulta, y duda sin necesidad; en vano se presenta la ocasion de batir al enemigo, él no sabe aprovecharla, y despues de haber dado á la inaccion el tiempo que debiera gastar en las operaciones, acaso viene á ser otro Darío, que con innumerable ejército se empeña en las estrechas gargantas de *Isus*, desconociendo las ventajas que le ofrecen para arrollar al Marte Macedonio las anchurosas llanuras de la Mesopotamia.

4 Pero no solo el arte feroz de combatir saca ventajas incalculables de la geografía. El arte dulce y consolador que por recíprocos cambios enriquece á unas naciones con el superfluo de las otras, que hermana al universo, que establece entre los climas mas opuestos relaciones seguidas y precisas: el comercio; á quién sino á la geografía debe toda su prodigiosa extension, sus vastas miras y combinaciones complicadas? Los descubrimientos geográficos han acercado entre sí á los hombres, han establecido comunicaciones fáciles del uno al otro polo, han dado á conocer la mitad del género humano á la otra mitad que ignoraba su existencia, han excitado en todos los climas el deseo de adquirir las producciones de que carecen y que abundan en otros, dando con esto prodigioso vuelo á la industria humana, pábulo del arte feliz de las permutas, arte grato á la humanidad, pues ha convertido la rivalidad y zelos de las naciones, origen ántes perenne de guerras horrorosas, en esfuerzos activos, pero pacíficos, para enriquecerse y prosperar. Siendo el objeto del comerciante, en todas sus especulaciones, el cambio de las producciones del pais donde sobran por otras que le faltan, sin duda su primer estudio ha de ser averiguar las necesidades recíprocas de las naciones, ó su situacion, clima, producciones, agricultura y artes, objetos en que se ocupa la geografía. Nunca un comerciante podrá hacer proyectos con tino, ni acertar en sus empresas mas que alguna vez por casualidad, si no ha cultivado con detencion y profundidad la ciencia, que es el norte de su giro y negociaciones.

5 El Ministro de un estado que, sin grande

instrucción en la geografía pretendiese formar planes de campaña , ó dirigir las tropas y esquadras de su Soberano , no haria mas que entregar las legiones y los navíos al hierro y fuego del enemigo , haciendo víctimas de su torpe ignorancia á millares de hombres. Un Ministro de relaciones exteriores , un Embaxador , un Negociador qualquiera , es preciso que pongan por primera basa de sus planes políticos el conocimiento exácto de la fuerza , situacion , límites , poder y enlaces de las Potencias con quienes han de contratar ó hacer una alianza , ó á quienes se ven forzados á declarar la guerra. La historia ofrece sobrados exemplos de guerras temerarias , causa de la ruina de muchas naciones que las emprendieron , sin conocer su impotencia para continuarlas , ni la superioridad del contrario ; y ¡ oxalá que los anales de una dinastía , que ha ocupado dos siglos el trono español , no ofreciesen tristes comprobaciones de ésta falta de cálculo ! al mismo tiempo que los tratados de las naciones europeas , quando se exâminan á buena luz , nos ponen á la vista exemplares continuos de estados ignorantes en los intereses generales y en los propios , engañados y oprimidos con alianzas mas ruinosas que una guerra abierta por otros gobiernos sabios y profundamente instruidos en la geografía política.

6 A los mismos teólogos escriturarios es indispensable el conocimiento de las naciones que pueblan el globo , y de su situacion ; porque el *viejo Testamento* , que tanto se ocupa en describirnos los viages , las estaciones , el establecimiento , el cautiverio , y las guerras del pueblo Hebreo ; y el *Nuevo* que nos instruye en la vida y pasos de Jesucristo , en los trabajos y viages de

los Apóstoles , especialmente de San Pablo , no pueden ser leídos tan útilmente como debe un cristiano , sin haberse ántes familiarizado con la geografía de la Palestina , de la Siria , de la Arabia , de la Mesopotamia , de la Asia superior , de la Grecia europea y asiática , del Egipto , de las islas del Archipiélago y de la Italia. Sin estos conocimientos , las ideas que se formen leyendo la Biblia serán á veces equivocadas , y un teólogo , que entregándose , como por desgracia sucede á muchos , á vanas sutilezas y disputas de palabras , haya descuidado este ramo precioso de instrucción , cometerá errores muy groseros en la explicacion de varios pasages de los libros santos.

7 Lo mismo digo de un canonista ó de un amante de las ciencias eclesiásticas , pues no podrá tomar idea exácta de los concilios , de las traslaciones de sillas ó iglesias , de los viages y peregrinaciones de algunos santos personajes , del reato de la persecucion de los Emperadores gentiles ó Reyes idólatras , de los esfuerzos de los misioneros y progresos de sus trabajos ; finalmente , ni de las variaciones ó diferencia de disciplina entre diversos pueblos de una misma comunión , si la geografía no le sirve de antorcha , guiándole en todas estas discusiones. Así tambien , como la bondad relativa de las leyes depende mucho del clima y situacion del pueblo para quien se promulgáron , es claro que un legislador poco ha de adelantar en el exámen filosófico de las leyes de varias naciones , y ha de errar torpemente en la aplicacion , si no toma de la geografía luces que no le da su facultad. Si lo hace , sabrá por qué las leyes de Mahoma , que electrizaron

á los árabes , no hubieran convenido á los habitantes del norte , y por qué Licurgo con sus leyes hubiera arruinado á Atenas , y Solon obscurecido á Esparta con su legislacion.

8 Pero donde la geografia se hace absolutamente precisa es en el estudio de la historia. Los antiguos decian muy bien , que sin el conocimiento de los lugares la historia es ciega. Con efecto , es imposible recorrer los fastos de un pueblo , enterarse de sus expediciones , de sus guerras ó de su gobierno , ni seguirle en sus vicisitudes políticas , sin conocer de antemano la corografia del pais , la de sus vecinos , y la de las potencias con quienes tuvo guerra ó alianzas ; ni sacar fruto alguno de la relacion de una batalla ó de un sitio sin las previas nociones del lugar en que acaecieron. Quien lea las guerras de los intrépidos romanos , la invasion espantosa de los bárbaros del norte , las rápidas conquistas de los árabes , las continuas disensiones de la media edad , las cruzadas , los grandes descubrimientos de Colon y de Gama , las gigantescas empresas del reinado de Carlos V , las sabias campañas , fruto del despotismo de Fernando II de Alemania , la serie de triunfos y reveses que distinguen en Francia la época ruidosa de Luis XIV , las revoluciones acaecidas en las singulares campañas del héroe militar de Suecia Carlos XII , las que fomentó el espíritu inquieto , y el valor siempre activo de Federico II de Prusia , ó las que hace mas de doce años tienen en dolorosa alarma á casi toda Europa ; qué fruto sacará no habiéndose instruido ántes en el teatro de las operaciones ? Valiera mas , en mi concepto , ignorar la historia , que aprenderla sin los preliminares de la geogra-

fia ; pues como el fin de la historia sea instruir á los hombres en los sucesos y empresas de sus antepasados , quando á su estudio no precede el conocimiento del terreno en que acaecieron, no puede producir mas que inútiles charlatanes, los que confundiendo ideas muy desemejantes, y llenando la cabeza de nombres que no entienden, hacen de la historia una nomenclatura para ellos insignificante, y un cúmulo de especies sin trabazon, y por consiguiente sin fruto, cuyos efectos son, á mi parecer, peores que la ignorancia misma.

9 Los autores latinos del siglo de oro, que son los mas excelentes modelos de la eloqüencia, tampoco pueden leerse sino de un modo material ó imperfecto, no precediendo al estudio de las humanidades la instruccion en la geografia. En esta parte son defectuosísimos casi todos los métodos de estudios de Europa. Se enseña á los jóvenes á describir eloqüentemente, ó á conocer las bellezas de las descripciones de la rapidez del *Simois*, ó de la impetuosidad del *Scamandro*, sin conocer siquiera la region por donde corren estos miserables arroyuelos. Ponen los maestros en sus tiernas manos á Salustio, Livio, César ó Tácito, les hacen leer batallas, retiradas, sitios, conquistas, arengas de Generales, y tratados de paz, no habiéndoles dado ántes las mas ligeras nociones de la geografia antigua, sin cuyo auxilio es imposible conocer las bellezas del autor que habla, ni el mérito del héroe que executa.

10 Desde luego se advierte igual, y acaso mayor necesidad de los estudios geográficos para leer los antiguos y modernos poetas. Horacio tiene continuas alusiones á la geografia de Italia: Ovidio á la de las naciones bárbaras cercanas al

mar Negro ; Virgilio llena casi toda su epopeya de viajes de su héroe á distintas regiones y mares del mundo antiguo ; y muchas epístolas de Marcial no pueden entenderse sin conocer la Celtiberia , sus montañas , y aun sus pequeños rios. El literato que maneja estos libros ; hará de ellos mas que una traduccion gramatical , sin sentido ni inteligencia , quando no posee conocimientos delicados en la antigua geografia ? Los poetas modernos hacen igualmente en sus cantos descripciones ó pinturas de los países de que escriben , para cuya inteligencia es preciso ántes tener la noticia geográfica del terreno ; y generalmente con mucha impropiedad ponderará las maravillas del mundo un poeta que no lo conoce , ni podrá ensalzar con voz magestuosa las obras de la naturaleza quien no la ha estudiado.

II No hablo del profundo estudio que debe hacer de esta parte hermosa de los conocimientos humanos el rico propietario que se dedica á viajar , ó el navegante que quiere pasar los límites de un piloto rutínero ; sería detenerme en cosas que nadie duda. Mas ¡ qué copioso caudal de conocimientos geográficos necesita quien se proponga escribir la historia de un pueblo , ó las hazañas de un hombre esclarecido ! Los antiguos estaban bien convencidos de esta verdad quando alaban unánimemente la diligencia de Polibio , que para describir la marcha de Anibal atravesando los Alpes en la estacion inclemente de otoño , se trasladó primero á exáminar por sí mismo aquellas elevadas cumbres donde se eterniza la nieve ; así su historia puede citarse como un modelo de exáctitud. Por haber recorrido Xenofonte personalmente todo el país desde el occidente de Asia

menor hasta la ribera del Eufrates , describe con admirable precision y verdad la hero yca retirada de los *diez mil*. Se ha notado tambien que Herodoto habla en sus historias de los paises por donde viajó , ó de los que tuvo buenas relaciones con una exáctitud y certeza , tanto mas acreditadas , quanto mejor se ha conocido el mundo, miéntras de las rierras , cuya geografía no conoció bien , dice muchas cosas que la posteridad indagadora ha descubierto ser fabulas indignas del *padre de la historia antigua*. Quinto Curcio representó torpemente la dilatada extension del Asia menor como un istmo medio entre el mar Negro y el Mediterráneo ; y pasando de la historia de los héroes verdaderos á la de los fabulosos, Virgilio , el inmortal Virgilio , no bien instruido en todas las nociones geográficas que exígian la accion principal y los episodios de su poema , cometió algunos errores notados muchas veces por los eruditos ; y en sus *Geórgicas* se advierten tambien en quatro versos quatro yerros geográficos, confundiendo á *Farsalia* en Tesalia con *Filipos* de Macedonia , y á la *Hemathia* con los campos *Hæmios*.

12 Mas aun el que no aspire á entregarse únicamente á la deliciosa é inocente ocupacion de las letras, aun el que solo pretenda sacar de los conocimientos científicos aquella parte que basta para no ser reputado por hombre grosero en la sociedad y trato de las gentes , necesita mediano caudal de noticias geográficas. La historia presente del mundo, las negociaciones entre las potencias , las empresas de comercio , las batallas , las marchas , los sitios ó las retiradas de los exércitos , las navegaciones y los combates de las esquadras , forman

gran parte de la conversacion de los hombres sensatos reunidos en sociedad, y aun ocupan algunos momentos en las tertulias de las gentes mas frívolas. Un jóven que hallándose en estas concurrencias, ó no pudiese romper el silencio por su ignorancia, ó sin haber estudiado geografía, hablase despropósitos, pasaria desde luego por muy mal criado, y se formaria idea poco ventajosa de su educacion. Así, no solamente la clase literaria, no solo los hombres que han de brillar en los negocios públicos, sino toda persona que desee conservar mediano aprecio entre sus semejantes, ha de haber dedicado no pequeña parte de sus vigilias al estudio de la geografía, ciencia deliciosa, ciencia utilísima, ciencia universalmente precisa á todas las clases de la sociedad.

13 El exámen de la historia literaria de la geografía es el de los progresos del comercio y de las vicisitudes militares de las naciones. No es fácil decidir á qual de aquellas pocas, cuya historia conocemos, se debe el honor y gloria de haber sido la primera en cultivar la geografía con mas esmero y atencion que los demas pueblos. Quieren algunos que Sesostris, antiguo Rey de Egipto, fuese el primer inventor de las cartas geográficas, habiendo hecho construir un mapa al fin de su expedicion á la India, en que se representaban todas sus conquistas, y la extension de las naciones que habia subyugado desde la embocadura del Indo hasta la del Danubio; pretenden otros dar esta gloria á Josué, que dividió entre los Hebreos la Palestina; pero ni la edad ni las circunstancias de la historia de Sesostris, ni aun la misma existencia de este personage colosal estan fuera de duda, ni la distribucion de la tierra

santa entre los Hebreos parece bastante título para dar á Josué el honor de primer geógrafo. Mas bien podrá darse á los Fenicios que situados en terreno estéril , pero cercano al mar , se entregaron enteramente al comercio desde muchos siglos ántes de nuestra era vulgar , navegáron á mares y regiones distantes , y arrancáron al cielo con el estudio de la astronomía una señal que les indicase el norte en medio de la gran masa de las aguas.

14 Colonia de los Fenicios fue *Cartago*, y la Tiro del Africa siguió los mismos principios que la de *Siria*. Los Cartagineses , mas con miras de comercio y ambicion que llevados del noble deseo de saber , promovieron viages y navegaciones que esparcieron mucha luz sobre nuestra ciencia. Sabidos son el viage de *Himilcon* á las tierras septentrionales , y el de *Hannon* á lo largo de las costas occidentales del Africa. No ha quedado el diario del primero ; pero se conserva en griego el famoso *periplo* del segundo , rechazado como un escrito supuesto por *Dodwell*, pero defendido é ilustrado por *Bougainville* y *Campománes*.

15 Feroces y montaraces los Griegos en las primeras edades de su reunion en sociedad , recibieron despues, de los extrangeros Fenicios y Egipcios , y de los viages de sus filósofos á la India, tales y tan grandes conocimientos , que la Grecia vino á ser el depósito de la sabiduría , y la maestra universal del occidente. Desde muy antiguo supieron los Griegos que la figura de la tierra era esférica : *Talés de Mileto* , como seis siglos ántes de la era cristiana , representó en un globo la tierra y las aguas ; y *Anaximandro* , su discípulo, inventó las cartas geográficas , las cuales se ex-

tendiéron tanto , que en tiempo de Sócrates fuéron ya comunes en los parages públicos de Atenas. Sin embargo , eran aun bien imperfectos los conocimientos geográficos de los Griegos en tiempo de la guerra de Xerxes , época de su mayor brillo y esplendor. Habiendo reunido en Egina la flota combinada contra este déspota insensato, tuviéron por impracticable llevarla á Samos , porque creian , dice Herodoto , que la distancia de esta isla á Egina era tan considerable como la de Egina á las columnas de Hércules. Pero las conquistas del grande Alexandro , tres siglos y medio ántes de Cristo , contribuyéron infinito á extender las ideas de la situacion de la tierra entre los Griegos , por los nuevos países y mares que diéron á conocer de los que ántes , ó no se tenia la menor idea , ó solo muy imperfectas relaciones. Dos ingenieros , Diognetes y Beton , que acompañaban al héroe macedonio en sus expediciones, levantáron la carta de los países que iba conquistando; y su maestro Aristóteles , segun la opinion de algunos críticos , determinó la magnitud de la tierra por la aplicacion de las observaciones astronómicas á la geográfica. Así, Alexandro debe considerarse como uno de los mas ilustres protectores de nuestra ciencia. Montesquieu y Robertson han manifestado , con efecto , que si la humanidad tiene justas quejas contra su memoria ; quando se exâminan sus operaciones filosóficamente , se ve al lado del guerrero insaciable y ambicioso , el mas profundo político , el calculador mas vasto y atinado , y el mas esclarecido promovedor de los adelantamientos científicos.

16 Tambien parece que en el siglo iv , ántes de Cristo, *Marsella* , floreciente colonia grie-

ga del Mediterráneo, émula de Cartago en el comercio y riquezas, tuvo la gloria de emprender con mucha ventaja de las ciencias, un viage marítimo. Pitheas, navegante de aquella ciudad, subió al N. de las islas Británicas, entró en el Báltico, y puso el término de su navegacion septentrional en la isla de *Thule*, bien sea esta una de las que componen el grupo de *Schetlard*, como puede inferirse de un pasage de Tácito, bien la *Islanda*, como quieren otros; pero de su viage no quedáron mas que ideas confusas, ni mas clásicos testimonios que lo que refiere Plinio en dos lugares de su *historia natural*; de modo que el fruto de este viage fue perdido para la geografía, suponiendo que lo hiciese, pues algunos le niegan el honor de haberlo executado, y suponen no hizo otra cosa mas que compilar memorias antiguas, y desfigurarlas para que se desconociese su origen. Esta es la opinion del sabio Goselin, quien la presenta con razones y conjeturas ingeniosas en su excelente obra intitulada *Geografie des Grecs analyseé*.

17 Quando la Grecia sabia, pero dividida y olvidada de sus antiguas costumbres, cayó baxo el yugo de los romanos, transmitió á sus dueños, entónces todavía inciviles y rudos, con el gusto de las ciencias, la afición á la geografía, cuyo ramo de ilustracion no podia dexar de hallar favorable acogimiento en un pueblo en que todo se dirigia á la guerra y las conquistas. Las armas romanas penetráron en muchas tierras mal conocidas por los griegos, y entónces se describiéron perfectamente; y de la misma ambicion, de las mismas furiosas guerras con que turbáron al universo estos terribles conquistadores sacó nuevas

Luces, nueva exâctitud y nuevas ventajas la pacífica geografía. Las conquistas en el Asia, las guerras del Ponto y de la Armenia, las alianzas y hostilidades con los Parthos, las expediciones á España, Galias, Egipto, Bretaña, Germania y Dacia, llenaron de preciosos conocimientos, de nuevas descripciones, de noticias desconocidas el teatro de la geografía hasta entónces muy reducido. Ningun otro pueblo de la antigüedad extendió mas con las conquistas los conocimientos geográficos, ni merece por este titulo con mas justicia ser reconocido por su perfeccionador y casi creador.

18 Ni solo se deben á los romanos estos aumentos de luces por una consecuencia indirecta de sus conquistas; fomentaron ellos ademas directamente los adelantamientos geográficos desde que suavizando sus costumbres acogieron favorablemente las ciencias. El grande Escipion facilitó á Polibio embarcaciones con que recorriese las costas de Africa, España y Galias, y se cree que el inmortal historiador navegó hasta el *Cabo verde* en la costa de Africa. Tres ingenieros Cenodoto, Teodoro y Polycletes levantaron mapas de la República romana en el consulado de César y Marco Antonio. Augusto hizo describir muchos países del Imperio, y señaladamente trazar una carta de Italia, en que á lo largo de las costas, y sobre los grandes caminos estaban notadas las distancias por millas; y en su reynado se acabó sobre las memorias de Agripa la descripcion del mundo conocido, en que los romanos trabajaban desde 200 años ántes, y que se colocó en un gran pórtico de Roma, construido á este fin. Estrabon en el siglo de Tiberio fue un geó-

grafo , cuyas descripciones , casi todas fundadas en sus viajes personales , merecen todavía la atención y el estudio de los amantes de la antigua geografía. Pomponio Mela , natural de Andalucía , y el universal Plinio , continuaron los mismos trabajos , aunque no con igual empeño ; y sobre todos , el Egipcio Tolomeo debe mirarse como nuevo padre de la ciencia geográfica. El , ántes que nadie , introduxo un método exácto y seguro de medir las distancias de los lugares por los arcos de longitud y latitud terrestre , aplicando á la geografía las observaciones astronómicas ; y aunque en la determinacion celeste de algunas tierras distantes padeció enormes errores , le disculpan bastante las escasas luces y medios de su siglo : él supo mas que todos sus antecesores , y por muchos tiempos fue el único texto y guía de los hombres en el estudio de la geografía. Por otra parte , muchas equivocaciones que advertimos en sus obras , acaso no son suyas sino de los copiantes , á cuya incuria é ignorancia debemos que Tolomeo haya llegado á nosotros enormemente desfigurado y corrompido.

19 En medio de la atención que mereció la geografía en Grecia y Roma , es cierto sin embargo que aun en los últimos años del Imperio romano todavía era muy limitado el conocimiento que se tenia del mundo habitable. En Europa , como observa juiciosamente Robertson , apenas tenían alguna idea de las extensas provincias situadas al E. de Alemania ; y aun ménos conocian los vastos países que componen hoy los Reynos de Dinamarca , Suecia , Prusia , Polonia y Rusia. Nunca se habian registrado las regiones mas estériles , situadas baxo el círculo ártico. En

Africa sus investigaciones no se extendieron mas allá de las provincias que sirven de costa meridional al Mediterráneo, y de occidental al *mar de Arabia*. No tenían en Asia la menor noticia de los ricos y fértiles países que estan mas allá del Ganges, y de donde vienen los frutos preciosos, que en tiempos modernos han sido el grande objeto del comercio de los europeos en la India; tampoco parece que penetraron en aquellas inmensas regiones, ocupadas entónces por las tribus errantes, á quienes se daba el nombre general de Sármatas ó Escitas, y poseidas hoy por diferentes naciones tártaras, y por los vasallos asiaticos de la Rusia: creian tambien que las zonas glaciales y la tórrida eran inhabitables, dudaban de la poblacion de la zona templada meridional, y por lo comun miraban como quimérica la existencia de los antipodas.

20 Pero con la ruina del Imperio romano, con la venida de aquellos bárbaros, que fundando todo su derecho y todo el mérito en la espada, despreciaban con torpe altanería los conocimientos literarios de qualquier clase, se sumergió la geografía en el caos antiguo, del que hibian intentado sacarla los ilustrados esfuerzos de Grecia y Roma (1). Cubrióse el occidente de espesas

(1) No obstante, en medio de la ignorancia de estos bárbaros, las piraterias de los noruegos y daneses en los siglos ix y x contribuyeron indirectamente al conocimiento de la geografía del norte de Europa, pues entónces se descubrieron y poblaron la Islanda y Groenlandia; y á fin del siglo ix el Rey Alfredo de Inglaterra, Principe de luces superiores á las que podian esperarse en su tiempo, compuso una geografía de Europa, monumento precioso de la nomenclatura geográfica de la media edad, del qual copia e ilustra varios fragmentos Forster en sus *Viajes al norte*.

tinieblas , y en el oriente , aunque subsistió la imágen del Imperio romano , aunque reynaba el gusto del luxo y de la magnificencia , y aunque continuaba en florecer el comercio extinguido en casi todo lo demas del universo , sin embargo , los griegos cultiváron poco la geografía , y convertida su curiosidad y estudio á las vanas sutilezas de una metafísica contenciosa , despreciáron los conocimientos sólidos.

21 Entónces las ciencias se refugiáron á un pueblo , que parece debiera aborrecerlas eternamente por los mismos principios de su religion. Los discípulos del predicador de la ignorancia , los árabes , conquistadores de gran parte del mundo conocido , despues de la revolucion que trasladó el califato de la familia de los Omniades á la de los *Abbacides* , protegieron las letras , casi desterradas de las regiones cristianas ; y la geografía no fue la que les mereció ménos favorable y honrosa acogida. *Al-Mámoun* , Califa del siglo ix , auxilió eficazmente los progresos de la astronomía y geografía , reuniendo en su corte todos los sabios que pudo , tradnciendo al árabe el libro de Tolomeo llamado *Almagesto* , y enviando dos astrónomos geómetras á medir en los llanos de Senaar un círculo máximo de la tierra. En el siglo xiv *Abou-l-fedha* , Príncipe de Hamah en Siria , cerca de Damasco , compuso una geografía universal , muy distinguida por la exâctitud y sinceridad que la acompañan. *Abder-rachyd él-Bakouy* publicó á principios del xv otra geografía universal , dispuesta segun el órden de los climas , de que se hizo un extracto por lo respectivo á su descripcion del Egipto en las memorias del Instituto del Cayro. Casiri,

en su *Biblioteca Árabe Hispana*, menciona considerable número de geógrafos árabes españoles, cuyos escritos existen en el Escorial, y aun parece que trazaron también algunas cartas geográficas. Los sabios astrónomos que traxo á su corte, á expensas de gastos considerables, el gran Rey de Castilla Don Alonso X, todos eran árabes ó judíos y moros instruidos en las escuelas arábigas, y son bien sabidas las mejoras que hicieron en las tablas astronómicas y sus importantes observaciones. Su determinacion de la latitud de Toledo, aunque difiere en cinco minutos de la observada en 1796 por uno de nuestros más dignos Generales, prueba, sin embargo, que aquellos hombres hacian aplicaciones útiles á la geografía de España.

22 Mas, en general, mirando imparcialmente los progresos de los árabes en nuestra ciencia, es preciso decir que la adelantaron muy poco, y que abandonaron el camino de los viajes y observaciones astronómicas terrestres, el único que podia darla la perfeccion de que era susceptible. Su verdadero mérito consiste en haber traducido algunos escritos griegos, y haber mantenido en medio de la universal estupidez é ignorancia cierto gusto á las ciencias naturales; pero ninguno de sus escritos es capaz de excitar nuestra admiracion, ni contribuir mucho á nuestro adelantamiento. El mismo compendio de *Xerif Aledrisi*, intitulado *Geografía del Nubiense*, traducido al castellano, en lo tocante á España, por el erudito académico Don Josef Antonio Conde, no es mas que un itinerario seco y descarnado, sin filosofía alguna, sin noticias, y sin orden científico; y apenas puede servir para otra cosa

que para instruirnos en los nombres que los mas considerables pueblos del mundo habian recibido de los árabes.

23 Lo mismo puede decirse de los turcos, los quales, despues que saliendo de las riberas del *Irtis* y de los montes *Altay*, se derramaron por el occidente del Asia, al principio para servir de guardias á los Califas, á quienes el luxo y el despotismo habian enervado, y despues para destruir su imperio, diéron alguna atencion á la geografia; y lo mismo de los mogoles, que en los siglos xiv y xv espantaron con sus conquistas á los turcos, árabes y griegos. Ulug-Beck, sobrino del gran Timur, compuso en 1437 una tabla de longitudes y latitudes para rectificar sus observaciones astronómicas, y al mismo, como tambien á Nassir-Eddin, otro geógrafo árabe, debemos algunas noticias, aunque imperfectas, del centro del Asia, desde el mar Caspio hasta las costas de la China.

24 Considerando las tinieblas que cubrieron á la Europa cristiana en la media edad, se puede creer que nunca se hubiera pensado en viages ni adelantamientos en la descripcion del globo, si el interes y el entusiasmo, estos dos poderosos móviles del corazon humano, no hubieran inspirado aquel valor y fuerza de espíritu, necesarios para las grandes empresas, á unos hombres agoviados baxo el yugo de la supersticion y de la ignorancia, y oprimidos por el gobierno feudal. El fanatismo, con capa de religion, y la inquietud propia de los principios y situacion de los siglos baxos, pusieron con furor las armas en las manos de millares de europeos, que dexando las comodidades y reposo de su patria, arrostraron

los mas grandes peligros por establecerse en las encendidas playas de la Siria; y las *Cruzadas*, estas guerras tan funestas á los héroes que las emprendieron, como poco conformes al verdadero espíritu del cristianismo, produxéron indirectamente, entre otros bienes de mas consideracion, muchas descripciones y noticias sobre la navegacion del Mediterráneo y diversas regiones ya olvidadas del Asia y Africa. Al mismo tiempo algunas repúblicas de Italia, que se habian dedicado, como Barcelona en Cataluña, á la marina y al tráfico en medio de la ignorancia general; y las ciudades *anseaíticas* de Alemania, unidas para defender su comercio de las opresiones del feudalismo, adelantaron la navegacion por distintos mares, y enriquecieron con nuevas adquisiciones el caudal de la geografia.

25 Los Embaxadores enviados en el siglo XIII por el Papa Inocencio IV y por San Luis Rey de Francia á los mogoles, cuyas victorias hacian ya temblar á la Europa, nos han dexado en sus relaciones muchas noticias interesantes del Asia; y se conserva tambien un fragmento de la relacion del viage que hizo á la China en el siglo XIV el Franciscano Oderico de Portenau con otros frayles sus compañeros (1). Pero sobre todo, los viages y embaxadas de los venecianos, que de miserables isleños refugiados en el

(1) Tambien pueden contarse entre los monumentos geograficos de los siglos bajos los viages del judio Rabi Benjamin, natural de Tudela de Navarra, por los años de 1173 ó 1160, aunque la relacion está llena de tales parrallos, quales podian creerse y escribirse en epoca de tanta ignorancia, y entre una secta de hombres cuya divisa ha sido desde antiguo la excesiva credulidad. Parece que Benjamin llegó hasta Persia, y aun hasta el interior de la Rusia europea.

siglo v en las lagunas del mar Adriático, se habían convertido ya en los mas poderosos é ilustrados negociantes del mundo, ilustraron la geografía de las regiones remotas. El mejor monumento relativo al Asia, que poseemos de la media edad, y la mas exácta descripción hecha en aquella época, de sus partes septentrionales, se debió á los venecianos Marco y Nicolas Polo, que viajaron á fines del siglo XIII. Bárbaro tambien Veneciano, y Embaxador de su república, hizo dos viages en el siglo xv, uno á *Azora* y otro á Persia, y nos dexó en su relacion detalles muy curiosos sobre la Georgia y Moscovia, países hasta entónces muy poco conocidos. Quirini navegó en 1431, no sin infortunios muy extraordinarios, desde Candia hasta Drontheim, en Noruega. No hago mérito de los viages de Nicolas y Antonio Zeno, desde 1280, á la Islanda, Groenlandia y costas de Terranova, pues de su autenticidad, aunque defendida con empeño por Forster, dudan otros con mucho fundamento.

26 Tal era el estado de la geografía á principios del siglo xv, quando desde el ángulo mas occidental de Europa recibió nuevas luces y descubrimientos de tierras ignoradas de la antigüedad. El zelo científico del Infante Don Henrique de Portugal, que retirado á un pueblito obscuro del Algarbe fomentaba con extraordinario suceso la náutica y astronomía, ya mas susceptibles de progresos desde que en época incierta, mas seguramente anterior á la mitad del siglo XIII, se descubrió la admirable propiedad del iman de dirigirse hácia el Norte, produjo atrevidas navegaciones en el mar Atlántico, disipó la absur-

da preocupación de los antiguos sobre la absoluta despoblacion de la zona tórrida, y dió origen al arte de las proyecciones estereográficas y ortográficas de los mapas, y á la introduccion de las cartas planas, sin las quales mal se pudiera haber conservado la noticia de los adelantamientos en la geografía de los mares y costas.

27 Pero quando nuestra ciencia avanzó con pasos de gigante, y quando se viéron nacer nuevos mundos y nuevos piélagos, fue á fines del siglo xv, y en todo el siguiente. Efectivamente, no se puede considerar, sin entusiasmo y admiracion, cómo se engrandeció y acrecentó el universo quando un feliz error presentó al inmortal Colon las Indias occidentales, cuya existencia, digan lo que quieran los fanáticos admiradores de la antigüedad, ni aun se sospechó jamas en Europa; quando doblado por primera vez el espantoso cabo *Tormentorio*, abrió Gama las puertas del oriente, y descubrió las regiones felices que ahora alimentan el luxo de Europa; quando Cabral arribó al Brasil, Cortés penetró en México, Balboa se arrodilló ante las inmensas aguas del grande océano, Solís fue devorado por los indios en las bocas del rio de la Plata, y Magallanes surcó y unió aquel vasto piélagos con el Atlántico, dando su navío la *victoria*, mandado por Juan Sebastian el Cano, por primera vez la vuelta al globo, y examinando la estructura de la habitacion de la humanidad, y la forma del globo terráqueo; ó, finalmente, quando no contentos con la navegacion de los mares meridionales, penetráron los europeos en las aguas del norte en busca de un paso mas breve para la India y la China, dexando Forbicher, Davis, Hudson,

Baffin , y varios navegantes Holandeses su nombre indeleblemente impreso en las regiones polares, como los marinos españoles en la costa N. O. de América , que empezó á registrarse despues del descubrimiento de la California. Revolucion fue esta tan lisonjera á la geografia , como inesperada y nueva á los ojos del hombre. Entónces se conoció claramente quan corta era la extension de los conocimientos geográficos entre los mas sabios antiguos , entónces se pobláron y llenáron de naciones vastísimos espacios que se veian vacíos en las cartas , y entónces la curiosidad y codicia excitáron á otros viages y expediciones, que produxéron cada dia nuevos descubrimientos. Alargado así , y acrecentado el mundo , se aumentó tambien el deseo de conocerle , y tomó un vuelo prodigioso el estudio del globo , al mismo tiempo que el renacimiento de las letras en Europa estimuló á los sabios á rectificar é ilustrar con laboriosas obras la antigua geografia ; la invencion del grabado en madera , y luego despues en cobre , facilitó y multiplicó la construccion de las cartas ; se substituyéron felizmente en España , y despues en toda Europa , las cartas esféricas á las planas ; y el atrevido Copérnico , resucitando y confirmando con nuevas pruebas la antigua opinion del movimiento de la tierra, echaba desde el fondo de la Prusia los cimientos de la verdadera astronomía.

28 Generalizado el estudio de la geografia, é interesadas mas y mas las naciones europeas en promoverle para continuacion de sus relaciones políticas y mercantiles, y para seguridad de la náutica , hubo sucesivamente atrevidos viajeros y geógrafos insignes que adelantáron nuestra cien-

cia, la qual, aunque todavía distante de la perfeccion, se engrandeció mucho con las nuevas observaciones astronómicas, con los viages literarios emprendidos por algunas sociedades sabias, con los descubrimientos que cada día aumentó la navegacion, y con los estudios de tantos grandes hombres como, dotados del talento necesario, han dado orden, claridad y extension á las nuevas ideas con que se iba enriqueciendo la geografia. Por esto, desde el siglo xvi, su historia literaria es tan complicada y llena, que solo el reducirla á un ligero y superficial resúmen seria obra de muchas páginas. Los holandeses, que despues de largas guerras y grandes reveses, triunfaron al fin de la España, y conquistáron su libertad, deseosos de tener por un camino mas corto los géneros del Asia, reconocieron las costas é islas mas septentrionales del mundo antiguo, y la geografia del norte se aclaró-sobremanera de resultas de los viages marítimos de *Cornelisson* y *Barentz* en 1593; de *Heemskerck*, *Barentz* y *Rip* en 96; de *Mayen* en 1611; de *Ise-Ryke* en 1640; y del que en 1656 hizo un Capitan mercante hasta baxo el mismo polo ártico, donde refirió haber hallado el ayre tan caliente como acostumbra estarlo en verano en Amsterdam; así como se conocieron entónces por primera vez las costas é islas al N. del Japon, habiendo explorado estos mares los navíos de la Compañía Bátava de las Indias. El mismo interes de comercio estimuló á los ingleses, cuya historia marítima ofrece una lista larguísima de viageros que hicieron descubrimientos en el Norte, y él mismo penetró tambien en Francia, donde se distinguieron *Jacobo Cartier* y *Juan Verazzani*, que costea-

ron el Canadá y otras provincias marítimas del oriente de la América septentrional, en cuyas latitudes habia ya descubierto a Terranova en 1497 el italiano Juan Caboto. Cortereal y otros portugueses de los siglos XVI y XVII, como tambien varios marinos de Dinamarca ocupados en la pesca de la ballena, recorrieron en diversas longitudes, y hasta paralelos muy elevados, las aguas del norte, y descubrieron en algunas regiones apartadas, islas y estrechos, como puede verse por extenso en la curiosa coleccion de viajes de Forster; y los portugueses, ademas, en sus continuos viajes á la India hallaron muchas islas en lo interior del Atlántico. Entre tanto se levantaban en Zelanda las excelentes cartas de Carles y Hallings: Jason y Bleu publicaban su Atlas en quatro lenguas: Mercator y Ortelio, en Flandes, trabajaban mapas y explicaciones: en Italia, Magin de Padua, en el siglo XVI, componia una geografia comparada con la de Tolomeo: y en el XVII, Riccioli aplicaba á esta ciencia todas las partes de la matemática, y enseñaba á perfeccionarla y reformarla por las observaciones astronómicas, disminuyendo ya él mismo con sus profundos conocimientos ocho grados la distancia de la Italia á la América, y veinte y ocho la distancia á la China; finalmente, hasta en los helados paises del norte, en la Suecia, empezaba á mirarse con ardor el adelantamiento de la geografia. Carlos IX, en el siglo XVII, estableció una sociedad geográfica, é hizo levantar una carta general del Reyno, en seis hojas, por Burens; y Carlos XI proporcionó nuevas y mas exactas cartas de la Suecia, valiéndose de los trabajos de Gripenheim y de Alhberg.

29 En el Reynado de Felipe II de Austria levantó el Maestro Esquivel la carta general de la península de España, midiendo personalmente toda su superficie por el método de los triángulos, y llevando al cabo la descripción hecha con más cuidado, diligencia y verdad que hubiese desde que el mundo es criado, como se explica un antiguo escritor nuestro; y es harto lastimoso que se haya olvidado ó perdido este insigne monumento de nuestros progresos en las ciencias exáctas, el que por testimonio de Ambrosio de Morales se conservaba en palacio en 1570, y todavía andaba en manos de los cosmógrafos de principios del siglo XVII. Pensóse tambien en este Reynado disponer una geografía ó diccionario geográfico de España, á cuyo fin se dirigió el año 1575 un interrogatorio á los Prelados y Corregidores del Reyno, del que quedan muchas respuestas en la Biblioteca de la Academia de la Historia. Finalmente, las famosas navegaciones de Alvaro de Mendaña en 1567 y 95, de Sarmiento en 1579 y 80, y de Juan Fernandez en 1577, proporcionáron nuevos é importantes descubrimientos, que aun conservan sus nombres en el grande océano, con no ménos justicia que los de Pedro Fernandez de Quirós, y Luis Vaez de Torres, que en el Reynado de Felipe III hallaron la *tierra del Espíritu Santo*, y otras islas y estrechos, las quales, olvidadas despues, han sido moderadamente reconocidas por los sabios argonautas del siglo pasado. Hacia 1610 levantó astronómicamente el mapa de Aragon, Juan Bautista Labaña; en 1618 y 19 reconocieron los Nodales el estrecho de *Mazre*, recién descubierto; y en 1662 publicó Teixeira el mapa mas exácto que hasta

ahora tenemos del reyno de Portugal (1). En general se puede decir que mientras duró la dominacion en España de los Reyes austriacos; en medio de la miseria y de la calamidad pública; en medio del abandono general, que se introduxo en los últimos años, de las ciencias exâctas, dedicándose la juventud á estudios estériles, no dexáron de promoverse la formacion de varios mapas de España y América, viages y navegaciones largas, señaladas por el fruto que traxéron á la hidrografía, y expedientes para promover y mejorar la teoría de la navegacion; y se debe contar como muy glorioso á la memoria de aquellos Reyes haber sido Don Felipe III el primer Soberano que propuso premios para la resolucion del difícil problema de la longitud en la mar, y la España el primer pais donde los principios del pilotage se reduxéron á sistema, y se miró como ciencia la navegacion; acerca de cuyos particulares merece leerse el erudito discurso del Señor Don Martin Fernandez de Navarrete, *sobre los progresos que ha tenido en España el arte de navegar* (2).

(1) En tiempo de Felipe IV se levantáron cartas de nuestras costas por ingenieros comisionados al efecto; pero no se publicaron, ni se donde paran. Tambien se consolidó entonces, y recibió nuevas constituciones el importante empleo de Cosmógrafo mayor de Indias, creado por Felipe II con el fin de difundir la enseñanza de la astronomia y geografia en España, y de rectificar la descripcion del nuevo mundo. Con el mismo objeto habia establecido Carlos I en Sevilla una cátedra de matemáticas y navegacion, que regentó el famoso Sebastian Caboto.

(2) En las Cortes de Monzon de 1552 aprobó el Rey Don Felipe II el *padron general, grados y distancias* del viage al continente descubierto de las Indias, formado de acuerdo de los cosmógrafos, pilotos y maestros, mandando que los cosmógrafos con autoridad pública hi-

30 Pero en lo que sobresale entre muchos siglos el siglo XVII de nuestra era es en los asombrosos progresos que entónces hizo la astronomía, sin los que siempre la geografía hubiera quedado muy imperfecta, y jamas se hubiera conseguido exactitud en la determinacion de los

ciesen en adelante las cartas de marear, y fuesen añadiendo lo que resultase de nuevo de las relaciones de los pilotos, a quienes tomaban juramento en ellas. Esta sabia ley es un testimonio honroso del empeño e interes con que miraba el gobierno de España los adelantamientos en la hidrografía.

La lista de obras geográficas y náuticas, publicadas por los españoles en los siglos XVI y XVII, manifiesta mas que todo quan en boga estaba entonces entre nosotros el estudio de este ramo de las ciencias exáctas, todavia no tratado científicamente en las naciones extrañas. En 1519 imprimió Martin Fernandez de Enciso, uno de los descubridores de la costa firme de Nueva España, la *Suma de Geografía*; en 1545, Pedro de Medina, su *Arte de Navegar*; en el 46, Pedro Nuñez, bien conocido por su ingeniosa invencion para dividir los instrumentos, el libro de *Arte atque ratione navigandi*; en 1551, el aragones Martin Cortes, su *Breve compendio de la esfera* &c. Las obras de este y las de Medina fueron traducidas con aplauso de los extraños a varios idiomas de Europa. En 1570, el catalan Gerónimo Girava publicó en Venecia una *Cosmografía y geografía*; en el 75 se imprimió en castellano, en Amberes, la *Manera de describir y situar los lugares* de Pedro Apiano, corregida por Gemma Frisio; dióse tambien a luz entonces la *Cosmografía* de Pedro Grau, de Tarragona, con una tabla de longitudes y latitudes de los principales pueblos de Indias; en 1599 la *Esfera del universo*, de Don Gines de Rocamora; en 606 el *Regimiento de navegacion*, de Andres Garcia de Cespedes, Cosmógrafo mayor de Felipe III; en 608 el *Compendio del arte de navegar*, de Rodrigo Zamorano, Catedrático de Cosmografía en la casa de contratacion de las Indias; en el mismo año la *Navegacion especulativa y práctica*, reformada por las observaciones de Tico Brahe, del Matematico portugues Antonio de Naxera; en 619 la *Cosmografía universal del mundo, y particular de la Siria*, del aragones Sese; en 626 la *Imágen del mundo*, de Lorenzo Ferrer de Maldonado, diestro y atrevido impostor de aquellos tiempos; y en 1681 la *Nueva descripcion del orbe de la tierra*, de Don Josef del Olmo.

lugares de la tierra. En efecto, quien sepa como la descripcion del globo terrestre depende de la perfeccion de la astronomia, no podra dexar de poner en los anales de la ciencia geografica, al frente de todos los siglos, á aquel en que se descubrieron los anteojos, se hallaron las leyes de Keplero, vino á ilustrar la razon humana la teoria de la atraccion, y se hicieron tan grandes experiencias para determinar la figura de la tierra, y para resolver otros problemas de la mayor importancia, por los individuos de la Academia de las Ciencias de Paris, y de la Real Sociedad de Lóndres. Mas á pesar de tanto como se hizo en este siglo, todavia el XVIII llama con mucha razon nuestro exámen, y puede sostener el paralelo con el XVII. En la astronomia nos ha dado el siglo pasado doce épocas muy importantes. El descubrimiento de un nuevo planeta, y de ocho satélites, la demostracion del retorno de los cometas, y la observacion y determinacion de sesenta y ocho cometas nuevos; la aberracion y la nutacion de las estrellas; el paso de Vénus, y la verdadera distancia del Sol, y de todos los planetas á la tierra; la figura de esta, y sus irregularidades; el cálculo de las desigualdades que produce la atraccion, especialmente de Júpiter y Saturno, el qual ha dado tablas exáctas de todos los planetas y satélites; las tablas de la Luna, las mas importantes de todas, llevadas á la precision de un quarto de minuto; en fin, la observacion de cincuenta mil estrellas, todo esto ha sobrepasado las esperanzas que se habian concebido hace cien años de los progresos ulteriores de la astronomia, cuyas aplicaciones son las que rectifican, ilustran y corrigen la descripcion de la tier-

ra ; pudiéndose , á tanto y tan admirable adelantamiento , añadir la perfeccion de los instrumentos con que se observa el cielo ; sectores , antejos meridianos , sextantes , círculos enteros , círculos de reflexion , telescopios de Short y de Herschel , compensador para los péndulos , cronómetros para la marina , todo ha tomado en el siglo XVIII un nuevo aspecto. En muchas poblaciones de Europa se han establecido observatorios astronómicos , á cuyos trabajos y atenta observacion de los fenómenos se debe la rigurosa determinacion de la longitud y latitud de los principales puntos y poblaciones ; y en nuestra España , á mas de los observatorios de la marina , entre los quales merece distinguirse por sus *efemérides* y observaciones el de la isla de Leon , cerca de Cádiz , el gobierno estableció uno en la corte , dotándole con copia de preciosos instrumentos ; y en 1796 tomó nueva forma y recibió considerables rentas por la proteccion del Excelentísimo Señor Príncipe de la Paz , á cuyo ilustrado zelo y amor á los adelantamientos geográficos se debe que el cuerpo de observadores tenga por ocupacion preferente levantar astronómica y geoméricamente la carta de la peninsula ; obra necesaria , obra que desean todos los amantes del honor nacional , obra , finalmente , que si se concluye , segun las esperanzas del público , llenará de gloria á sus autores , y al esclarecido Ministro que la promovió (1).

(1) En tiempo del Rey Don Felipe V se hicieron en toda la extension de las Audiencias del Reyno operaciones geométricas para acertar á construir una carta exacta y circunstanciada de España. Con arreglo á estas operaciones , y baxo los auspicios del Señor Marques de la Ensenada , trazaron la deseada carta los Padres Jesuitas

31 Los atrevidos viajes emprendidos con inteligencia y con auxilios científicos por mar y por tierra , han llenado de luces y de novedades las cartas geográficas en el siglo XVIII. Apenas ha habido nacion alguna de Europa que no haya querido distinguirse en esta gloriosa carrera. Sobre todo , ¿ cuánto no debemos á los navegantes rusos que visitaron y reconocieron las costas N.E. de Asia, y N.O. de América ; cuánto á Bougainwille, á Volney, á La-Perouse, á Entrecasteaux y á otros marinos con que se honra la Francia, quanto á los sabios franceses que acompañaron á Bonaparte en la expedición de Egipto ; quanto á los Capitanes Biron, Wallis y Carteret, al inmortal Cook, á los dos Forster, al intrépido Mckenzie, á Bruce, Brown, Horneman, y á tantos otros ingleses que, ó han surcado mares desconocidos y horrorosos, ó penetrado con arrojo en el fondo ardiente del Africa, ó en los salvages y helados paisés del interior del N. de América ; y quanto finalmente, á los marinos españoles de los viajes al Magallanes en 1786 y 88, y mas especialmente al Comandante y Oficiales de la expedición científica á las costas de América, Asia é islas del grande Océano, verificada con tanta sabiduría y felicidad desde 1789 hasta 1791? Se puede decir que despues de tantos y tan glorio-

Martinez y de la Vega, desde 1739 hasta 43, y exito perfectamente dibujada, y con un precioso detalle de montañas, rios y demas objetos de la geografia física en la biblioteca del Señor Duque del Infantado, de donde la copió un amigo mio, en cuyo poder la he visto, dividida en veinte y tres hojas. Es bien doloroso que este resultado de nuestros trabajos geograficos, tan util y necesario en las operaciones del gobierno, y en las investigaciones literarias, no haya visto la luz pública, y quede continuado en los oscuros rincones de un archivo.

ses viages , despues de tan nuevos é importantes descubrimientos , el mundo es ya otro , y no es posible abrir un mapa del siglo pasado , sin que nos llene de justo orgullo , comparando la tierra que pintaban nuestros antepasados con la que nosotros legamos á los siglos futuros , por resultado de nuestras empresas , de nuestra ciencia y de nuestros heroycos esfuerzos.

32 No puede haber duda que los viages son la mejor guia de un escritor , y que en general las sencillas relaciones de los viageros y navegantes merecen preferirse á las mas delicadas descripciones de algunos geógrafos que no han dexado su gabinete para ir á verificar los hechos sobre los puntos del globo que describen ; por lo que la multiplicacion de estos viages y de estas navegaciones debe mirarse como el mejor auxilio que la geografía haya podido recibir. Es verdad que los viageros no siempre han visto bien el mundo, algunas veces no estan de acuerdo , y aun quando hablen de buena fe , mil causas pueden extravíar su juicio ; pues si cien bombres , como decia Plutarco , leen un mismo libro , sin leer las mismas cosas , lo mismo debe suceder en el modo con que los viageros ven qualquier objeto. Pero en el supuesto de haberse de tomar las noticias geográficas de algun original , ¿ quién será mas digno de crédito , quién tendrá mayores derechos á nuestra confianza , el sabio escritor que en su retirado y angosto gabinete establece brillantes teorías , y pinta los países y los mares segun los principios de su sistema , y con la marca de sus preocupaciones , ó el intrépido viagero que expone heroycamente su vida por buscar la verdad en las regiones mas lejanas ? ¿ El

gran Buffon, y el laborioso Maupertuis, sosteniendo la existencia de un continente en el hemisferio austral, porque así lo *exige*, decían, el *equilibrio del globo*; ó el inmortal Cook, que rodeado de montañas de hielo mas allá del círculo polar antártico está viendo con riesgo inminente de sus preciosos dias que no existen tales tierras? Hombres extraordinarios y superiores á la muerte; vosotros Houghthon, Parck y Browne, que sufristeis los ultrajes, la hambre y las prisiones por conocer el interior de la Africa; vosotros Cook, La-Perouse, Langle, Entrecasteux, Ledyard, que modernamente habeis sido víctimas del noble anhelo de conocer mas hombres para llenarles de beneficios; tú, admirable Menckie, que penetrando por entre los bosques y salvages del Canadá has llegado en las latitudes septentrionales desde las orillas del atlántico hasta las del grande océano, y hasta las del mar hiperbóreo; tú, valeroso Humboldt, que ansioso de adquirir caudal de conocimientos has reconocido lo mas horrible é intransitado de la América meridional, andando mil leguas en canoa, y llevando instrumentos hasta la altura á que ningun hombre habia llegado; vosotros, finalmente, todos quantos os habeis atrevido á arrostrar las olas del proceloso océano, que encierra los mas dulces individuos de la especie humana, y todos los que por instruirnos mas completamente en la habitacion de los hombres perdisteis las dulzuras de vuestra familia, las comodidades de vuestra patria, y dividisteis con vuestro equipage y compañeros, ó sufristeis sin compañía la hambre, la sed, los encierros, las enfermedades y acaso una obscura muerte no acompañada de lágrimas ni de amigos;

seres benéficos , dignos de eterno amor , y de la gratitud de vuestros semejantes ; merecerán las relaciones que escribisteis en medio de las olas del océano , al lado de espantosos volcanes , en el hedor de las prisiones , en el cansancio de ásperos caminos , y con una mano ó enervada por los ardores de la zona tórrida , ó comprimida por el hielo de las vecindades del polo , ser preferidas en mi obra á las deslumbradoras ideas , á las brillantes pinturas de aquellos sabios que , sentados en el muelle sofá de su librería , sujetan al mundo á sus opiniones , y le ven no como es en sí , sino al traves de sus queridos sistemas. Jamas leerá la historia de vuestros descubrimientos sin interes y entusiasmo este jóven que os admira desde su infancia , y que gustoso se arrojara en medio de los riesgos que arrostrasteis con heroismo , si de este sacrificio le hubiera de resultar la gloria que eternamente irá unida con vuestros nombres. Permitaseme esta digresion : el oficio del escritor seria muy peposo si alguna vez no le fuese lícito ceder á los estímulos del sentimiento que le oprime.

33 Con estos viages tan importantes han concurrido en el siglo próximo expediciones sabias, promovidas por las naciones de Europa para rectificar la hidrografía de las costas , ya en la metrópoli , y ya en las colonias ultramarinas , como tambien el establecimiento de *Depósitos Hidrográficos*, donde oficiales diestros combinan, reúnen y analizan los trabajos de los navegantes. Son muy conocidas las ventajas que han resultado del depósito de Francia , y no menores las que ha producido el de España , donde se han juntado y aprovechado todos los diarios y observaciones de nuestros pilotos en varias partes del mundo , y

donde se han publicado con nueva exáctitud las cartas mas necesarias para la navegacion. Ya ántes de este establecimiento las campañas de Don Vicente Tosiño nos habian proporcionado un atlas de nuestras costas , que puede competir por la sabiduría de sus fundamentos , y por la execucion , con lo mejor que en esta clase se ha hecho en Europa ; y posteriormente Churruca, Fidalgo, Galiano y otros oficiales de marina han dado nuevo ser á la hidrografia de América. Rossili , xefe del depósito de Paris , publicó una detallada carta del mar de Arabi : los atrevidos viages y observaciones de Beauchamp han corregido crasísimos errores en la descripcion del mar Negro : los ingleses han levantado geométricamente una magnífica carta del curso del Ganges : los suecos , despues de muchos años de operaciones y reconocimientos , han dado á luz un soberbio detalle de las costas é islas del Báltico : los rusos por su parte trabajan en describir casi todos los mares que estan sujetos á su inmensa dominacion , y :: pero seria nunca acabar si pretendiese decir solo de paso lo que la hidrografia debe en el siglo XVIII á los desvelos é ilustradas tareas de todos los pueblos marítimos de Europa.

34 Produxo ademas este siglo sabios geógrafos , que con sus disertaciones , crítica y exámen han hermosteado las áridas relaciones de los viajeros , reunido materiales para la historia de la geografia , y comparado unas observaciones con otras , para deducir la verdadera situacion de los lugares , y trazar las cartas con exáctitud. Dalrimple , Renell y Arrowsmith , en Inglaterra ; Gosselin y Fleurieu , en Francia ; Zack , en Alemania , son por esta razon leidos con interes y uti-

idad; habiendo hecho á la geografia el mismo apreciable servicio que Del'Isle y Danville en el siglo xvii. Se han formado tambien establecimientos para promover el reconocimiento del globo, entre los cuales merece distinguirse la sociedad africana de Lóndres; así como entre los ricos particulares, cuya bolsa ha estado siempre abierta al socorro de los viageros indigentes, ó al auxilio de toda empresa útil á la geografia, el respetable y sabio ingles Josef Banks, en otro tiempo compañero del desgraciado Cook, y ahora Presidente de la Sociedad Real.

35 A pesar de tantos adelantamientos en el siglo xviii, á pesar de estar ya reconocidos los últimos rincones del globo, y que apenas queda nada por explorar, todavía el siglo xix promueve viages y proyectos en bien de la geografia, que le hacen muchísimo honor, y que pueden conducir al perfecto conocimiento de la tierra, y á la mas rigurosa precision en las latitudes y longitudes de los puntos interesantes. En efecto, si este siglo se ha abierto en los anales de la astronomia con la gloriosa novedad del descubrimiento de dos nuevos planetas, tiene ya en los primeros años algunos títulos, que le deben dar un dia lugar distinguido en los fastos de la geografia. Los Capitanes franceses Baudin y Hamelin estan dando la vuelta al globo en viage de descubrimientos, acompañados de naturalistas y astrónomos (1): el ingles *Flinders*, Comandante del *Investigador*, se halla reconociendo científicamente las aguas del grande océano, y el Te-

(1) Posteriormente se ha sabido la muerte de Baudin, en su viage. La expedicion francesa ha vuelto ya á Brest cargada de tesoros de historia natural.

niente Grant las costas de la New-Gales. También dan la vuelta al mundo, y ya se sabe ha salido de Tenerife dos baxeles rusos al mando de Mr. de Krusensterre. Los Capitanes anglo-americanos Lewis y Glark viajan por lo interior de la América septentrional con el objeto de reconocer el origen del Missisipí, y embarcarse despues en algun rio caudaloso para salir al grande océano. Se espera la publicacion del viage marítimo á levante, hecho baxo los auspicios del Señor Príncipe de la Paz por la fragata *Soledad*, al mando de Don Dionisio Alcalá Galiano, cuyas observaciones corrigen mucho la defectuosa hidrografía de la parte oriental del mediterráneo, y tambien se interesan sobremanera los amantes de las ciencias en el feliz éxito del que ha emprendido al interior de la Africa un jóven español, Don Domingo Badía, protegido del mismo Mecenas. El célebre astrónomo Mechain está actualmente prolongando hasta Mallorca la meridiana de Francia, obra difícil y de importantes conseqüencias, executada por Casini, La Hire, La Caille, Delambre, por el mismo Mechain y otros insignes geómetras; y el Rey de Suecia costea una expedicion científica al círculo polar para hacer nuevas medidas de un grado septentrional de la tierra, que sirvan á determinar mejor su figura. El depósito de la guerra de Francia ha hecho construir una magnífica carta del Egipto de treinta y dos pies de larga: se levantan tambien en gran punto, y con excelentes fundamentos las de Baviera, Suavia y Wesfalia en Alemania con igual escala á la de Francia de los Señores Casini: en la cátedra de astronomía de Copenhague se preparan discípulos para levantar

la de Islanda; en el año pasado decretó la República italiana que diferentes astrónomos y geómetras la levanten de todo su territorio; y el Teniente Coronel Kraienhoff trabaja en formar un mapa trigonométrico de la República báltava, que suponen quedará concluido en este verano. Tan grandes son los materiales que en solos quatro años ha dispuesto y preparado nuestro siglo como títulos de su mérito literario en la historia de la geografía.

36 Despues de haber demostrado la universal utilidad de la geografía, y el empeño con que se han interesado en sus progresos las naciones mas sabias, podrá preguntarse ¿por qué esta ciencia, tan deliciosa y tan necesaria, apénas se cultiva entre nosotros, y por qué no forma parte de nuestra educacion literaria? No trato yo aquí de indicar las muchas y verdaderas causas de este abandono indecoroso; pero no puedo ménos de hacer la siguiente reflexión. Es indudable que nunca habrá geógrafos de profesion miéntras la geografía no se haga en España una ciencia de interes como las demas carreras; pero sin grandes estímulos, sin esperanza de grandes premios se podrá propagar entre la juventud el estudio de la geografía, y extender en todas las clases unos conocimientos que tanto les han de servir en la sociedad, ó en los destinos á que les llame su carrera pública. Esto se conseguirá creando muchas enseñanzas de nuestra ciencia en las universidades y establecimientos literarios del Reyno, los quales rebotando en escuelas de las ciencias que llaman *magistrales*, jamas han pensado en abrir una de geografía; y aun en estos últimos años, los autores de nuevos planes ó institutos

olvidaron, por inexplicable ceguera, señalar á la geografía su escuela y sus profesores quando protegiéron justamente casi todos los demas ramos de las ciencias naturales. La juventud facilmente omite en el plan de su educacion lo que no se le enseña, y fácilmente tambien cree ser poco útil lo que ve tan generalmente abandonado. De aquí procede la ignorancia universal aun de los mas sencillos principios de esta ciencia entre los militares y comerciantes, que son las clases que mas la necesitan, ignorancia que da una idea muy poco ventajosa de nuestra cultura. La publicacion de estas lecciones, ofreciendo un texto, que hasta ahora faltaba, con que explicar los elementos de la geografía, podrá ser un estímulo para el establecimiento de cátedras donde se enseñen. Si contribuyen á tan gran fin de qualquier modo, mi trabajo habrá recibido la recompensa mas gloriosa.

LECCION PRIMERA.

Primeros viajes de los hombres. Observacion de las estrellas circumpolares y del polo ártico. Descubrimiento y descripcion de la brújula. Irregularidad de sus variaciones.

1 Apenas existieron los hombres, ya se vieron precisados á viajar, y á proporcion que sus necesidades y conocimientos se multiplicaron, y sus relaciones se extendieron, mayor fue la necesidad de los viajes; pero echaron pronto de ménos algunas señales ó guias que les indicasen el parage donde se hallaban, y la direccion del camino. Sin duda se servirian al principio, en tierra, de medios groseros aunque conducentes para el fin: los árboles, las colinas, las chozas, los rios, otras mil señales que presenta la superficie variada del globo terrestre, conduxéron al viajero, y le dirigieron sobre todo en viajes no muy largos. Pero en la mar, en la inmensa masa de las aguas, donde léjos de reconocerse objetos distintos que den idea de nuestra situacion, la horrorosa uniformidad de quanto le rodea, dexa al navegante en la triste ignorancia del parage en que se encuentra, y del camino para el término de su navegacion, no era posible gobernarse con alguna seguridad.

2 Por esto los primeros hombres jamas se atrevieron á enmararse; navegaban lenta y medrosamente á lo largo de las costas, no apartándose de la vista de los cabos ó ensenadas que les servian de señales, ó dirigiéndose, quando mas, por el vuelo de los páxaros. Tales fuéron los via-

ges náuticos de los antiguos griegos, quienes miraban como extraordinarias y aun milagrosas, navegaciones, cuya direccion podria hoy fiarse al piloto ménos instruido.

3 Suponen que los fenicios, pueblo consagrado al comercio por su situacion local y sus costumbres, arrancaron la primera vez al cielo una señal fixa que les guiase en los viages náuticos, y que á esta feliz aplicacion de la astronomía, acaso la que mas ha contribuido á facilitar la comunicacion entre los miembros de la especie humana, debieron el feliz éxito en las arriesgadas y largas navegaciones que emprendieron, y que hoy excitan aun justamente nuestra admiracion. Los primeros hombres, que se entretuvieron mirando al cielo despacio en noches serenas, observaron que todos los cuerpos luminosos ó estrellas esparcidas en la gran bóveda celeste andaban un círculo en el espacio de veinte y quatro horas, segun manifiestan las apariencias; pero que estos círculos eran tanto menores quanto se hacian mas cerca de algunas estrellas que parecian inmóviles, porque miradas en qualquiera estacion y á qualquier hora del año, se hallaban en el mismo sitio, las cuales por consiguiente podrian serles término seguro de comparacion. Advirtieron que el sol á cada mediodia, en su mayor elevacion, estaba en el punto opuesto al lugar que corresponde á estas estrellas, y con esto tuvieron la primera idea de la *línea meridiana*, y una regla fixa para conducirse en sus viages de tierra con mas seguridad que con los primeros signos. Bastaba saber que para ir á cierto pais se debia seguir aquella línea, caminando hácia el sol ó hácia el lado opuesto; ó que para ir á otro debia cortarla el

camino con cierta obliquidad. Aplicados estos principios á la mar, se dirigieron con algun tino y tal qual acierto las navegaciones.

4 Observando con mas atencion las estrellas que dirigian la meridiana, y que se habian tenido por inmóviles, se vió que no lo eran, antes bien se movian como las otras; pero se llegó á conocer que su muy pequeño movimiento, no advertido, habia estorbado observar que no correspondian á los mismos lugares del cielo; que realmente ya estaban mas elevadas, ya ménos, y que en el tiempo de cerca de una revolucion del sol se hallaban una vez en su mayor, y otra en su menor altura. Vióse tambien que describian en los cielos sus círculos al rededor de un punto que se hallaba en su elevacion media, y que á este punto, el único verdaderamente inmóvil, debian dirigir la meridiana. Este punto importante fue llamado *polo* (palabra griega que quiere decir *volver*), y tambien *norte*. Para conocer su situacion sirve la observacion de una estrella la mas próxima al polo, la que por esta razon tuvo el nombre de *estrella polar*. Entónces se pudieron rectificar las primeras meridianas que se habian dirigido groseramente á las estrellas cercanas al polo, mirándolas como inmóviles, dirigiéndose en adelante no ya hácia aquellas estrellas cuya situacion variaba, sino á aquel punto al rededor del qual giraban todas, y que sensiblemente no distaba de la estrella polar (1).

5 Es muy fácil distinguir en el cielo la *estrella polar*, y deben dedicarse á conocerla desde luego los principiantes. Qualquiera hombre que

(1) Maupertuis *Elemente de Geographie*.

nunca haya hecho observaciones astronómicas, si tiene la paciencia de examinar en una noche diferentes estrellas, observando su altura y posición con referencia á algun campanario, montaña ú otro objeto notable, advertirá que hay una bastante hermosa que conserva la misma situación con insensible diferencia toda la noche, y esta es la polar. Si de este modo no acertase á reconocerla, podrá valerse de otro medio mas breve y muy seguro. Es muy conocida aquella constelación ó grupo de estrellas compuesta de siete principales que el vulgo llama *carro*, porque efectivamente se parece algo á un carro, y los astrónomos *osa mayor*. De sus siete estrellas, quatro forman un qua trilátero casi rectángulo, y las otras se siguen en línea recta como manifiesta la figura (*fig. 1*). Si se imagina un arco ó línea recta conducida por las dos estrellas α y β , su prolongación hácia la parte de la estrella α pasará muy cerca de la polar, que está con corta diferencia tan distante de la α como esta de la γ de la osa mayor. Los romanos, como creían ver en la osa mayor la figura de un carro, y llamaban *teriones* á los bueyes que tiran del carro, *quia aratione terram terunt*, porque quando aran trillan la tierra; diéron el nombre de *septentrio* á las siete estrellas principales de esta constelación, y nosotros actualmente llamamos á veces septentrion al punto del cielo hácia donde se hallan. La *osa mayor* se distingue de la *osa menor*, otra constelación que tiene la misma figura que ella, y que le es paralela aunque en situación trastornada. La estrella polar forma el extremo de la cola de la osa menor. Solemos tambien llamar *boreal* al polo que indica el norte, y otras

veces *ártico*, adoptando el modo de hablar de los griegos que daban el nombre de *arctos* á las estrellas circumpolares.

6 No hubo en muchos siglos otro medio para conocer el norte, que la observacion de la estrella polar. Efectivamente es el mas seguro, pero no siempre practicable. Así, con este solo auxilio no salvaban los hombres el terrible inconveniente de quedarse sin guia quando la atmósfera cubierta, en tiempo de lluvia ó tempestades, impedía la vista de los astros. Nunca se hubieran surcado los mares con cierta confianza, y nunca se hubieran emprendido las dilatadas y peligrosas navegaciones que nos han llevado á los extremos del globo terraqueo, si la prodigiosa propiedad del iman de dirigirse hácia el norte no hubiera asegurado á los hombres, en qualquier estacion y circunstancias, el conocimiento de este punto en el cielo. Aquí no es lugar de describir todas las propiedades del iman, que se comprehenden bajo el nombre genérico de *magnetismo*, ni de examinar las hipótesis que se han imaginado con mas ó ménos ingenio para descifrar este enigma, todavía misterioso de la naturaleza. A la física toca de propósito tales discusiones. Me contentaré con decir que el iman es una piedra que se halla en casi todas las minas de hierro y cobre, ó en sus proximidades, y es ordinariamente del mismo peso que aquel metal, ó á corta diferencia, dura y obscura, ó del mismo color que el fierro, aunque algunas veces es blanquecina, azul ó negra, y recibe la impresion de la uña; que por una propiedad constante puesta en libertad, y sin que haya en las inmediaciones cosa que embarrace su movimiento, se dispone siempre de

modo que una parte de ella mira al norte, y otra al punto opuesto: que esta admirable propiedad la comunica á todas las materias de su especie frotándolas con el iman, y que modernamente los sabios físicos han descubierto medios de dar á unas barritas de acero, aun sin el toque de la piedra, una fuerza magnética extraordinaria. Son muy comunes estas barras magnéticas, y se prefieren como superiores al iman natural, llamándose *imanes artificiales* los que han adquirido la propiedades magnéticas por este ú otro camino.

7 No admite duda que los antiguos conocieron en el iman otra propiedad que tiene, y es la de atraer al hierro, y aun tal vez la de rechazarlo quando estando imanado se le presenta por el polo del mismo nombre, ó por el extremo que se dirige al mismo punto de la meridiana. Pero el mas bello y útil descubrimiento magnético, la propiedad de dirigirse constantemente á los polos del mundo, no se halló hasta los siglos medios, por mas que algunos autores, amigos de dar á todos los grandes descubrimientos un origen antiguo, pretenden fue conocida desde las edades mas remotas. Aunque sea difícil establecer la precisa época de este descubrimiento, se puede desde luego asegurar no haberse debido, como por lo comun aseguran los historiadores, al italiano Flavio Gioya, natural de Amalfi, en el siglo xiv de nuestra era, pues en el xiii era ya muy general entre los navegantes el uso de la brújula, instrumento que, como luego diré, está fundado en la propiedad directiva del iman. Nuestras leyes de la Partida, escritas en aquel tiempo, lo apoyan y comprueban en términos expresos; pero ó fuese el poderío de la costumbre, ó la poca confianza

de una guía nueva, los pilotos no abandonaron las costas ó se enmararon á muy poca distancia de ellas. Así lo prueba sobre todo la derrota de Juan Betencour quando fue desde la Rochela á la conquista de las Canarias, cuyas islas miraban sus marineros como tierras incógnitas, adonde los llevaban á morir obscura y miserablemente; y así tambien lo prueban las navegaciones medrosas y lentas de los descubridores portugueses á principios y mitad del siglo xv. Poco á poco se desvaneciéron los vanos temores, y empezáron los navegantes á enmararse con espíritu, fiados en la bruxula, como lo manifiestan el descubrimiento y viages á las islas Azores en el mismo siglo xv, y sobre todo la atrevida y feliz navegacion de Colon á fines del mismo.

8 La *brúxula*, que á veces se llama *aguja náutica* porque su uso mas comun es en mar, bien que de no corta utilidad en tierra, consiste principalmente en una planchuela imanada dispuesta á propósito para indicar la direccion de la meridiana. A la planchuela, que deberá ser con preferencia, simple y recta, y de acero templado, y bruñirse con la perfeccion posible, se dan las virtudes magnéticas con el toque de un iman natural ó artificial por los métodos que prescriben los físicos y con las precauciones de que hacen uso para asegurarse de la virtud de las ya imanadas; estas, si han de servir en la brúxula, deben suspenderse de modo que quedando libres, no sufran oposicion en la fuerza directiva para mantenerse en la meridiana, ó volver á ella quando se hayan desviado. La suspension, comunmente adoptada, consiste en una punta ó *estilo* de acero *fixado* verticalmente, sobre el qual queda en

equilibrio la planchuela, á la que para este se abre un taladro, cuyo diámetro no exceda mitad de su ancho, y en él se introduce una especie de cono que se llama *chapel*, construido de un cuerpo lo mas duro que sea posible, como vidrio ó ágata, y que admita un pulido bastante perfecto. El chapel que se engasta en latón, y se une por un tornillo á la planchuela, debe ser un sólido de revolucion de forma cónica hueco tanto interior como exteriormente, para que el punto de suspension sobre el estilo sea siempre el mismo, y corresponda al vértice de conoide, y para que en todos movimientos y posiciones se halle el conjunto bien equilibrado. La punta del estilo se proporciona al chapel al fin de que este quede bien sentado sobre aquel por su vértice interior, y por la menor superficie dable. Así un estilo, como la punta de una aguja algo servida, es excelente para el uso que tiene en la brújula.

9 La suspension de la planchuela la hace movable; pero si es en exceso puede ser una desventaja, sobre todo en la mar, pues quanto mas movable sea, se aumenta el número de sus oscilaciones antes de pararse en la meridiana magnética. Para evitarlo suelen encolarse perpendicularmente debaxo de la rosa que se une á veces á la planchuela, y de que luego hablaré, diversas alitas de papel, y estas, sin cargarla, oponen al ayre una resistencia que disminuye mucho las oscilaciones. Para mantener el estilo vertical en las agujas que se destinan á observar en tierra, basta fixarle perpendicularmente en un plano, como una tabla, que pueda en todo tiempo hacerse horizontal por un nivel ú otro medio, tal como esta

dispuesto en la agujita de Jorge Adams, que sirve en mi Cátedra, y cuyo diseño acompaña (*fig. 21*); pero en las de mar es necesario además algún artificio para que este plano quede siempre en la misma posición á pesar de los movimientos irregulares y variados de la nave. Con este fin, el estilo de la aguja se fija en la oquedad de la caja llamada *mortero*, la que se suspende dentro de otra caja en que queda libre para conservar su posición por medio de dos círculos concéntricos ó cuadrados que giran sobre exes encontrados, ó por otros medios que los artistas han pensado con resultados mas ó ménos felices. Sea A B C D el mortero (*fig. 2*), el que por medio de dos cilindros E F que penetran el círculo E G F H, puede girar libremente sobre E F como eje; la figura manifiesta que este mismo círculo puede tambien girar al rededor del diámetro G H perpendicular á E F por medio de los dos cilindros G H entrantes en la caja exterior, de modo que el mortero puede disponerse segun conviene, rotando al mismo tiempo sobre E F y sobre G H.

10 Es bueno que el estilo se estornille al fondo del mortero, y que pueda quitarse y ponerse quando se quiera, para exáminar y componer la punta. El mortero suele ser de metal para que la aguja quede mas sólida, y á su fondo suele añadirse un peso considerable, que disminuya la movilidad, y le dé mas disposición para conservar la situación que se requiere. Generalmente en todas las piezas de metal que componen la aguja, se exámina si contienen partículas ferruginosas para no hacer uso de ellas. Con el fin de resguardar la planchuela de las impresiones del ayre, la

parte superior del mortero se cubre con un cristal ó vidrio, con tal que esté libre de las irregularidades que impiden ver los objetos en su verdadera posición, y que reflexando irregularmente los rayos de luz, ofuscan la vista de quien mira.

11 Se ha advertido en las planchuelas imanas un fenómeno que se llama *inclinacion*, y consiste en que una planchuela, que ántes de imanarse se mantenía perfectamente en equilibrio, ó cuyo plano quedaba bien paralelo al horizonte sobre un estilo ó eje, luego que está imanada pierde el nivel, y se inclina en nuestro emisferio hácia el polo boreal, y hácia el punto opuesto en el emisferio austral del globo. Quando las agujas no se destinan á observar los efectos de esta inclinacion, que es tanto mayor quanto mas cerca se está de los polos, y cuyas irregulares variaciones han dado copiosa materia al examen de los físicos mas sagaces, se destruyen los efectos de ella limando un poco la parte preponderante, poniendo algo de lacre á la opuesta, ó, lo que es mejor, ciñendo la planchuela con un anillito de metal que pueda correr hasta el parage que convenza para que quede nivelada. — Mr. D'Aprés halló por muchas experiencias que la accion recíproca de dos planchuelas se extiende hasta la distancia de catorce pies; por eso si se hallan dos observadores con dos agujas, deberán situarse á bastante distancia uno de otro; debe igualmente evitarse que el parage donde se sitúa la aguja esté lejos de todo fierro ó cuerpo ferruginoso que la llame á sí, y la distraiga de su direccion al norte, sin que baste para evitar las alteraciones de la planchuela el interponer cuerpos entre el fierro y la aguja, porque el iman actúa al traves de todos

los cuerpos, á excepcion del mismo iman y del fierro, aun sin disminucion sensible de su efecto.

12. Con el descubrimiento de la propiedad directiva del iman, y la construccion, hoy muy perfeccionada, de brúxulas magnéticas, parece que se tenia ya un medio seguro y constante de averiguar nuestra situacion respecto al norte, con solo mirar un viagero ó un navegante las indicaciones de este instrumento sencillo. Pero quando se quiso sacar de él gran partido en largas navegaciones, se advirtió en la planchuela un fenómeno que quitó desde luego la seguridad absoluta, y para cuya correccion han servido despues útilmente las luces de la astronomía. Este fenómeno, de grande importancia en la geografía y nautica, se conoce con el nombre de *declinacion* (1), y se reduce á que del mismo modo que los imanes naturales, qualquier iman artificial puesto en libertad, como la planchuela de la aguja, generalmente se aparta de la verdadera linea meridiana; y la cantidad de esta variacion, aunque bastante conforme en todas las agujas bien construidas, es, como la inclinacion, diferente en las varias regiones del globo, y solo nula en lugares particulares; con el tiempo tambien se altera en el mismo parage, y aun en el término del mismo dia la declinacion experimenta ciertas vicisitudes cortas que probablemente proceden de una causa idéntica, modificada por el influxo de la planchuela y de las estaciones. Son ménos irregulares en mar que en tierra las alterziones de la

(1) Suelen confundirse la *declinacion* y la *variacion* de la brúxula. Sin embargo, estas dos expresiones no significan lo mismo: *variacion* indica la cantidad en que *varia* la *declinacion* cada año en un mismo parage o lugar.

aguja, sin duda porque aquí las causas locales tienen mayor influjo. En ciertos parages del globo reside alguna causa oculta que altera, suspende ó destruye el magnetismo de las planchuelas, de lo que ofrece exemplos muy singulares la historia de la navegacion. El metéoro conocido con el nombre de *aurora boreal* (1), y la electricidad no solo de la atmósfera, sino aun del mismo vidrio que cubre el mortero, las agita tambien y altera sobre manera, por lo que es precaucion importante no exponerlas mucho tiempo á los rayos del sol ó al viento.

13 Mucho han meditado los sabios físicos para atinar con la ley que sigue la variacion, y despues de las inútiles, pero laudables tentativas de los marineros españoles de fines del siglo xvi y xvii, merecen distinguirse particularmente los trabajos de Halley, Dodson, Euler y Buffon entre los extranjeros. Pero todas las teorías, proyectos ó hipótesis que podrán conducir con el tiempo á descubrimientos importantes, y que siempre hacen honor á sus autores, no han sido suficientes para atinar hasta ahora con la ley de las variaciones; y á la verdad, comparando todos los elementos podría creerse que no la hay constante. Siendo pues inútil la aguja si no se conoce la cantidad de su desvío de la meridiana, y siendo por otra parte imposible adivinar la declinacion que convendrá siempre a un lugar y tiem-

(1) La *aurora boreal* es un metéoro luminoso, cuya causa no está aun bien conocida en nosotros. Las teorías de Miran y Laves, que aparece en las regiones próximas al polo todas las noches durante su larga permanencia en el cielo está sereno; y por eso se menciona también en las sublimes poesías de Ossian. Alguna vez ha aparecido tambien en los países meridionales de Europa.

po determinado, es preciso para servirse útilmente de tan precioso instrumento, averiguarla de tiempo en tiempo, lo qual es mas urgente navegando ó viajando, porque entónces se acumulan las dos desigualdades de tiempo y lugar, y repetir las observaciones para corregirla con precaucion y cuidado. En las lecciones siguientes se hablará de los medios que enseña la astronomía, á fin de hacer con exáctitud estas correcciones, y de adquirir cabal conocimiento de la cantidad que la aguja se aparta de la línea meridiana, en qualquier instante que nos importe saberlo. Por ahora concluiré advirtiéndolo que la declinacion es ya hácia uno, ya hácia otro lado de la meridiana, y que se distingue llamándola *variacion oriental é nord-este* quando el polo boreal magnético cae á la derecha del verdadero norte, y *occidental é nor-oeste* quando cae á la izquierda.

14 Aunque los extrangeros atribuyen el descubrimiento del fenómeno de la declinacion á Sebastian Caboto en 1497, es cierto que quien primero la observó fue Cristóbal Colon en su primer viage al nuevo mundo, año de 1492, despues de haber perdido de vista las Canarias. Así lo dice formalmente Herrera en sus *Decadas de Indias*. Excitó esta observacion tal novedad y sorpresa, que la gente se conmovió creyendo que no dirigiéndose la aguja al norte serian todos victimas de la tenacidad y ambicion que siniestramente achacaban al Almirante.

LECCION II.

Horizonte. Zenith y Nadir. Rosa de los treinta y dos vientos con su aplicacion á la brújula. Verticales. Círculos de Almicantarath. Equador. Meridiano. Amplitud, Azimut y Declinacion de los astros.

15 Antes que la astronomía nos enseñe nuestra verdadera posicion en el espacio y el órden de movimientos de los cuerpos celestes, se cree que la tierra está metida dentro de un globo inmenso que se llama *cielo*, en el qual se hallan fixas las estrellas, siempre á la misma distancia unas de otras, y baxo del mismo, el sol, la luna y los planetas giran en rededor de ella en veinte y quatro horas: tal es la idea que nos formamos quando sin principios ni enseñanza nos ponemos á observar en una noche ó en un dia, y ocupamos un sitio alto y despejado. Aquel ámbito celeste que reparamos entónces al rededor de nosotros, y que limita la vista por todos lados, terminando en la superficie de la tierra, se llama *horizonte* ó *terminador*, círculo que separa la parte visible del cielo de la invisible; pues los astros no se nos dexan ver hasta que se asoman por él, y entónces se dice que *nacen*, y que se *pouen* quando se esconden debaxo. Se distinguen el *horizonte sensible*, y el *racional* ó *matemático*.

16 Sea T la tierra en forma de una esfera ó bola (porque los hombres, como veremos luego, tardaron poco tiempo á darla esta figura) (*fig. 7*); A y B dos puntos opuestos de su superficie. Si

por estos dos puntos se conciben dos planos tangentes á la superficie terrestre, los cuales serán paralelos entre sí, y se les supone prolongados por todas partes hasta que encuentren al cielo, y formen en él las secciones circulares $H O Z R$, $H' O' Z' R'$; entónces $H O Z R$ será el horizonte sensible del lugar A ; y $H' O' Z' R'$ del lugar B , cuya situación en la tierra es enteramente opuesta á la de A . Es pues el *horizonte sensible* un círculo tangente de la superficie de la tierra; y no puede dudarse que separa la parte visible del cielo de la invisible, porque un observador puesto en A no puede ver mas que lo que está encima del plano $H O Z R$, estorbándole la superficie de la tierra ver lo que está debaxo. Lo contrario sucede al observador en B , que no puede ver sino lo que con respecto á su situación está encima del plano $H' O' Z' R'$. La figura manifiesta que entre estos dos horizontes hay un espacio ó zona que no pueden ver ni el observador en A , ni el que está en B , lo que sucede siempre que el ojo se suponga en la superficie; pero el diametro $A B$ de la tierra es tan pequeño en comparacion de la distancia de este cuerpo al cielo ó á las estrellas, que el arco $II H'$, comprendido entre los dos horizontes, puede pasar por insensible casi siempre, y siempre por de muy poca monta (1), y pueden sin error tomar-

(1) Se puede concebir fácilmente que la tierra es un punto respecto á las estrellas, cuya distancia de nosotros es inmensa, observando lo que pasa hallándonos al extremo de una calle muy larga de arboles; pues entónces los dos lados insensiblemente se aproximan de suerte que desapareciendo la distancia de los dos últimos árboles, nos parecen el uno y el otro en la misma posición, bien los miremos á lo largo de la línea que está á la derecha, bien á lo largo de la que está á la izquierda.

se uno por otro, y ambos por uno solo que pase por el centro T, y este es el que llamamos *horizonte racional*, el qual por consiguiente es un plano que pasa por el centro de la tierra, paralelo al horizonte sensible que toca la superficie de la misma en el punto donde se supone el ojo; y como divide en dos partes iguales la masa terrestre, y la bóveda celeste en que esta se supone encaxonada, se llama con propiedad *círculo máximo* de la esfera.

17 Si por el centro T de la tierra se imagina una recta L K perpendicular al horizonte racional, y por consiguiente al sensible, los puntos L y K, donde esta recta prolongada encuentra á la esfera celeste, se llaman *polos del horizonte*; el que está encima de la cabeza del observador tiene el nombre particular de *zenith*, y de *nadir* el que está baxo sus pies; así K es el zenith de un observador situado en A, y L su nadir: estos mismos puntos tendrán la denominacion contraria para el observador en B. La línea que se supone ir del zenith al nadir se llama *eje del horizonte*, y tambien *línea de aplomo* por ser la que sigue el plomo y todos los cuerpos con su gravedad natural; y una superficie de aguas estancadas de corta extension, determina en la tierra la posicion de la línea horizontal que siempre forma ángulo recto con la vertical ó de á plomo. Como el zenith es el punto mas alto del cielo, está á 90° de todos los del horizonte; por consiguiente quando un astro está 60° mas arriba del horizonte, dista 30° del zenith, pues $60 + 30 = 90$. Podremos pues decir que la *altura de un astro es el complemento de su distancia al zenith*. Si nos figuramos un círculo que dé la vuelta al cielo pa-

ando por el zenith y nadir, habrá 180° , ó un semicírculo de un lado, y otro tanto del otro; y al círculo llamamos *vertical*.

18 Podemos pues definir á los *verticales* unos círculos máximos de la esfera que pasan por el zenith y nadir de qualquier punto de la tierra, y por consiguiente son perpendiculares al horizonte, y tantos como puntos tiene este círculo. Sirven los *verticales* para determinar la *altura* de los astros, y de qualesquiera puntos del cielo sobre el horizonte, la que no es otra cosa sino el arco del vertical que pasa por el centro de un astro, ó por un punto qualquiera del cielo, comprendido entre este y dicho horizonte, y expresado en grados, minutos &c. que se empiezan á contar en el horizonte mismo, sobre el qual señalan tambien el punto á que el astro corresponde. Si se conciben despues unos círculos mínimos perpendiculares á distintos puntos de los verticales, y paralelos al horizonte, se tendrá una idea de los que llaman los astrónomos *almicantarath*; los que van siendo tanto menores quanto mas se acercan al zenith y nadir, y sirven así como los verticales, para determinar la altura de los astros y de qualquiera punto del cielo; porque todos los que se hallan en un mismo *almicantarath* estan igualmente elevados sobre el terminador, y por esta razon se llaman tambien *círculos de altura*. En la fig. 6, donde H O hace de horizonte, Z y n de zenith y nadir, el círculo representado por las letras Z A n expresa un vertical, y L V un *almicantarath*. La figura esférica de la tierra hace que en el instante que un observador se mueva, mude de horizonte, de zenith y de nadir; dexa de ver ciertas partes del cielo, y descubra

otras nuevas, ó vea las mismas en distinta situación; si pasa, por exemplo, de A á B (fig. 4) caminando directamente de norte á mediodía, siguiendo la meridiana, el radio visual horizontal que era H O se convertirá en I R, de suerte que un astro H situado ántes en el extremo de este radio prolongado hasta el cielo, se verá elevado sobre el otro radio horizontal R I del lugar B un ángulo H C R precisamente igual al que forman los radios B C y A C tirados al centro de la tierra. En efecto, siendo los ángulos A C H y B C R rectos, como formados por las líneas horizontal y vertical, recíprocamente perpendiculares: si se resta el ángulo común H C B de los ángulos restantes H C R y B C A serán iguales.

19 El horizonte se divide por dos líneas que señalan los quatro puntos cardinales del *norte*, *sur*, *oriente* y *occidente*, los que se distinguen fácilmente en conociendo el polo ártico del mundo: el *sur* es el lado opuesto al norte, aquel hacia el qual los europeos vemos el sol á la mitad del día; el *oriente*, levante ó *este*, y el *poniente*, occidente ó *oeste* distan 90° de los puntos de N y S: una línea dirigida del uno al otro es perpendicular á la meridiana: el oriente cae á la derecha si se mira al norte, y el occidente á la izquierda. Quando los primeros hombres que se dedicaron á hacer observaciones astronómicas, y que suponemos situados en la parte septentrional de la tierra, conociéron el polo boreal del mundo, fácilmente se figurarian que al lado opuesto al norte, y en la parte de la bóveda celeste escondida baxo la superficie terrestre que habitaban, habia otro polo que llamaron *austral*, me-

ridional ó *antártico* (1); para cuyo conocimiento sirven á los que navegan ó viajan en el emisferio austral quatro estrellas que estan bastante próximas, y llaman *la cruzada*, y tambien la brúxula, que dirigiéndose al norte, indica por el extremo opuesto el punto del *sur* ó *polo antártico*, con una diferencia igual en sentido contrario á su declinacion al *nordeste* ó *noroeste*. Una línea recta que se conciba ir desde el un polo al otro se llama *axe del mundo*, porque parece que el mundo, ó el cielo con los cuerpos que le pueblan, á manera de un exe sobre su rueda, da la vuelta al rededor de ella en el discurso de un dia.

20 Despues de dividido el horizonte en quatro partes iguales por los puntos cardinales, se subdivide cada quarto en otras dos partes tambien iguales, y el radio que sale de cada una de estas nuevas divisiones al centro, toma un nombre compuesto de los dos puntos cardinales entre los quales se halla, y se nombra primero, el que pertenece á la línea *norte-sur*. Así, para nombrar el punto medio entre el *sur* y el *este* se dirá *sud-este* y no *este-sur*; del mismo modo se llamará *noroeste* el medio entre el *norte* y *oeste*. Cada una de estas octavas partes del círculo horizontal se divide luego en otras dos iguales, y se da á los puntos de division un nombre compuesto de los dos entre quienes se halla, nombrandose siempre primero el de los quatro puntos cardinales á que está mas próximo. Así el medio entre el *este* y

(1) Llámase el polo *antártico*, *austral* porque á nosotros, habitantes de las regiones septentrionales, nos viene de allí el viento del mediodia, llamado antiguamente *ca ester*; así como el viento frío ó del norte, cuyo nombre antiguo era *boreas*, nos viene del polo artico ó boreal.

nord-este se llamará *este-nord-este*, y el punto que media entre el norte y *nor-oeste*, *nor-nor-oeste*. Finalmente, para tener las treinta y dos divisiones que suelen considerarse en el horizonte, se subdividen estas últimas cada una en otras dos partes, y para formar sus nombres se toman de dos de los ocho primeros puntos entre quienes caen poniendo siempre el primero á aquel á que está más próxima, pero separando los dos nombres con el vocablo *quarta*; por exemplo, para nombrar el punto del horizonte medio entre el norte y el *nor-nord-este*, se dirá *norte quarta al nord-este*, porque está cerca del norte, pero adelantado hacia el *nord-este*, la quarta parte de la distancia del norte al *nord-este*, y se escribe N. $\frac{1}{4}$ N. E.; para nombrar el punto medio entre el *nord-este* y *nor-nord-este* se escribirá N. E. $\frac{1}{4}$ N. &c. todo esto se entenderá perfectamente echando la vista sobre la figura 5, en que la circunferencia del círculo, cuyo centro es C, y que representa el horizonte, está dividida en las treinta y dos partes que suelen llamarse *ayres* ó *vientos*, porque los vientos que soplan sobre la superficie de la tierra, toman su nombre de aquellos de las treinta y dos regiones ó plagas del horizonte por donde vienen. De los quatro cuadrantes ó divisiones primarias, el cuadrante comprendido entre el extremo que mira al norte y el del otro semidiámetro que cae al oriente ó á la derecha del observador que se halla al sur, se llama *primero*, y sucesivamente *segundo* y *tercero* hasta el *quarto*, que es el terminado por los extremos de norte y occidente.

21 Estas treinta y dos secciones del horizonte se aplican tambien á las brúxulas, bien poniendo

do en ellas un limbo dividido en treinta y dos partes, y en 360° , sobre el qual la planchuela señala la direccion que toma, como sucede en las destinadas á observar en tierra, bien marcando los vientos en la *rosa* que se substituye al limbo dividido en las agujas de mar. Es la *rosa* un círculo de carton ó talco puesto sobre la planchuela, y atravesado por el chapitel, cuyo fondo queda superior al plano de la rosa para contribuir á su estabilidad, y con el centro de esta coincide el centro del movimiento en el eje del estílo. Al margen de la rosa se aplica algunas veces un círculo delgado de metal de tres ó quatro líneas de ancho, dividido en grados y partes de grados: su circunferencia, que representa la del horizonte á que es concéntrico, se divide primero en los quatro cuadrantes por dos diámetros, de los quales el uno coincide con el eje magnético de la planchuela, y por otros siete diámetros intermedios se divide en las treinta y dos partes dichas. Los cuadrantes constan por coniguiente de 90° cada uno, y se llaman *vientos primarios*: el cero ó principio de la graduacion se pone en los puntos norte y sur, y el fin ó los 90° en los del este y oeste; y para distinguir á primera vista todos los puntos de la rosa, se pinta en el del norte una flor de lis. Aunque en general todas las treinta y dos divisiones del horizonte se llaman *rumbos*, sin embargo, las ocho primeras, que valen cada una 45° , son las que se llaman propiamente *rumbos de la navegacion*; las otras ocho *medios rumbos*, quedando con ellas cortada la rosa en partes de $22\frac{1}{2}^\circ$ cada una; y finalmente, con las otras diez y seis, que se llaman *quartas*, los espacios entre una y otra seccion resultan de $11^\circ 15'$, pues 11°

$15' \times 32 = 360^\circ =$ circunferencia del círculo.
 Así quando en un camino se ha seguido, por
 exemplo, el *nord-este* $\frac{1}{4}$ *al este*, como es el
cuarta de rumbo es el quinto punto despues del
norte, el ángulo que hacen entre sí se compone
 de $5 \times 1^\circ 15' = 56^\circ 15'$. De la misma manera
 se sacarán todos los demas ángulos; però se debe
 siempre advertir si se toman al *este* ó al *oeste* de
 la línea meridiana. Quando el rumbo corrido es
 mas cerca del *sur* que del *norte*, comenzando la
 cuenta desde el *sud* se evitan los angulos obtusos
 que daría la reduccion precedente; por exemplo,
 el *sud-oeste* $\frac{1}{4}$ *al oeste*, que es el tercer rumbo,
 saliendo del *sud* para el *oeste* corresponde á un
 ángulo de $11^\circ 15' \times 3 = 33^\circ 45'$ del *sud* al *oeste*.
 Aunque sea muy fácil, dice Lacroix, valuar en
 grados el ángulo comprehendido entre el norte
 y qualquier rumbo de viento, hubiera sido aun
 mas cómodo contentarse con los quatro puntos
 cardinales, é indicar por los grados del círculo
 las divisiones intermedias. Así se ha comenzado
 á hacer despues que introducida mayor preci-
 sion en las operaciones del pilotage, se ha visto
 que no bastaba la indicacion del rumbo, sino
 que se debía tambien tener cuenta con los gra-
 dos comprehendidos entre dos rumbos consecu-
 tivos. En general las divisiones de qualquiera es-
 pecie de medidas indican siempre el estado del
 arte ó de la ciencia en la época en que se esta-
 blecieron; y los primeros marinos que se sirvie-
 ron de la brúxula, creyeron sin duda haber he-
 cho mucho dividiendo el círculo en treinta y
 dos partes; escogieron verosíblemente esta di-
 vision, porque pudiendo efectuarse sin andar á
 tientas por medio de las primeras operaciones

de la geometría elemental, era fácil trazarla sobre las brúxulas y cartas que los mismos pilotos construyan en aquellos tiempos, y llamaron *rosas* de los vientos al conjunto de estas divisiones, cada una de las cuales se denota con el nombre de *punto del compas*, porque estan marcadas con puntos, y porque la brúxula se llama tambien *compas de mar*."

22 En el manejo y lectura de viages náuticos, y en ocasion de formar una descripción geográfica, es necesario tener muy presente el orden, nombres y valores de estos treinta y dos rumbos ó partes de rumbo que generalmente se escriben, como yo lo haré en adelante, solo con las letras iniciales del modo indicado en la primera de las dos líneas de la lista siguiente: la segunda manifiesta la nomenclatura particular de estas divisiones del horizonte, adoptada desde antiguo en las costas y navegacion del mar *Mediterráneo*.

PRIMER QUADRANTE.

0.. N.....	Norte.....	00.	00.
	<i>Tramontana.</i>		
1.° N½NE.	Norte ¼ al Nord-Este.	11.	15.
	<i>Quarta di tramontana greco.</i>		
2.° NNE...	Nord-Nord-Este.....	22.	30.
	<i>Tramontana greco.</i>		
3.° N¾N..	Nord-Este ¼ al Norte.	33.	45.
	<i>Quarta di greco tramontana.</i>		
4.° NE.....	Nord-Este.....	45.	00.
	<i>Greco.</i>		
5.° NE½E..	Nord-Este ¼ al Este..	56.	15.
	<i>Quarta di greco levante.</i>		
6.° ENE....	Es-Nord-Este.....	67.	30.
	<i>Greco levante.</i>		

- 7.^o E $\frac{1}{4}$ N $\frac{1}{4}$ E... Este $\frac{1}{4}$ al Nord-Este... 78. 45.
Quarta di levante greco.
- 8.^o E..... Este..... 90. 00.
Levante.

SEGUNDO QUADRANTE.

- 0.. S..... Sur..... 00. 00.
Ostro.
- 1.^o S $\frac{1}{4}$ SE.... Sur $\frac{1}{4}$ al Su-Este..... 11. 15.
Quarta dell' ostro sirocco.
- 2.^o SSE..... Sur-Su-Este..... 22. 30.
Ostro sirocco.
- 3.^o SE $\frac{1}{4}$ S.... Su-Este $\frac{1}{4}$ al Sur..... 33. 45.
Quarta di sirocco ostro.
- 4.^o SE..... Su-Este..... 45. 00.
Sirocco.
- 5.^o SE $\frac{1}{4}$ E... Su-Este $\frac{1}{4}$ al Este..... 56. 15.
Quarta di sirocco levante.
- 6.^o ESE..... Es-Su-Este..... 61. 30.
Levante sirocco.
- 7.^o E $\frac{1}{4}$ SE.... Este $\frac{1}{4}$ al Su-Este..... 78. 45.
Quarta di levante sirocco.
- 8.^o E..... Este..... 90. 00
Levante.

TERGER QUADRANTE.

- 0.. S..... Sur..... 00. 00.
Ostro.
- 1.^o S $\frac{1}{4}$ SO.... Sur al Sud Oeste... 11. 15.
Quarta dell' ostro garbino.
- 2.^o SSO..... Sur Sud-Oeste..... 22. 30.
Ostro garbino.
- 3.^o SO $\frac{1}{4}$ S... Sud Oeste $\frac{1}{4}$ al Sur... 33. 45.
Quarta di garbino ostro.

4.º	SO.....	Sud-Oeste.....	45.	00.
	<i>Garbino.</i>			
5.º	SO¼O...	Sud-Oeste ¼ al Oeste.	56.	15.
	<i>Quarta di garbino ponente.</i>			
6.º	OSO....	Oes-Sud-Oeste.....	67.	30.
	<i>Ponente garbino.</i>			
7.º	O¼SO...	Oeste ¼ al Sud-Oeste.	78.	45.
	<i>Quarta di ponente garbino.</i>			
8.º	O.....	Oeste.....	90.	00.
	<i>Ponente.</i>			

QUARTO QUADRANTE.

0..	N.....	Norte.....	00.	00.
	<i>Tramontana.</i>			
1.º	N¼NO.	Norte ¼ al Nor-Oeste.	11.	15.
	<i>Quarta di tramontana maestro.</i>			
2.º	NNO..	Nor Nor-Oeste.....	22.	30.
	<i>Tramontana maestro.</i>			
3.º	NO¼N.	Nor-Oeste ¼ al Norte.	33.	45.
	<i>Quarta di maestro tramontana.</i>			
4.º	NO.....	Nor-Oeste.....	45.	00.
	<i>Maestro.</i>			
5.º	NO¼O..	Nor-Oeste ¼ al Oeste.	56.	15.
	<i>Quarta di maestro ponente.</i>			
6.º	ONO...	Oes-Nor-Oeste.....	67.	30.
	<i>Ponente maestro.</i>			
7.º	O¼NO..	Oeste ¼ al Nor-Oeste.	78.	45.
	<i>Quarta di ponente maestro.</i>			
8.º	O.....	Oeste.....	90.	00.
	<i>Ponente.</i>			

23 Los antiguos que sin conocimiento de la brújula se dirigian en sus navegaciones solamente por las estrellas circumpolares, no habian dividido la circunferencia del horizonte mas que en un

corto número de partes, cuyos nombres tomaron frecuentemente de las circunstancias locales de los puntos por donde venian los vientos. Al principio solo pusieron los griegos denominaciones á los quatro puntos cardinales, llamando *Eurus* al E, *Zephyrus* al O, *Boreas* al N, y *Notus* al S, pero despues añadieron otros quatro correspondientes á los puntos del horizonte por donde el sol nace ó se pone en el principio del verano y del invierno, puntos que se llaman *oriente de invierno* y *occidente de invierno y estío*, y que, como veremos, son los mas próximos á los polos. Seneca en sus *questiones naturales* nos ha transmitido la rosa de los griegos en los términos siguientes (figura 22).

<i>Nombres griegos.</i>	<i>Correspondencia al horizonte.</i>
<i>Subsolanus</i> ó <i>Apeliotes.</i>	Este.
<i>Vulturnus</i> <i>Eurus</i>	Punto del nacimiento del sol en invierno.
<i>Euronotus</i>	Entre este punto y el sur.
<i>Auster</i> , <i>Notus</i>	Sur.
<i>Libo notus</i>	Entre el S y el punto del ocaso del sol en invierno.
<i>Africus</i> <i>Libs</i>	Punto del ocaso de invierno.
<i>Favonius</i> , <i>Zephyrus</i>	Oeste.
<i>Corus</i> <i>Argestes</i>	Ocaso de estío.
<i>Thrascias</i>	Entre este punto y el norte.
<i>Septentrio</i> , <i>Aparctias</i> .	Norte.
<i>Aquilo</i> <i>Meses</i>	Entre este punto y el oriente de estío.
<i>Cecias</i>	Oriente de estío.

24 Aunque de esta tabla resultan doce divisiones, y por consiguiente parecería corresponder cada una á 30° del horizonte, no sucede así, porque no eran iguales; pues los arcos que señalan en este círculo los puntos donde el sol nace y se pone en invierno y estío, no son constantes, sino, como se deducirá mas adelante, variables por efecto de diferentes causas, y de la misma situacion del lugar donde se observa. Por eso, quizas, no tardó en abandonarse esta determinacion irregular de los puntos colaterales, ó intermediarios á los quatro cardinales; y los romanos, en tiempo de Vitrubio, habian ya substituido otra mas regular, conforme a la qual el horizonte se supone dividido en veinte y quatro partes iguales, cada una de 15°, y los nombres que les señala Vitrubio son los siguientes (*fig. 23*).

SOLANUS, viento del este.	AUSTER ó viento del sur.
Ornithia.	Altanus.
Czecias.	Libonotus.
Eurus.	Aficus.
Vulturnus.	Subvesperus.
Euronotus.	Argestes.
FAVONIUS, viento del oeste.	SEPTENTRIO, viento del norte.
Etesia.	Gallicus.
Circius.	Supernas.
Caurus.	Aquilo.
Corus.	Boreas.
Thrascias.	Carbas.

25 Es muy fácil con esta distribucion conocer el ángulo que hace con la meridiana la direccion

de qualquiera de estos vientos que tantas veces se mencionan en los escritores de la buena latinidad, y que tantas veces han confundido en sus traducciones los gramáticos ignorantes de la geografía. Se sabrá, por exemplo, al primer golpe de vista que la direccion del viento llamado *Boreas*, por hallarse el quarto despues del septentrion, hace con la línea N. S. un ángulo que comprehenderá $15^{\circ} \times 4 = 60^{\circ}$.

26 Quando se tiene ya idea del exe del mundo y de sus extremos, facilmente se concibe la rueda ó círculo que está en el medio. Los primeros astrónomos, que se supone fuéron caldeos y egipcios, le llamaron *equador*, y a él referian todos los astros. Sea (fig. 6) I P B F V K P un círculo vertical que pase por los polos del mundo, H O el horizonte, P el polo boreal, p el austral que le está opuesto, P p el exe del mundo; la línea E Q representara el diámetro del *equador*, círculo que pasa á igual distancia de ámbos polos, y cuyo plano es perpendicular al exe, como lo es siempre el plano de una rueda. Si se concibe pues sobre E Q, como diámetro un círculo perpendicular al plano de la figura, cuya mitad esté encima de ella, y la otra mitad debaxo, como en la fig. 7 E F Q G, este círculo es el equador. Su situacion, equidistante de los polos, hace que se pueda decir indiferentemente ó que la esfera con su equador E Q gira al rededor del exe P R, ó que gira al rededor de los polos P R del equador. Divide este círculo al cielo en dos emisferios ó medias esferas, llamándose *septentrional* la que está entre el equador y el polo ártico, y *meridional* la que está entre el mismo círculo y el polo antártico; corta al hori-

zonte siempre á 90° del *norte* y del *sur*, y señala en él los puntos F y G, distinguidos con los nombres de *verdadero oriente* y *verdadero occidente* de los astros, pues decimos que un astro nace por el *verdadero oriente* quando sale del horizonte por el punto de su interseccion con el equador, ó con la *línea*, que así suelen llamar al equador por antonomasia los marinos. De todos los verticales que cortan perpendicularmente al horizonte, el que le corta en los puntos de *verdadero oriente* y *occidente* se llama *primer vertical*, como el representado por la línea Z C n (*fig. 6*). Así un astro que se halle en el primer vertical, qualquiera que sea su elevacion sobre el horizonte, está igualmente distante del N. y del S., y por consiguiente corresponde precisamente al E. ó al O.

27 Quando al salir un astro del horizonte nace por algun punto diferente del *verdadero oriente*, ó se pone por otro distinto del *verdadero occidente*, entónces se dice que tiene *amplitud*, la qual no es otra cosa mas que el arco del horizonte comprehendido entre el equador y el centro del astro que nace ó se pone, y se distingue con los nombres de *oriental* ú *ortiva* al salir el astro, y de *occidental* ú *occidua* al ponerse. Siempre que el astro sale ó se pone entre el equador y el punto del norte, la amplitud sea *ortiva* ú *occidua*, se llama *septentrional*; y *meridional* quando sale ó se pone entre dicho círculo y el punto del sur, el arco C M (*fig. 6*) es la amplitud de un astro en M.

28 Despues que los primeros observadores examinaron los puntos del horizonte por donde el sol nace ó se pone cada dia, es natural, dice

Lalande, que pensasen en llamar *medio del día meridiano* ó *punto medio del cielo*, al punto donde está, quando habiendo subido á lo mas alto de su carrera, comienza á baxar, es decir, al punto de su mayor elevacion en medio del día. Observaron tambien que todos los astros que nacen y se ponen estan á su mayor altura en medio del intervalo de su orto á su ocaso, y así dixéron del mismo modo que se hallaban en el meridiano; este punto tiene, sin embargo, diferente elevacion segun la situacion de los diferentes astros, y aun la del sol en esta ó la otra época del año; pues ya le vemos mas alto, ya mas baxo al mediodia. Si se imagina pues un círculo (*fig. 6*) tal como I P B R V p E L I que pasa por el zenith y nadir, y por los polos del mundo, este será el *meridiano*, llamado así porque señala el medio día quando el sol llega á él. Cada punto de este círculo dista igualmente del horizonte á derecha é izquierda, pues le es perpendicular como uno de los verticales, y forma su plano con el del *primer vertical* un ángulo recto; así el sol y todos los demas astros que se esconden baxo el horizonte una parte del día, pasan dos veces por el meridiano, una despues de nacer, y otra despues de ponerse, pudiéndose dividir su revolucion diurna en quatro partes iguales: primera, desde su nacimiento hasta su paso superior por el meridiano: segunda, desde el paso por el meridiano hasta el ocaso: tercera, desde su ocaso hasta su paso inferior por el mismo círculo; y quarta, desde este paso, por la parte inferior del meridiano, hasta su nacimiento en el día siguiente. El círculo del meridiano divide pues á todo el cielo en dos emisferios, de los cuales el

uno se llama *oriental*, y el otro *occidental*.

29 El meridiano de un país situado mas al oriente ó al occidente que Madrid, es distinto del meridiano celeste correspondiente á Madrid, y el observador que camina hácia el oriente ó hácia el occidente, muda de meridiano tanto como se adelante hácia una de ámbas direcciones; porque su meridiano pasa siempre por su nuevo zenith y por los dos polos del mundo. El que va de Madrid á Cádiz muda de meridiano una cantidad = $2^{\circ} 34'$ = situacion de Cádiz al O. de Madrid. No hay mas medio para andar sin mudar de meridiano, que ir directamente hácia el N. ó hácia el S., es decir hácia uno de los polos. Quando un observador, situado en un lugar fixo, habla de meridiano, debe siempre entender el meridiano correspondiente al lugar en que está, el que pasa por su zenith, y que se concibe fixo como el horizonte. Dividiendo el meridiano en dos partes iguales á todos los círculos que los astros describan en rededor de los polos, se sigue que pasa por estos extremos del exe del mundo; que en los polos se reunen y cortan todos los meridianos, pues que de ellos parten, y que son todos perpendiculares al equador, cuyo círculo, que dista constantemente lo mismo de un polo que de otro, corta siempre al meridiano en dos partes iguales.

30 Si un astro ni está en el horizonte ni en el meridiano, se dice que tiene *azimut*. Entendamos por *azimut* el arco del horizonte terminado por el meridiano, y el vertical que pasa por el centro de un astro, sea qual fuere la altura en que se halle, con tal que no sea la *altura meridiana*. Así todos los astros que esten en u

mismo vertical tienen un mismo *azimut*. Por *ángulo azimutal* se entiende el ángulo formado en el zenith por el meridiano, y por el círculo vertical en que se encuentra el astro. En la fig. 6 el azimut del astro situado en A es el arco O M, medida de su ángulo acimutal O Z M. La distancia del centro de un astro, ó de un punto cualquiera del cielo al equador, contada en grados y minutos se llama *declinacion*, y se cuenta desde este círculo hasta el uno y otro de los dos polos, llamándose *boreal* quando el astro ó el punto del cielo se halla en el emisferio del *norte*, y *austral* quando está en el del sur. Para medirla sirve aquel meridiano como P A p (fig. 6), que pasando por dichos polos atraviesa el centro del astro ó del punto cuya situacion se quiere averiguar, el que entónces se llama *círculo de declinacion* atendiendo á su oficio. De aquí se infiere: 1.º que la máxima declinacion de un astro es de 90º, y que carecen de ella los que esten en el equador; y 2.º que para determinar las declinaciones se han de imaginar en el cielo tantos meridianos como puntos tiene el equador. El arco A S es la declinacion de un astro situado en A.

LECCION III.

Medicion de la altura de los astros con el quarto de círculo. Paralelos. Relacion que hay entre la altura de polo, la distancia del polo al zenith y la altura del equador. Método de observar la altura de polo por medio de las estrellas circumpolares. Descripcion y usos del sextante de reflexion.

31 Como los astros no son visibles hasta que se presentan sobre el horizonte del observador, la primera y mas fundamental averiguacion de la astronomía es determinar la posicion de los cuerpos celestes respecto del horizonte, ó lo que es igual, saber en qualquier instante, de qué número de grados, minutos &c. se compone el arco del vertical comprehendido entre el astro y el horizonte, cuyo arco llamamos *su altura*. Sea O el lugar del observador (*fig. 8*) Z el zenith, y H O R el horizonte. Como el círculo se divide por convenio general y antiguo de los geómetras y astrónomos en 360° , se contarán necesariamente 90° desde Z hasta R, porque Z R es la quarta parte del círculo ó de la circunferencia entera; por manera, que un astro hallándose en Z tendrá 90° de altura, y hallándose en A á igual distancia del horizonte R y del zenith Z tendrá 45 . El observador O que quiere medir estas alturas, pone un quarto de círculo B D (dividido en 90 partes, y construido de carton, madera ó metal) verticalmente, por medio de un hilo á plomo, y en este estado observa, aplicando el ojo al centro O, á qué punto C corresponde el as-

tro A ; el número de grados comprendidos entre D y C en su instrumento , será igual á lo del arco A R de la esfera celeste que señala la altura del astro A sobre el horizonte. En efecto, si el arco D C es la octava parte de toda la circunferencia , ó la mitad de B D en el instrumento , el arco celeste A R será tambien la mitad de Z R , y por consiguiente uno y otro de 45° ; pues no siendo los grados otra cosa mas que partes alicotas , ó porciones de la circunferencia , habrá 90° en el quarto de un círculo grande ó pequeño , así como hay dos mitades , ó quatro quartos en qualquiera objeto mayor ó menor. En esta consideracion se funda la *medida de los ángulos* de que hace continuamente uso la geografía astronómica.

32 Quando los astrónomos emplean el *quarto de círculo* para medir las alturas , todavía le disponen mas cómodamente ; dirigen uno de los lados B O (*fig. 9*) hácia el astro A , cuya altura quieren averiguar : en el centro O del instrumento cuelgan libremente un plomo O E D que expresa la línea vertical ; entónces el arco E G del quarto de círculo comprendido entre el plomo y el otro lado O G tendrá tantos grados como el arco A R , altura del astro A sobre el horizonte R O. En efecto , la línea vertical Z O E D hace con el rayo del astro B O A un ángulo , cuya medida , por una parte , es el arco Z A , y por otra el arco B E , que le es semejante é igual en grados ; pues los ángulos B O E y Z O A , cuya medida respectiva son estos arcos , tienen el mismo número de grados , por estar opuestos en el vértice O. El arco C A es lo que se llama *distancia al zenith* ; y como esta es siempre com-

plemento de la altura (17), se sigue que Z A es complemento de A R; pero B E es tambien complemento de E G, componiendo entre ámbos 90° ; luego A R es igual á E G, pues ángulos ó arcos, cuyos complementos constan del mismo número de grados, son entre sí iguales. Así E G expresará la altura del astro como A R. En general, siempre que se tomen alturas con un quarto de círculo astronómico, dirigiendo al astro uno de los lados B O, la altura está comprehendida en los grados interceptados entre el plomo ó línea Z O E D, y el otro lado del instrumento E G.

. 33 Mientras toda la esfera gira, al parecer, sobre sus dos polos P p, los puntos situados en el equador E Q (fig. 6) describen un círculo del mismo grandor que la esfera, es decir, un círculo máximo (1) ó concéntrico á ella; pero los mas cercanos al polo, como el punto B, describen círculos I B, cuyo centro X está en el exe P p, tanto mas chicos quanto mas distan del equador. Todos ellos, llamados *paralelos al equador*, ó simplemente *paralelos*, quedan cortados en dos partes iguales por el círculo P L T K V Q P,

(1) Los círculos máximos de una esfera se diferencian de los menores en que los planos de los primeros pasan todos por el centro de la esfera, y por consiguiente la cortan en dos porciones iguales, en vez que los segundos, como I B, la cortan en dos segmentos, uno menor, como I P B, y otro mayor, como I L T D K V Q F B. Un círculo máximo corta necesariamente á todos los demas círculos máximos en dos partes iguales, pues que teniendo un mismo centro, tienen por consiguiente un diámetro comun que se llama la *comun seccion*, y es propiedad de todo diámetro dividir al círculo en dos partes iguales. Al contrario los círculos mínimos estando distantes del centro del globo, pueden no solamente ser cortados en dos porciones desiguales, sino tambien dexar de serlo por un círculo máximo del mismo globo.

porque su centro X, y su polo P, se hallan en el plano del meridiano; de modo, que el astro que describe por su movimiento diurno el paralelo B, estará tanto tiempo á la derecha como á la izquierda del meridiano, y este círculo partirá igualmente la duracion de su revolucion diurna.

34 Si el paralelo IB que describe el astro está todo entero sobre el horizonte HO, pasará dos veces al dia por el meridiano, primero en B, y doce horas despues en I; su mayor elevacion sobre el horizonte será en el paso superior en B, y su menor altura en su paso inferior en I. Si el paralelo del astro no tiene mas que una corta porcion sobre el horizonte, como tSr, cuya parte tS superior al horizonte es mucho menor que la parte invisible Sr, entónces no se verá mas que la menor parte de las veinte y quatro horas. Finalmente, si el paralelo queda todo baxo el horizonte, como ib, el astro será siempre invisible.

35 Por medio de aquellos paralelos que están enteramente sobre el horizonte, y en consideracion á que los astros circumpolares que los describen nunca faltan de nuestro emisferio visible, y pasan por el meridiano dos veces al dia, tendremos un método para determinar la *altura del polo*, ó el arco del meridiano comprehendido entre el polo y el horizonte de un lugar, cuyo arco es diferente en cada punto de la tierra situado á diferentes distancias del equador. Los habitantes cuyo zenith corresponde al equador celeste, tienen sus dos polos en el horizonte; pero á medida que uno se aleja del equador para acercarse á los extremos del eje, el polo hácia que se camina parece mas elevado sobre el horizonte, y

el otro á proporcion deprimido. Si PP' (*fig. 24*) son los polos; respecto de un punto de la tierra correspondiente á A' , cuyo horizonte será $M'N'$, el polo P parece elevado la cantidad angular PCN' ; mas para otro punto A , cuyo horizonte es MN , este ángulo aumenta la cantidad NCN' , y se convierte en PCN ; y al contrario, el polo opuesto P' se baxa baxo el horizonte tanto como vale el ángulo MCM' igual á NCN' por opuestos en el vértice. Figurémonos pues que un observador en g (*fig. 6*), que es su situacion sobre la superficie de la tierra, observa una de las estrellas circumpolares (1), cuyo paralelo IB queda enteramente sobre el horizonte; que en el momento en que la estrella ha llegado á su altura máxima, ó al meridiano superior, mide con un instrumento el ángulo BGH ó BCH ó el arco BH comprehendido entre el horizonte y la estrella, y que mide del mismo modo el ángulo IGH , ó el arco IH quando la estrella, dexando de baxar en su paralelo está para subir; es claro que como el polo P dista igualmente de todos los puntos del paralelo, si se toma la mitad de la suma de los dos arcos observados BH y IH , esta mitad será el arco PH ó la altura de polo. La misma estrella polar puede servir, entre otras, para esta observacion; pues aunque á primera vista parece que está en el polo mismo, observada con instrumentos y atencion, se reconoce que dista algun tanto de este punto in-

(1) Se llaman propriamente *estrellas circumpolares* todas aquellas que distan menos grados del polo que este del horizonte. Asi tal estrella que será *circumpolar* en el horizonte de Madrid, no lo será, por exemplo, en el de Valencia.

moble, y que describe al rededor de él un círculo pequeño, cuyo diámetro es un arco de circulo de 4° del meridiano. Si observamos pues en Madrid en una noche clara la altura máxima y la mínima de la estrella polar, y hallamos que la primera es de $42^\circ 25'$, y la segunda de $38^\circ 25'$ inferiremos que la altura del polo sobre el horizonte de Madrid es de $40^\circ 25'$, mitad de la suma de las dos alturas, pues $42^\circ 25' + 38^\circ 25' = 80^\circ 50'$ divididos por dos, dan al quociente $40^\circ 25'$.

36 En conociendo la altura del polo, se conoce la altura del equador sobre el horizonte ó el arco Q O. En efecto, desde Z hasta H hay 90° y otros 90 hay desde Z hasta O: si de estas cantidades se quita la parte P Q, que vale 90° , los arcos restantes P H y Q O valdrán juntamente 90° ; luego el uno será complemento del otro. En Madrid, por exemplo, la altura del equador será de $49^\circ 35'$, diferencia entre su altura de polo $40^\circ 25'$ y 90° . En general, *la altura del equador es siempre complemento de la altura del polo*. Es tambien claro que *la altura del equador es igual á la distancia del polo al zenith*, porque de P á Q hay 90° , como de Z á O; luego P Z, distancia del polo al zenith, es complemento de Z Q, y siéndolo tambien Q O altura del equador, se sigue que Q O y P Z son iguales por complementos del mismo arco. *La distancia del equador al zenith es igual á la altura del polo*; pues de Z á H, como de P á Q hay 90° : si de estas dos cantidades se quita la parte comun P Z, los arcos restantes P H y Z Q quedarán necesariamente iguales.

37 Principalmente sirve para medir las alturas el cuarto de círculo movable, cuyo uso es muy

antiguo, cómodo y general. Se ha visto ya el modo de dirigirle en las observaciones; y dexando para los astrónomos los detalles de su descripción y mecanismo, paso á tratar con detención de otro instrumento mas reciente y perfecto, el único que necesita quien quiera hacer de las nociones astronómicas de este libro aplicaciones útiles al adelantamiento de la geografía. Hablo del *sextante de Hadley*, instrumento precioso, que en nuestros dias ha recibido grandes mejoras, y del que se han sacado tan incalculables ventajas, procurando la resolución aproximada del problema importante, de determinar en mar la posición de un navío, ó en tierra la de un pueblo, que podemos decir que á él se deben principalmente los grandes progresos de la navegacion é hidrografía en los últimos años. El manejo del sextante es muy fácil, no exíge ni firmeza particular en la mano, ni alguno de aquellos apoyos que son necesarios á todos los aparatos goniométricos en general; y sus usos astronómicos, á mas de los geométricos, son tan multiplicados, que en acompañándole con un horizonte artificial y un buen relox, se posee el surtido bastante completo de un observatorio que puede llevar consigo fácilmente el aficionado en un viage de mar ó tierra.

38 Sobre el autor de este descubramiento, útil y feliz, dice Mr. Adams, de quien tomamos mucha parte de nuestras noticias (1), que el célebre Dr. ingles Hooke tuvo la idea fundamental, que el inmortal Newton imaginó el instrumento, y que Juan Hadley, Vice-Presidente de la Sociedad Real de Londres, publicó la primera des-

(1) *Geometrical and Graphical Essays &c.* London 8.

cripcion en 1731. A pesar de su evidente superioridad sobre todos los instrumentos que estaban en uso á la época en que pareció el sextante, no fue adoptado en la marina, donde ofrecia las mayores ventajas, hasta despues de algunos años; nueva prueba de lo difícil que es salir de la antigua rutina, y de la esclavitud de la opinion. Al fin triunfó de todas las contradicciones, desterró á todos los instrumentos, y hoy se aprovechan de él los cosmógrafos y los náuticos con verdadero reconocimiento hácia sus ingeniosos inventores. Para dar la descripcion del instrumento diré preliminarmente algo del principio de construccion que le caracteriza.

39 Este principio se funda en una propiedad de los espejos planos, que debe conocerse ántes de pasar mas adelante. Sean D E y C B (*fig. 25*) dos espejos planos; si viene un rayo de luz por la línea O K, y encuentra la superficie del espejo D E, resaltará, ó se reflexará quando esté en K, de modo que su nuevo camino K A forme con el espejo D E un ángulo A K D igual al otro ángulo O K E que hacia en el mismo espejo por el lado opuesto. La experiencia acredita diariamente esta propiedad de los espejos planos, y se manifiesta diciendo que *el ángulo de reflexion A K D es igual al de incidencia O K E*. Luego si el rayo reflexado K A encuentra en el camino al espejo plano B C, se reflexará de nuevo, haciendo el ángulo de reflexion S A B igual al de incidencia K A C. Concibamos ahora que gira el espejo B C al rededor del punto A en la cantidad angular B A F, de suerte que su nueva posicion sea F G; es claro que haciéndose menor el ángulo de incidencia del rayo K A, el

ángulo de reflexión debe tambien ser mas pequeño, y por consiguiente el rayo reflexado no será ya $A S$, sino otra línea $A S''$ que haga con $G F$ un ángulo menor, y por consiguiente forme ángulo con $A S$. Este ángulo $S A S''$ es precisamente duplo del $B A F$ que hace la posición actual $F G$ del espejo con su primera posición $B C$, porque el ángulo $K A S$, comprehendido entre el rayo incidente $A K$ y su reflexado $A S$, vale siempre 180° ménos la suma del ángulo de incidencia, y del de reflexión, es decir, ménos el duplo del ángulo de incidencia; luego si por el movimiento del espejo el ángulo de incidencia se disminuye ó se aumenta en cierta cantidad, el ángulo comprehendido entre el rayo incidente y el reflexado aumentará al contrario, ó se disminuirá en el duplo de esta cantidad, es decir, que el aumento $S'' A S$ sobrevenido al ángulo $K A S$ en virtud del movimiento del espejo será el duplo de la disminución $G A C$ que recibe por la misma causa el ángulo de incidencia $K A C$, ó el duplo del movimiento angular del espejo. Síguese tambien de aquí la proposición recíproca, á saber, que si el ojo puesto en O sobre la recta $K O$ ve algun objeto S con el auxilio de dos espejos $B C$ y $E D$, en virtud de dos reflexiones que el rayo $S A$ sufre sucesivamente en A y en K , no podrá ver al mismo objeto puesto en S'' , sino dexa en el mismo lugar al espejo $D E$, y al $B C$ le da movimientos iguales á una cantidad $B A F$ que sea mitad del ángulo $S A S''$ comprehendido entre las dos posiciones del objeto. Dada esta doctrina se entenderá fácilmente la construcción de los sextantes.

40 La figura 10 representa al instrumen-

TOMO I.

F

to en su mayor sencillez, y, por decirlo así, en su infancia. Se compone de un arco de círculo $A B$ dividido, y que comprehenda cerca de $\frac{2}{3}$ de la circunferencia, de donde le viene el nombre de *sextante* (1). En el centro del arco, y perpendicularmente al plano del círculo, se colocará un espejo $M M$ perfectamente plano, y conducido por una alidada ó radio movable sobre el centro C . Esta alidada, cuya línea de señal es $C A$, andando por el arco $A B$, hará girar el espejo sobre un eje perpendicular al plano del instrumento, y que pasa por el centro C del movimiento de ella; y la cantidad angular de este movimiento será medida por el arco que haya corrido la alidada caminando de A hácia B .

41 En otra parte, sobre un radio Cc , se pondrá otro espejo $m m$, tambien perpendicular al plano del instrumento, pero mas pequeño que el primero, y que ademas está fixo en la posición $m m$ paralela á $M M$, quando la alidada se halla en cero ó principio de la division en A , y solo su mitad próxima al instrumento está azogada, y la otra mitad es transparente. El tubo T , que las mas veces es un anteojo, se dirige constantemente hácia el espejo fixo $m m$, pasa por medio de la línea que en este espejo separa la parte transparente de la azogada, y el ojo del observador desde T ve en él dos suertes de objetos, unos por vision *directa* por medio de la parte superior y

(1) Si su arco es la octava, quinta ó quarta parte de la circunferencia, el instrumento se llama octante, quintante ó quadrante; pero los principios de su construccion son los mismos, y los mismos sus usos. El instrumento de mí clase comprehende un arco de 160° dobles ó de 80° de la circunferencia $\approx \frac{2}{3}$ próximamente de ella, y así aunque se llamo *quintante*, pudiera tambien llamarse *quadrante*.

transparente del cristal en la prolongacion de la línea $T O$, y otros por *doble reflexion*, es decir, por rayos que viniendo á caer de o á C sobre el espejo $M M$ en la direccion $o C$, son despedidos de C á c , y de c á T hasta el ojo del observador despues de haber hecho los ángulos de incidencia y de reflexion iguales de una parte y otra de las perpendiculares P y p .

42 Si teniendo pues en la mano el instrumento en posicion horizontal, y despues de haber traído la alidada al punto cero de la division, ó á la situacion $C A$, en que los dos espejos son paralelos, el observador mira en el tubo T , segun la direccion $T c O$, un objeto O situado á distancia algo considerable, le verá á un mismo tiempo de dos modos, por *vision directa* al traves de la parte superior y transparente del vidrio, y por *doble reflexion*; pues el rayo $o C$, sensiblemente paralelo á $O c$, cayendo en C baxo el ángulo $o C P$, será reflexado baxo un ángulo igual $P C c$ al punto c del espejo pequeño; su ángulo de incidencia será $C c p$, de donde resultará segunda reflexion baxo otro igual ángulo $p c T$; llegando así el rayo al ojo en la direccion $c T$ le presentará la imágen del objeto O (confundido con o en atencion á la distancia), y hallándose esta imágen baxo del objeto mismo visto por vision directa, podrá hacérsela coincidir enteramente con él quando el ojo esté puesto bien en medio del campo del antejo. Este es uno de los métodos que se emplean para rectificar el instrumento, es decir, que estando la alidada en cero se examina si un objeto distante y bien terminado por su naturaleza, como la punta de un campanario, coincide consigo mismo quando se le mira sucesivamente

en la parte superior é inferior del espejo desde el campo del antejo ó tubo que se le substituye. Si esta coincidencia se verifica, el instrumento está bien arreglado; sino, se hace mover la alidada la cantidad necesaria hasta que se observe haber sucedido la coincidencia, y se lleva en cuenta la diferencia observada. Mas adelante se indicará otro método aun mas seguro para conseguir esta rectificación, que en una misma serie de observaciones es cantidad constante.

43 Quando partiendo de la posición señalada en que los dos espejos son paralelos, y continuando en mirar fixamente el objeto *O visto por transparencia*, se dan movimientos á la alidada en la dirección del arco *AB*, el espejo *MM*, que gira con ella sobre el centro *C*, traerá sucesivamente al punto *c* de la parte inferior ó azogada del espejo *mm* las imágenes de una serie de objetos ó puntos, todos situados á la derecha del punto *O*; estas imágenes, que todas llegan por la línea *Cc*, serán siempre reflexadas por *cT*, y vistas por consiguiente en *T* por doble reflexión, il mismo tiempo que se continuará viendo al objeto *O* por vision directa. La cantidad angular del movimiento del espejo *MM*, necesaria para procurar la coincidencia sucesiva de estas imágenes, será medida por el arco del limbo del instrumento que la alidada haya andado; pero se debe observar que en consecuencia de esta disposición y de lo demostrado (39), la cantidad angular del movimiento del espejo nunca es mas que la *mitad* del ángulo real formado por los dos rayos visuales, que llegan el uno por vision directa, y el otro por doble reflexión. Así quando habiendo corrido la alidada 45° sobre el limbo hasta *L*, el espejo

jo *M M* haya tomado la posicion que indican las *líneas* punteadas en la figura, y señaladas con las letras *K Y*; entónces el rayo que viene de un objeto *E*, luego que cae en *C* se reflexará, primero á *c* por un ángulo *l C c* igual al de incidencia *l C E*, y despues, tomando el camino *C c T*, formará un ángulo recto *E C o* (igual á *E d O*) con el rayo directo *T O* proveniente del objeto *O* que ha servido de punto de partida. Esta reduccion de ángulos reales á la mitad sobre el limbo del instrumento no es embarazosa, porque el artista la ha prevenido numerando las divisiones del limbo de tal modo, que el ángulo de 45° está en él marcado 90° , y así los demas. Solamente exige dicha circunstancia tanta mayor exactitud en la division, quanto los errores de esta, si los hubiese, serian doblados; pero no hay miedo de error alguno con la máquina de dividir, inventada por el delicado artista ingles Ramsden, tan perfecta como segura en la execucion.

44 Con la teoría que acabo de explicar se concibe fácilmente una de las propiedades mas esenciales de este instrumento, á saber, la de no exigir grande firmeza en la mano del observador, porque quando una vez ha hecho coincidir en el anteojo la imagen del objeto visto por doble reflexion con el que fixa por vision directa, estos objetos ya no se separan, á pesar de los movimientos que reciba el instrumento, á no ser tan grandes que hiciesen salir del campo del anteojo el objeto fixado por vision directa; y como este campo es bastante grande, se adquiere pronto en la mar el habito de conservar dicho objeto en el anteojo á pesar de los balances del navio, y en las observaciones terrestres la firmeza ordinaria

de la mano es mas que suficiente, aun quando el instrumento no tenga pie, como sucede muchas veces. Los principales usos del *sextante*, á mas de la observacion de alturas de los astros, y en particular del sol, son 1.º determinar los ángulos, ya horizontales, ya inclinados entre los objetos terrestres para todos los usos geográficos y topográficos: 2.º observar las distancias angulares aparentes de la luna á las estrellas ó al sol, quando los dos astros se ven al mismo tiempo. La comparacion entre estas distancias observadas en mar ó en tierra, y las calculadas de antemano de tres en tres horas para un meridiano dado, procura, como diré luego, una solucion muy aproximada del importante y famoso problema de las *longitudes*. Todas estas observaciones se executan con rara precision y felicidad por medio de nuestro instrumento, segun se irá apuntando en adelante; ahora es preciso dar alguna extension y claridad á la teoría de la observacion que con él se hace de las alturas de los astros.

45 En la mar, donde el horizonte está indicado por la línea que separa al cielo del agua; para observar la altura de un astro, del sol, por exemplo, se tiene el instrumento de modo que su plano sea vertical; se dirige entónces *por vision directa* al punto del horizonte, correspondiente al vertical del sol, y se mueve la alidada hasta que la imágen de este astro, traida al ante-ojo por doble reflexion, llegue á esta línea siendo exáctamente tangente de su disco; entónces se lee en el limbo el ángulo á que corresponde la alidada, que será la altura aparente del borde *superior ó inferior* del sol, segun se haya escogido el uno ó el otro; se añade en el segundo ca-

so, y se resta en el primero el semidiámetro del astro, cantidad que se halla en las Efemérides (1), y resulta la altura aparente del centro del sol. En tierra se hace la misma observacion con el auxilio de un aparato llamado *horizonte artificial*, el qual no es otra cosa que una superficie bien horizontal, susceptible de reflexar la imágen de un objeto. Así podrán servir para esta funcion qualquier espejo hecho horizontal con un nivel de ayre muy sensible, ó bien un líquido tranquilo, como aceyte, vino ó azogue, que es lo mejor (2), sobre el qual se pone un disco de cristal con las superficies bien paralelas para evitar el efecto del movimiento del ayre. Sea pues A B (*fig. 12*) esta superficie horizontal reflectante, á la que llegan los rayos del sol S, y de donde se despiden á O, sitio del observador. Este ve al sol en el espejo en la direccion O s, se-

(1) Advertimos una vez para siempre que las *Efemérides astronómicas*, donde anualmente se anuncian para cada día los lugares del sol y luna, los diámetros de estos astros, y los fenómenos celestes de mas importante observacion, y que á mas van acompañadas de tablas constantes auxiliares y catálogos de la posicion de algunas estrellas, son un libro de absoluta necesidad á todo aquel que haya de hacer de las nociones geográfico-astronómicas el uso y aplicacion que yo deseo. Es preciso aprender á manejarlas al mismo tiempo que se estudien estas lecciones; y este manejo es muy fácil, porque siempre llevan acompañante una instruccion clara que lo enseña. Mientras el observatorio de Madrid no forma un almanak astronómico arreglado al meridiano de la capital, pueden usar los aficionados con preferencia del *conocimiento de tiempos* que todos los años publica la Oficina de longitudes de Paris, y en falta de este, de las *Efemérides náuticas* de la Isla de Leon, que se venden en el depósito hidrográfico, calle de Alcalá, ó del *Almanak ingles*.

(2) Quando se observa la altura de una estrella es preciso servirse en el horizonte artificial exclusivamente del azogue, porque las estrellas no son bastante luminosas para verse reflexadas en otros fluidos.

gun la qual le llegan los rayos reflexados, y la imágen del astro le parece en s , es decir, tantos grados baxo del horizonte AB del espejo, como el sol verdaderamente está elevado sobre él. El problema se reduce pues ahora á observar con el sextante puesto en situacion vertical el ángulo entre la imágen s vista en el espejo y el sol verdadero S , y tomar la mitad de este ángulo; para cuyo efecto fixando el observador por vision directa la imágen s en qualquier superficie reflectante, se traerá, por el movimiento de la alidada, el verdadero sol S , hasta coincidir con la imágen del que se observa por vision directa, ó para mayor precision se harán tocar solamente los bordes del sol, y de su imágen vista en el horizonte artificial, teniendo cuenta despues con los semidiámetros; y la *mitad* del ángulo indicado entónces en el instrumento será el ángulo de la altura pedida, *añadiéndole* luego, ó *quitándole* el semidiámetro del astro, segun que se haya observado su borde inferior ó superior. Para observar el borde ó la márgen inferior del sol, debe quedar la imágen del horizonte entre la del instrumento y el observador, y para conocer si está así, se moverá un poco la alidada ó el horizonte artificial, con lo que se moverá en el primer caso el sol verdadero, y en el segundo la imágen de se representa en dicho horizonte. En el instante en que el observador consiga el ajuste de los dos soles, de modo que queden tangentes, lo avisará al que tenga el relox que acompaña estas observaciones, para que determine el segundo en que sucedió, ó lo determinará mismo mentalmente poniendo atencion en la cuenta.

46 La figura 13 representa un aparato cómodo para servir de horizonte artificial. *A* es una pequeña cubierta ó campana de dos caras, compuesta de dos cristales bien transparentes, cuyas superficies sean paralelas. Esta cubierta abriga á una caxita de madera ó metal, en la que se pone el mercurio. En la serie de las observaciones se debe procurar hacerlas todas con la campana puesta del mismo modo; acabada la observacion se echa el azogue en una redoma, y las dos caras de la campana caen sobre la caja por medio de goznes ó charnelas, quedando así el aparato muy portátil. Muchas veces se observa con solo el fluido sin cubierta ó resguardo, sobreponiendo á la caja una gasa, con la qual se debilita tambien la fuerza de los rayos del sol, sino se quieren interponer los vidrios oscuros de que hablaré.

47 Quando se quieren observar alturas del sol ú otros astros con horizonte artificial, el uso del sextante se hace todavía mas cómodo, acompañándolo con un pie, como *A B* (*fig. 14*) añanzado en tres radios ó barras de metal *H K G*, cada una con su tornillo, y formando entre las tres un triángulo equilátero; al pie se une el instrumento por medio de un agujero que tiene el mango, y se asegura con una rosca *X*, la qual, segun la direccion de los movimientos que recibe, ó se mete ó sale fuera. El instrumento queda allí tambien con entera libertad de movimientos desde la posicion horizontal sobre su pie hasta la vertical, y esta libertad puede facilitarse ó minorarse afloxando ó apretando dos tornillos que tiene el pie en los extremos de la línea de su union con dos pedazos pesados de metal *L N*,

que sirven de contrapeso. Los tornillos que acompañan á los tres radios ó barras en que se afianza el pie, sirven para mantener las dos imágenes del sol en posición vertical entre sí, quando se aproxima el momento de su contacto. Para asegurarse si el instrumento agarrado del pie está en el vertical, no hay mas que mirar, quando se observa el sol, si la sombra que hace el instrumento hácia el observador sigue la misma línea de δ , y de la sombra que hace la caja del horizonte artificial; si no es así, se mueve sobre el pie el sextante, hasta que su sombra se dirija del modo dicho, y entónces está en el vertical.

48 Las alturas que se toman con un sextante y horizonte artificial resultan con extraordinaria precision, aun quando el instrumento no tenga mas que tres pulgadas inglesas de radio. En el quintante, de que uso en mi enseñanza, construido por el ingles Troughton, cuyo radio es de unas 6 pulgadas, la altura del sol se determina con toda certidumbre dentro de los 2 á 3 segundos de grado, estando dividido el limbo de 15 en 15". No se debe pues extrañar que la Oficina de longitudes de Inglaterra haya concedido grandes recompensas á los artistas, que por sus exâctos métodos de division, ponen á un instrumento tan pequeño y portátil en estado de competir con los mejor montados en un observatorio, á pesar de la desventaja que resulta de la reduccion de los arcos sobre el limbo á la mitad de los ángulos reales que miden.

49 Despues de haber indicado los principios de la construccion de este ingenioso instrumento que nunca debe faltar ni en el quarto, ni en los viages de un aficionado á las mejoras de la geo-

grafía (1); paso á describirle con la posible rapidez. El sextante representado (*fig. 15*) tiene 7 pulgadas $\frac{1}{2}$ de radio, y es una de las mayores dimensiones que actualmente se dan á estos instrumentos. Está armado con travesaños que le comunican mucha solidez, y en medio de ellos un mango de madera, por el que se le tiene agarrado quando se observa, sino se le acompaña con el pie. El arco A A está dividido en 120 grados, subdivididos despues por el *nonio* (2) en medios minutos

(1) Por dos mil rs. vn. puede adquirirse en Lóndres un sextante con su pie, horizonte artificial y caja de calhva, construido por Troughton u otro artista famoso, del mismo radio que el que yo uso. En extendiendose su manejo y aplicaciones entre algunos propietarios y militares que le lleven siempre en sus marchas, acaso pronto se lograría una lista importante de las situaciones astronómicas de muchos pueblos de España. ¡Ojalá tuviese imitadores el exemplo que ha dado en esta parte el General Don Josef Mazarredo! Cada viage suyo se puede decir que es una corta campaña astronómica: apenas ha hecho marcha en que no haya fixado la situacion de algunos puntos de nuestra península, y en que su quintante no haya proporcionado adelantos á la geografía del Reyno. Poseo una lista de sus observaciones, cuya lectura cada vez excita en mí nuevo entusiasmo hacia la astronomía, y hacia los que con tanta utilidad la cultivan.

(2) Como el *nonio* ó *vernier*, cuya idea original atribuye Adams al geómetra Clavio, que vivía á principios del siglo xvii, y otros á Pedro Nuñez, matematico portugues del siglo xvi; pero que realmente se debe a Pedro Vernier, natural del Franco-Condado. en 1631, es una division que se aplica ahora á casi todos los instrumentos destinados á medir ángulos, ó á subdividir líneas rectas, conviene exponer aqui sus principios. Supongamos que en el limbo de un instrumento dividido solamente en *medios grados*, se quieren á mas especificar los *minutos*, ó el equivalente de una division real de cada intervalo de medio grado en 30 partes, division que ordinariamente sería impracticable, ó si se executase, ilegible á causa de la proximidad de las líneas que la formarían. Se prepara para esto una chapa ó lamina delgada de metal, cuya longitud, á lo menos, sea de 29 medios grados, ó 14 grados $\frac{1}{2}$ del instrumento de que se trate, y cuyo borde cor-

ó 30", y contados de derecha á izquierda, como lo indican los guarismos que lleva la alidada. La coincidencia de las divisiones se observa con lente muy fuerte que la acompaña. El tornillo rosca B se destina á dar á la alidada, y por consiguiente al espejo grande el movimiento lateral necesario para hacer coincidir las imágenes con

tado en curva, tenga la curvatura como la del arco dividido del limbo: esta chapa ó lámina de metal se llama *nonio* ó *vernier*. Sobre el borde del vernier se marcarán dos puntos extremos, y uno de ámbos servirá de *índice*, debiendo comprender entre sí exáctísimamente 29 divisiones del limbo, y este intervalo se dividirá en 30 partes; por consiguiente cada una de las divisiones del vernier será mas pequeña que una de las del limbo, una misma parte alicota la diferencia entre los dos quebrados $\frac{1}{29}$ y $\frac{1}{30}$ del arco total comprendido por el vernier. Este arco, segun nuestra suposicion, es de $14^{\circ} \frac{1}{4}$ ú 870 minutos; pero $\frac{1}{29}$ de

$870' = 30'$; y $\frac{1}{30}$ de $870' = 29'$; luego la diferencia entre una de las divisiones del vernier, y una de las del limbo, es precisamente de un minuto, cantidad en que son mas pequeñas las del primero. Así, suponiendo á este unido á la alidada, ó al anteojo, en una palabra, á la parte movable de qualquier instrumento destinado á observar ángulos, ó á qualquier pieza que ande á lo largo de una division fija relativa al instrumento; si se quiere determinar la cantidad angular ó lineal de su movimiento, podrán presentarse tres casos que voy á hacer sensibles con la inspeccion de la fig. 11.

Sea la pieza fija A B el limbo de un instrumento cualquiera, por exemplo, de un gran quarto de circulo dividido de 5 en 5 minutos, y que se quiere subdividir de minuto en minuto con un nonio ó vernier. C representara una pieza movable á lo largo de esta division fija, ó el nonio, y la linea punteada sobre esta pieza será la *línea de señal*, ó el eje del anteojo, cuya cantidad angular de movimiento en rededor del centro del instrumento, se quiere determinar con la precision de un minuto, aunque el limbo realmente no está dividido mas que de 5 en 5 minutos. Segun el principio recién establecido, quatro divisiones del limbo estarán divididas en el nonio en 5 partes numeradas 1, 2, 3, 4, 5, y la diferencia entre una de las divisiones del

precisión quando se observa, y este tornillo no anda sino está apretado el otro C que está detrás, el qual se afloxa si se quiere dar á la alidada considerable movimiento para buscar el objeto que se ha de traer por doble reflexi6n á coincidir con el que se mira por vision directa.

limbo y otra del nonio, será por consiguiente la que hay entre $\frac{x}{5}$ del arco total de 20 minutos, ó 4 minutos y $\frac{x}{5}$ de este mismo arco, ó 5 minutos, diferencia igual á un minuto.

Supongamos ahora que despues de una observacion el anteojo de un quarto de circulo, ó de un sextante que lleva al nonio C, se halla en la posicion N.^o 1.^o, y que se quiere leer el ángulo que esta señala. Exámínese á que punto del limbo corresponde la primera linea del nonio marcada *cero* ó el indice; se vera que llega justamente á la segunda division del limbo, es decir, á la que corresponde á 10', contando desde el origen A de la division del instrumento, y en este caso el nonio nada tiene que subdividir, y la simple prolongacion de la linea de señal hubiera bastado y servido de *índice*. Pero si despues de la observacion el indice se halla como en D, N.^o 2.^o, corresponderá á un intervalo entre dos divisiones; y lo que se trata de estimar es la cantidad que se aparta mas alla de la division mas cercana del lado de A hacia B; para esto se averigua simplemente la *cifra* de las divisiones del nonio que corresponde justamente á una de las del limbo: aquí se ve que es la segunda, y esto indica que el nonio, ó mas bien su *índice*, esta 2' mas allá de la division mas próxima del limbo, ó bien que se han de añadir 2' á 10' que indica ya esta division, ó que el ángulo á que corresponde la posicion actual del anteojo, ó alidada donde esta el nonio es de 10 2'. — Finalmente, puede suceder, como en la posicion E, N.^o 3.^o, que ninguna de las divisiones del nonio coincida con otra del limbo. Se ve en nuestro exemplo que la tercera esta mas alla, y la quarta mas acá de las lineas mas próximas del limbo, que son la de 10 55', y la de 20. Ent6nces si la diferencia parece igual de una y otra parte, se añade $\frac{1}{2}$, y así se leeria en esta posicion 10 58' 30": si la diferencia parece desigual se proporciona la estimacion que se hace de esta desigualdad, y como nunca se trata mas que de una fraccion de minuto en nuestro caso, el error que se podria cometer en la estimacion de la desigualdad tiene poca consecuencia.

50 En D se ve un surtido de tres ó quatro vidrios colorados, girando cada uno sobre su ángulo inferior en un plano vertical para hallarse no, interpuestos al paso de los rayos que del espejo grande vienen al chico, precaucion necesaria con la mira de amortiguar el efecto de los rayos solares quando se observa la altura del sol ó la distancia aparente de este astro á la luna

Adams propone una fórmula general para hallar el valor indicado por la coincidencia sucesiva de cada division en qualquier nonio, y es la siguiente: 1.º sépase el valor de las subdivisiones trazadas en la limbo á que se aplica el nonio; 2.º divídase la cantidad de minutos y segundos hallados por el número de divisiones del nonio y el quociente dará la cantidad buscada. Asi en nuestro exemplo cada division del limbo valia 5', y en todo el arco del nonio habia 5 divisiones. $\frac{5}{5} = 1$; luego este nonio daba 1º por cada division suya coincidentemente sucesivamente con una de las del limbo. Si cada division del limbo hubiera sido de 30', llevando el nonio 15 divisiones, tendríamos $\frac{30}{15} = 2'$ por resultado. En el quintante de que uso en mi clase, el limbo está dividido de 15 en 15', el arco comprendido por el nonio es de 15º divididos tambien de 15 en 15', es decir, que el número de sus divisiones es de 60, luego el resultado será $\frac{15}{60}$ de minutos = 0', 25 = 15'', de modo que el nonio de mi instrumento mide los ángulos de 15 en 15'', y como es muy perceptible con el lente el ajuste al medio y aun al tercio de esta division, quiere decir que los mide de 5 en 5': por otra parte, siendo alturas dobles las que se observan con el horizonte artificial, resulta que quando se usa de este aparato con el quintante del Seminario, el error de la duda de ajuste por falta de mayor division queda reducido a 2 1/2". Pasma seguramente tanta precision en este instrumento portátil.

Es de advertir que á veces con arreglo á la estructura particular del instrumento, el índice del nonio no se pone á uno de los extremos de la division sino en el medio, lo qual es indiferente, ni jamas puede inducir á equivocacion, porque las divisiones siempre las numera el artista en el orden en que se debe buscar su coincidencia con las del limbo para leer el ángulo indicado por el nonio.

como tambien para ver el borde de la luna mejor terminado quando se observa su distancia aparente á una estrella. Se puede graduar como se quiere el obscurecimiento interponiendo á un tiempo mas ó ménos vidrios. En F está el espejo chico, y detras de él en E otro surtido de vidrios destinados á obscurecer los objetos vistos por vision directa, como el sol, por exemplo, quando se le mira en una superficie reflectante para tomar su altura, segun se ha indicado. Se puede tambien graduar el obscurecimiento interponiendo dos ó tres vidrios ó uno solo. En H G hay un tornillo ó ajuste para dar con seguridad al plano del espejo chico ciertos movimientos ligeros con que traerle á estar bien exáctamente perpendicular al plano del instrumento quando se ha inclinado por algun accidente. En K hay un anillo de rosca al que se ajusta, ó un tubo simple, ó uno ú otro de dos anteojos acromáticos, de los quales el mas corto muestra los objetos en su posicion natural, y el otro los trastorna ó invierte. Este último tiene el campo mas considerable, y reúne otras ventajas, lográndose con poco hábito usarle fácilmente á pesar de la inversion, sobre todo en las observaciones celestes. El anteojo hace mas precisa ó exácta la observacion del contacto de las imágenes, y por su situacion en su campo se ve si estan en el parage mas conveniente á la observacion: con el movimiento que puede darse al ocular se adapta el anteojo á las diferentes vistas, y por un tornillo particular, ó del anillo K, ó de su apoyo, puede levantarse ó baxarse, acercarse ó apartarse, y hacerse su eje paralelo al plano del instrumento. El tubo ocular de cada anteojo recibe algunas veces una pieza

circular que lleva tambien vidrios colorados, una simple abertura sin vidrios, segun la necesidad del observador.

51 La primera rectificacion que debe preceder á todas las observaciones, es reconocer que se llama *error del índice*, es decir, el número de grados ó minutos que indica el nonio quando se ha traído la *imágen* de un objeto distante visto por doble reflexi6n, á coincidir con el mismo objeto mirado por vision directa. Pero el método mas seguro para esta verificacion, de que ya hablamos ántes (42), consiste, quando el cielo lo permita, en medir el diámetro del sol, trayendo primero una de las márgenes de la imágen vista por doble reflexi6n á contacto con otra de las del sol visto directamente, y despues el otro borde de la imágen, con la márgen opuesta del sol. Si resulta el mismo ángulo de una y otra parte de *cerro*, ó principio de la division, el índice no tiene error; pero si los diámetros medidos difieren entre sí, la mitad de la diferencia es el error del índice, en exceso, ó en defecto, segun que el medio de la suma de los dos ángulos observados cae dentro ó fuera del *cerro* de la division. De noche pueden servir para esta rectificacion la luna, ó alguna estrella brillante, haciendo coincidir las dos imágenes. La correccion que resulte por qualquiera de estos caminos se aplica constantemente despues á todos los ángulos observados. En los sextantes en que el artista ha dexado al espejo chico la posibilidad de moverse sobre su eje, se puede hacer nulo este error moviendo al espejo, y dándole aquella situacion que convenga para que los dos horizontes ú objetos, el re-

flexado y el visto directamente coincidan quando la alidada está en *cero*; pero en general es preferible que dicho espejo quede fixado desde el principio de un modo invariable, y llevar en cuenta el error si existe.

§2 La segunda rectificacion consiste en hacer que *los espejos esten perpendiculares al plano del instrumento*, y se puede empezar el exámen por el grande de la alidada, poniendo esta hácia la medianía del arco, colocando el instrumento sobre una mesa, y mirando el arco desde el canto exterior vertical del espejo, de modo que se vea tambien en él por reflexion; si no coinciden el arco y su imágen, se moverá el espejo por los tornillos que le afirman al instrumento hasta conseguirlo. Dispuesto así el espejo de la alidada, se procederá á exáminar el espejo chico; y para lograrlo, teniendo el instrumento en posicion horizontal, se fixará por vision directa un objeto bien terminado, y haciendo despues mover la alidada se traerá la imágen de este mismo objeto hácia el punto de coincidencia, y entónces pasará ó *encima* ó *debaxo* del objeto. En uno y otro caso, moviendo suavemente el tornillo ó rosca en H, se logra que la imágen pase precisamente sobre el objeto mismo. Póngase sino el instrumento verticalmente, y diríjase á un objeto bien terminado, por exemplo, á la punta de un campanario, moviéndose la alidada hasta que la imágen del mismo objeto se presente por reflexion en el campo del antejo; si las dos imágenes coinciden entónces, y se confunden perfectamente, los dos espejos tendrán la misma posicion con respecto al plano del instrumento, y como el grande se ha puesto ya perpendicular á es-

te plano, el pequeño lo será igualmente; pero la imagen reflexada, léjos de confundirse con la directa, pasa á su derecha ó izquierda, se trae el espejo chico á su verdadera posicion con el tornillo H. Se hará tambien esta rectificacion por medio del sol, la luna ó una estrella, moviendo la alidada hasta que venga la imagen reflexada al espejo chico, y viendo si cubre exáctamente á la que se mira por vision directa. Despues se ha de colocar el *exe del anteojo paralelo á plano del instrumento*; y para lograr esta condicion sirven dos hilos paralelos entre sí, tendidos en el campo del anteojo, los que se hacen tambien paralelos al plano del sextante, dando vueltas sobre su exe al tubo ocular que los lleva. Trayendo despues el observador entre estos dos hilos á los objetos que deben coincidir, está seguro que su exe de vision es paralelo al plano del instrumento. El anteojo exige ademas otro ajuste ó arreglo, el que se consigue metiendo mas ó menos las roscas que mantienen en su lugar al anillo K. Para este efecto se buscan dos objetos, por exemplo, el sol y la luna, ó la luna y una estrella, cuya distancia angular debe, para tal género de verificacion, exceder de 90° ; se ponen las márgenes de los dos astros en contacto preciso con el hilo del anteojo mas próximo al plano del instrumento, y allí se fixa el *índice*; y despues se inclina suavemente este plano hasta que las márgenes parecen en el otro hilo. Si sus bordes no dexan de tocarse, entónces el exe del anteojo está en su verdadero lugar: si no sucede así, se aprietan ó se aflojan los tornillos de K, para meter ó adelantar el anteojo hasta que el contacto de las imágenes sea permanente en uno y otro

hilo. Para reconocer si las dos superficies anterior y posterior de cada espejo son bien paralelas, se observa baxo incidencia muy obliqua la imagen de un objeto, y si parece única y bien terminada, las superficies son paralelas exáctamente. Hay aun que tomar otras precauciones en las observaciones importantes, que exígen extrema precision, como la de evitar el efecto de la flexión de la alidada quando gira el espejo grande para llegar al objeto que se busca; con este fin se ha de procurar dar á la alidada su último movimiento en el sentido en que se le dió en la primera rectificacion, que fue la del error del índice; y es bueno tambien tomar la costumbre de terminar su movimiento siempre en la misma direccion, y con preferencia en la que va alejándose del observador ó del principio de la division. El Señor Galiano (1) aconseja que para llevar en cuenta el observador escrupuloso los mas pequeños errores que pueda tener su instrumento, aun despues de todas las rectificaciones expresadas, por defectos de la graduacion, de los vidrios y de la colocacion del antejo, debe deducir el resultado de ellos por la comparacion con otro que está bien comprobado, midiendo ángulos de objetos terrestres en diferentes partes de la graduacion, y hallando por las diferencias las correcciones, las que serán aditivas si el arco medido con el instrumento que se exâmina es menor, y subtractivas si es mayor. Si no se halla la misma diferencia en todas las partes de la graduacion, podrá disponer una tabla fácilmente, deduciendo por

(1) Memoria sobre las observaciones de longitud y latitud en la mar.

proporcionales las correcciones que correspondan á cada grado por las que se noten en las que los incluyen, baxo el concepto que si no son muy cortas las diferencias de las correcciones, el instrumento está mal construido, y por consiguiente es inútil para las observaciones. En lugar de objetos terrestres puede emplearse la distancia de la luna al sol, con la ventaja que entónces resultará tambien el error del vidrio obscuro, que se empleará en las observaciones mas delicadas, siendo necesario que la determinen en el mismo instante dos observadores; y comparando, como ántes, los arcos medidos, se deducirá del mismo modo la correccion del instrumento que se examine. La correccion que resulte reducida con el *error del índice* se llama *error del instrumento*. Quando las observaciones que se hagan con el sextante requieran escrupulosa exáctitud, conviene repetir despues de ellas las rectificaciones, pues algunas suelen tener alteracion durante el tiempo de su uso.

53 La clase de instrumentos de que acabo de hablar ha recibido en estos últimos años una considerable mejora de resulta de la aplicacion hecha por el célebre Borda de su círculo repetidor á los instrumentos de reflexion, y de las nuevas adiciones útiles con que ha enriquecido á estos mismos círculos el excelente artista inglés Troughton; pero aunque sus ventajas son considerables, y grande la precision que procuran en las observaciones, pudiéndose repetir estas indefinidamente sobre diversos arcos del mismo círculo, y tomar un resultado medio entre todas sin embargo, en los usos astronómicos que perfeccionan la geografia es suficiente el uso del sex-

tante; como se irá viendo: ¡oxalá se propague su manejo y aplicaciones entre los aficionados! Este deseo me ha animado á darle á conocer tan detenidamente.

54 Para facilitar todavía mas el uso del quintante ó sextante, y dar un modelo del modo de deducir la altura de los astros por las observaciones hechas con este instrumento, sirva el exemplo siguiente: en 18 de Diciembre de 1802 observé en Madrid á las 10 de la mañana la altura del borde inferior del sol con el citado quintante del Seminario y horizonte artificial. Habiendo puesto en contacto las dos imágenes del sol, avisando en el momento en que estuvieron tangentes al que llevaba el reloj, y contaba los segundos, miré el arco medido por la alidada hasta aquel instante, y deduxe la altura aparente del sol (☉)

asi:

Arco medido ó altura doble del ☉	41° 55' 37"
Mitad ó altura ☉.....	+ 20 57 48,5
Error del instrumento.....	— 12 30
Altura corregida del ☉.....	20 45 18,5
Semidiámetro del ☉.....	+ 16 17
Altura aparente del centro del sol.	21 01 35,5.

En casos de mucho rigor y exáctitud conviene tomar tres ó quatro alturas, y deducir la que ha de servir de dato por un promedio entre todas.

LECCION IV.

Figura y magnitud de la tierra. Diferencia del nivel aparente al verdadero., Depresion del horizonte.

55 La superficie de la tierra no es como parece á primera vista, y como pareció á los primeros observadores, plana y dividida irregularmente en valles y montañas. Desde los primeros tiempos, y por muchas observaciones sencillas se conoció que era curva. Los antiguos habitantes del mundo, que viajaron en la direccion de la meridiana (1), advirtiéron luego que las mayores y menores alturas de los astros no eran las mismas en el progreso de su viage que en el lugar de donde habian salido. Los que caminaron hácia el polo ártico veian que los astros cercanos á este punto se les presentaban mas elevados, tanto en su mayor altura ó paso por la parte superior del meridiano, como en su paso por la inferior; y que los situados á la otra parte del cielo, hácia el equador, aparecian cada dia mas bajos. Lo contrario sucedió á los que viajaron al mediodia, pues estos veian mas baxas las estrellas polares, y mas elevadas las opuestas; descubriéron por la parte del equador nuevos astros, que aun no habian visto sobre el horizonte, y llegaron ya á no ver los que estaban hácia el polo. De aquí deduxéron que la superficie de la tierra que habian recorrido era curva. Viéron que despues de haber pasado distancias iguales, siguiendo la direccion de la meridiana, las mayo-

(1) Maupertuis *Elements de Geografie*, art. II.

res y menores alturas de las estrellas habian recibido aumentos ó disminuciones iguales, y esto les convenció que, á lo ménos en esta direccion, aquella superficie era una zona circular, y la línea meridiana que prolongada hasta la bóveda celeste ceñia la tierra, una especie de círculo al que llamáron entónces *meridiano de la tierra*. La misma observacion harian con las alturas meridianas del sol, pues habiéndose conocido muy pronto que las sombras de los cuerpos son tanto mas largas quanto el sol tiene ménos elevacion á mediodia, los que viajaban siguiendo la meridiana viéron que quanto mas se acercaban al polo ártico, tanto mas largas eran las sombras meridianas medidas en el mismo dia del año, prueba de que se habia disminuido la altura del sol sobre el horizonte, y que el observador, caminando al norte, no estaba ya en el mismo plano que quando se hallaba hácia el equador, de lo que se inferia la curvatura de la tierra (1).

§6 Aun no conocian por esto la figura de la tierra en las direcciones perpendiculares á la meridiana, porque sin duda ignoraban que en los eclipses la sombra redonda que cubre á la luna es la de la tierra (2), como se dirá mas adelante:

(1) Algunos filósofos de la antigüedad, como Lencipo y Anaximandro, guiados por sola esta consideracion, dixeron que la figura de la tierra era *cilíndrica* ó encorvada de N. á S.; así lo refiere Aristóteles en su libro *de Cielo*.

(2) Las leyes de la óptica ó perspectiva enseñan que si un cuerpo en todas situaciones y circunstancias proyecta una *sombra circular*, necesariamente es un globo; la sombra proyectada sobre la luna, en sus eclipses, es siempre la *figura de la tierra* que la proyecta debe ser *globular* ó redonda sensiblemente. Es cierto que en estos eclipses no solo llega á la luna la sombra de la tierra, sino tambien la de la atmósfera terrestre; pero como esta rodea á la tierra por todas

largo tiempo despues verosímilmente, la astronomía ya perfeccionada reconoció que quando se caminaba en direccion perpendicular á la meridiana, aunque no se veía mutacion alguna en las mayores y menores elevaciones de las estrellas y del sol, el momento en que los astros se hallaban en sus máximas y mínimas alturas, llegaba mas pronto para los viageros que caminaban hácia el oriente, y mas tarde para los que iban al lado opuesto; que las diferencias de estos tiempos eran proporcionales á la cantidad de los caminos que se habian andado sobre cada línea perpendicular á la meridiana, y que quanto mas elevadas se veian las estrellas polares en el punto de donde habian salido los caminantes, tanto ménos camino se necesitaba en aquella direccion para hallar estas diferencias de tiempo. Entónces se infirió con fundamento que la superficie de la tierra en el hemisferio por donde habian viajado, el oriente á occidente era convexâ, como ya ántes viéron que lo era de norte á sur; porque si se levanta un cuerpo circularmente sobre alguna superficie plana, el momento de su mayor ó menor elevacion será el mismo para todos los puntos de esta superficie, en vez de que haciéndole mover en rededor de un globo, el momento de su mayor elevacion respecto á un punto será precisamente el de su elevacion mínima respecto á otros, como qualquiera puede experimentarlo. En conseqüencia, se trazáron en la tierra las líneas que ántes se habian descrito en los cielos; y así como hubo en ella *meridianos*, hubo tambien *arcos paralelos al equador*, que disminuyen á partes á casi igual altura, si su figura es esférica, es preciso que lo sea la tierra.

porcion de su proximidad al polo, de suerte que el último coincide con el punto donde concurren los meridianos.

57 El movimiento diurno aparente de los cielos obligaba á los hombres á imaginar en la tierra otro hemisferio debaxo del horizonte respectivo, pues de lo contrario no podrian explicar qué se hacia el sol despues de su ocaso, y cómo al cabo de algunas horas aparecía de nuevo por un punto diametralmente opuesto. Conjeturáron que este hemisferio seria igualmente convexô y parecido al nuestro, porque no habia razon para creerlo diferente. Sin embargo, esta no era mas que una sospecha poco fundada, hasta que observados los eclipses de luna no les quedó duda de la redondez de la tierra. La navegacion perfeccionada suministró otra prueba de lo mismo. Un navío, que da la vuelta al mundo, sale del puerto, por exemplo, hácia el oriente, y vuelve por el oeste al mismo; esto no podria suceder si la tierra fuese plana, pues en este caso el que saliese de un punto, y caminase desde allí en línea recta sin detenerse, á cada instante y sucesivamente se alejaria mas y mas del parage de donde partió, y nunca volveria á él. Así despues que el navío español *la Victoria*, conducido en principios del siglo xvi por Juan Sebastian el Cano, dió por primera vez la vuelta al mundo, saliendo de Sevilla por el occidente, y volviendo á este emporio del comercio ultramarino por el oriente, se demostró material y convincentemente la redondez de la tierra. Los modernos viages de Bougainville, Cook, Marchand y otros argonautas han confirmado lo mismo en nuestros dias. Otras observaciones familiares y continuas manifiestan

tambien que la tierra es redonda ó casi redonda. Quando un navío comienza á descubrir la costa, los primeros objetos que descubre son los mas elevados; pero si la superficie terrestre fuese plana, al mismo tiempo que se descubre la torre B (*fig. 16*) se deberia distinguir á la vista el terreno adyacente A B C; la causa por qué no sucede así es porque la superficie D A C se presenta mas y mas baxa respecto á la línea horizontal D B del navío, de modo que dos puntos D y B estarán en una misma línea horizontal, y se hallarán muy desigualmente distantes del centro T de la tierra. Por la inversa al llegar el navío cerca de las costas se le ve por la parte superior de los mastiles, y los mejores anteojos no podrian descubrir el cuerpo por grande que sea; no viéndose pues mas que la parte superior, es preciso que la inferior esté escondida por la convexidad de la porcion de mar comprehendida entre el navío y el espectador, como lo manifiesta la misma figura. Así tambien, quando saliendo un caminante de cierto punto cuenta los objetos terrestres mas notables que entónces descubre, advertirá, pasando á distancias algo considerables, que los objetos de que se aparta desaparecen, y otros nuevos se ofrecen á su vista. Esta mutacion no solo proviene de que la luz procedente de los objetos distantes se debilita demasiado para hacérnoslos sensibles, sino de que estos objetos se ocultan en la superficie de la tierra ó del mar, levantada, digámoslo así, entre ellos y nosotros, y los rayos de luz, que partiendo de los objetos se dirigen al ojo, quedan interceptados.

§ 8 Como por efecto de esta curvatura, quando un objeto visto desde otro parece en la mis-

ma línea horizontal dista mas que el primero del centro de la tierra, y lo que se llama *nivelarlos* es ver quanto mas distante está uno que otro de este centro, por eso, despues que ó se miran dos objetos horizontales, ó que se reducen á horizontales, observando por los métodos geométricos la desigualdad que hay entre ellos respecto á la línea horizontal; hay que hacer una correccion, que se llama *diferencia del nivel aparente al verdadero*. Para calcularla (*fig. 17*) supongamos que D y B son dos objetos en línea horizontal, cuya diferencia de distancias B I al centro de la tierra quiere averiguarse. Se debe advertir que la distancia á que se puede percibir un objeto terrestre, ó á lo ménos la distancia D I á que se le observa en la nivelacion, es siempre bastante corta, para que medida en la superficie de la tierra pueda mirarse como igual á la tangente D B, *media proporcional* entre toda secante tirada desde el punto B y la parte externa B I de esta misma secante; por otra parte, á causa de la pequeñez del arco D I se puede considerar la secante que pasa por el punto B y el centro T, como igual al diámetro, es decir, al duplo de I T ó de D T; luego B I será el quarto término de esta proporcion $2 D T : D I :: D I : B I$. Suponiendo pues que D I, medida sobre la superficie de la tierra, sea de 7000 pies: como el radio de la tierra se regula de 22862700, se hallará B I por esta proporcion $22862700 \text{ pies} : 7000 :: 7000 : B I$; y efectuado el cálculo resulta que esta diferencia de nivel ó de distancia al centro de la tierra entre dos objetos B y D distantes 7000 pies, y que estan en la misma línea horizontal, es de 2 pies, 1 pulgada y 9 líneas. Con saber cuánta es

la diferencia del nivel verdadero al aparente es 7000 pies de distancia, se puede construir una tabla general de todas las diferencias, pues siguen la proporcion del quadrado de las distancias, es decir, que á la diferencia dupla esta distancia será quadrupla, nueve veces mayor á una diferencia tripla &c.

59 De la figura de la tierra proviene tambien la corta extension que podemos ver de nuestro horizonte sensible. Si la tierra fuese plana, y nuestra vista mucho mas poderosa y eficaz de lo que es, puestos en grande elevacion veríamos la mitad justa de la tierra, á saber, la que está sobre el horizonte; aun siendo nuestros ojos tan débiles y de poder tan limitado, en la tierra plana, con buenos anteojos, descubriríamos objetos á 800 leguas de distancia; pero como la superficie terrestre es convexa, la altura ordinaria del hombre, aun en terreno favorable, es decir, en grande altura y horizonte despejado, no le permite extender su vista mas que á 5 ó 6 leguas. En mar, los límites del horizonte sensible, quando el ojo está á unos 6 pies de altura se extienden, á cerca de 5367 varas castellanas de distancia; y en general los quadrados de esta distancia crecen como las alturas del observador. La *depression del horizonte*, correccion que se aplica en la mar á las alturas observadas de los astros, nace tambien de la figura de la tierra. Si A B D (*fig. 78*) representa una parte de la circunferencia de la tierra, y un observador está en O elevado la cantidad B O sobre el mar; tirando la tangente O E, esta representará el horizonte del mar, y sobre ella tomará el observador la altura de los astros, por no poderlo hacer inmediatamente sobre la

línea H O R que está perfectamente de nivel; así la observacion dará un error igual al ángulo H O E, y esta diferencia se llama *depression del horizonte*; el ángulo por consiguiente se forma en el punto donde está el observador por el horizonte verdadero y el aparente, ó es la cantidad en que este aparece mas baxo que el verdadero; y como tal ángulo pende principalmente de la curvatura de la tierra, quanto mas elevado está el observador, tanto está mas depreso el término visible del horizonte; de donde resulta que las alturas aparentes ú observadas de los astros son mayores que las verdaderas en la cantidad de esta inclinacion ó ángulo; y por consiguiente debe aplicarse, siempre que la observacion se haga de cara al astro, como se hace siempre en tierra y freqüentemente en mar, la correccion en sentido substractivo, segun la elevacion del observador sobre el nivel para reducir las alturas al horizonte verdadero. En una elevacion de 5 pies la correccion es de 2' 8''; y en general los cuadrados de los ángulos de la inclinacion de ámbos horizontes el verdadero, y el del mar quando son pequeños son como las alturas del ojo. El *almanak* de la isla de Leon contiene tabla general para esta correccion; y ademas el ángulo H O E puede calcularse directamente por la trigonometría, porque es igual al K C O por ser ámbos complementos del mismo ángulo K O C. Pero en el triángulo K O C rectángulo en K se conoce el lado K C radio de la tierra, y la hipotenusa C O igual al mismo radio + la altura del observador, luego se calculará el ángulo pedido diciendo O C : R :: K C : Cos. K C O = Cos. H O E. En tierra, como no está determinado el límite del

horizonte, y por lo mismo nunca se observan los astros con relacion al horizonte natural sino al zenith, no hay en las alturas que corregir la depression, como ni tampoco en las observaciones con horizonte artificial, porque este aparato nunca puede fixarse sino á muy pocos pies del observador.

60 Quando se creyó conocida la figura de la tierra, el hombre, que es casi nada respecto á la masa total del globo, pero que posee la alhaja del espíritu, con la que no son comparables ni todas las masas ni la materia entera, concibió el proyecto atrevido de medirla y determinar su magnitud. No era bastante (1) haber trazado líneas en la tierra, divididas en grados, que representan arcos de círculos semejantes en los cielos por su prolongación; con esto solo se sabia la direccion de un camino, pero no su extension. Debian pues medirse los grados y determinarse el número de toesas ó pies que contiene cada uno; averiguacion intentada en diferentes siglos, pero todavía indecisa á mitad del xvii. Entre otros geómetras de la antigüedad, Posidonio, filósofo egipcio, amigo y contemporáneo de Ciceron, verificó ingeniosamente esta determinacion importante. Habiendo observado que una estrella brillante, llamada *canopo*, aparecia elevada $7^{\circ} \frac{1}{2}$ sobre el horizonte de Alexandría en Egipto, y no hacia mas que isomar por el de Rhodas, infirió que Rhodas distaba de Alexandría en la direccion del meridiano á 40° parte del círculo (35). De esta observacion acó tambien otra consecuencia importante, á saber, que conociendo la distancia de Rhodas á Alexandría en medidas itinerarias, y la relacion entre el arco de meridiano comprehendido del

(1) Condillac, *Del art de Reasonner*.

uno al otro pueblo con la circunferencia entera, se sacaria la longitud de esta circunferencia expresada en medidas itinerarias; y como la distancia de Rhodas á Alexandría, segun la duracion de las navegaciones, y el camino que una nave en aquel tiempo corria diariamente, se estimaba en 3730 estadios; repetida esta distancia 48 veces, produjo 180000 estadios por valor de la circunferencia terrestre. La exâctitud de este resultado no está bien acreditada, porque se ignora el valor del estadio en que se expresó; y por otra parte parece no se apoya mas que en estimaciones algo vagas (1). Norwood, ingles, midió en 1675 el arco de meridiano entre Lóndres y Yorck, empleando ya grandes instrumentos, y se acercó á la verdad, determinando el valor del grado en 133700 varas; pero ninguna de quantas tentativas se habian hecho para determinar la magnitud de la tierra, es comparable con las operaciones emprendidas en Francia en 1670. Entónces se creyó haber conseguido las verdaderas dimensiones del globo terrestre, combinando la observacion de la diferencia de altura de polo de dos puntos de la tierra situados sobre el mismo meridiano, con la determinacion de la distancia itineraria entre estos dos lugares medida tan exâctamente como la permiten los métodos de la geodesia y de la trigonometría. En efecto, habien-

(1) Por eso, despues de mil investigaciones sobre estas y otras medidas de la antigüedad, quedó sin conocerse el valor de un grado de la tierra, y por consiguiente la magnitud de toda ella. Snellio y Riccioli, que á principio del siglo xvii discutieron esta materia, y la quisieron aclarar con nuevas operaciones, discrepaban aun 17617 varas en la extension que diéron al grado, es decir mas de $\frac{2}{8}$ en la circunferencia de la tierra.

do substituido Picard, uno de los primeros miembros de la Academia de las Ciencias de Paris, á las pínulas con que se tomaban los alineamientos en los instrumentos destinados á medir ángulos, los anteojos, que permiten apuntar á objetos mas distantes y distinguir con mayor exáctitud los puntos que se han de determinar, pudo medir con la precision de algunos segundos los ángulos que ántes no se marcaban sino con error de algunos minutos; y qualquiera que tenga nociones de la geometría elemental, y alguna idea del modo de determinar en la tierra la posicion respectiva, y la distancia de los lugares por un encañamiento de triángulos, conocerá quanta ventaja debia dar á Picard este grado de perfeccion, añadido á los instrumentos, sobre los geómetras que ántes de él intentáron medir la magnitud de la tierra, determinando la de un grado del meridiano.

61 Picard executó su operacion entre Malvoisina cerca de Paris y Amiens; y para fixar primero la distancia itineraria que separa estos dos puntos, los unió con la Catedral de Amiens por una serie de triángulos, como se ve en la figura 26, cuyos ángulos observó sucesivamente; y con esto tuvo en cada triángulo un medio preciso de verificacion, porque la suma de los tres ángulos de un triángulo debe constantemente haver 180° . Es verdad que casi nunca consiguió esta suma; pero como las diferencias que observó pasaban de un corto número de segundos, ellas mismas le mostráron el grado de precision á que podia tener esperanza de llegar. Por otra parte, aunque del conocimiento de los ángulos de un triángulo no se deduce mas que la relacion

que hay entre sus lados, si se averigua el valor de un solo lado, se halla el de los otros. Picard lo consiguió midiendo con prolixidad desconocida hasta entónces, una distancia de mas de 13213 varas en el camino de Villejuif á Juvisy, con cuya línea, que en la figura está representada por A B, y que forma uno de los lados del triángulo A B C, calculó los lados A C y B C, y empleó luego á estos para calcular los de los triángulos B C D y A C E, ligados con el precedente, llegando así de estacion en estacion desde Malvoisina hasta Amiens, puntos que terminan su operacion; y midió ademas una nueva base cerca de *Sourdon*, la que por esta medida, como por el cálculo, resultó de 9104,6 varas, con lo que adquirió la mayor prueba de la confianza que merecian su operacion y sus cálculos: despues de esto todavía restaba que deducir la extension de la línea que une ámbos puntos, y orientarla con respecto al meridiano de Paris, á fin de sacar la distancia en la direccion del mismo meridiano; y últimamente determinar con precision la *amplitud* del arco medido sobre este círculo, es decir, el número de grados y partes de grado de que constaba para inferir su relacion con la circunferencia entera: para lo 1.º, puesto el observador, por exemplo, en el observatorio de Paris (*fig. 27*), se observa en el momento de ponerse el sol, el ángulo entre el centro de este astro y un objeto visto desde el horizonte, v. g. la torre de *Monthléri*, que fue uno de los puntos de la cadena de los triángulos: como los movimientos del sol son bastante conocidos para que se sepa á qué distancia del meridiano nace ó se pone cada dia, en averiguando á qué distancia

de Monthleri se ha puesto, se infiere la distancia de este punto al meridiano que pasa por el observatorio de Paris; se repite esta observacion muchas veces en la cadena de los triángulos para asegurarse de la direccion de la meridiana, y sobre esta línea se cuenta la distancia itineraria que debe servir en la determinacion del grado.

62 Para la segunda parte de su operacion, que dependia de la observacion de los astros, es decir, para sacar la diferencia de altura de polo de los dos extremos, prefirió Picard la estrella puesta en la rodilla de la constelacion de *Casiopea*, porque hallándose poco distante del zenith, estaba ménos afectada de aquellas impresiones de la atmósfera, que baxo el nombre de *refracciones* alteran mas sensiblemente, y de un modo no bien conocido aun en aquel tiempo, la altura de los astros quando estan entre el zenith y el horizonte. Por este medio halló que la diferencia de altura entre Malvoisina y Sourdon cerca de Amiens, era de $1^{\circ} 11' 57''$, que correspondia en la direccion del meridiano á una distancia de 68430 toesas, y deduxo por consiguiente el valor ó extension del grado de 57064 toesas, ó 133149,3 varas castellanas. Halló tambien entre la Catedral de Amiens y Malvoisina una diferencia de altura de polo de $1^{\circ} 22' 55''$, y una distancia de 78850 toesas, cuyo resultado daba al grado 57050 toesas: Picard adoptó el valor medio de 57060 ó 133140 varas; y con él fácilmente deduxo la circunferencia de la tierra, suponiéndola circular, pues debia en tal suposicion constar, como toda circunferencia de círculo, de 360 grados, y halló, dividiendo el grado en veinte partes llamadas *leguas marinas*, cada una

de 2853 toesas, que la tierra tenia 7200 leguas de circunferencia.

63 Esta medida célebre, y capaz de inmortalizar por sí sola el brillante reynado de Luis XIV de Francia, demostró que si la tierra no era una esfera exâcta, á lo ménos se diferenciaba muy poco de esta figura. Es verdad que á mas de las pruebas anunciadas (57), la redondez aparente de todos los cuerpos celestes que tienen diámetro sensible, era indicio muy poderoso de la esfericidad de la tierra; pero, sin embargo, como estos diversos fenómenos no presentaban la forma redonda más que muy en pequeño, podia suceder que hubiese entre esta forma y la verdadera figura de la tierra diferencias notables no bien conocidas. Mas luego que los navegantes empleáron de continuo en la determinacion de su ruta, y en el cálculo de las distancias que andaban, la magnitud de los grados del meridiano deducida de las operaciones de Picard: si la igualdad de estos grados en toda la tierra no hubiera sido, á lo ménos, muy aproximada, lo que no podria suceder siendo la figura de la tierra muy diferente de una esfera, no hubieran dexado de hallar en el resultado de sus operaciones diarias errores considerables, y todos relativos á esta falsa suposicion; y no habiéndose hallado jamas tales errores en lo tocante á la altura, que es la única que se puede siempre observar con bastante exâctitud en la mar, resultaba una perfecta confirmacion de la hipótesis hecha sobre la figura de la tierra. Su diámetro, calculado por la circunferencia, es, en esta suposicion, de 2292 leguas; su radio por consiguiente de 1146, y su extension en superficie de 16502400 leguas quadradas.

LECCION V.

Experiencias del péndulo. Teorías de Huyghens, Newton y otros matemáticos, y nuevas medidas para determinar la figura de la tierra. Movimiento de esta sobre su eje, que explica perfectamente las apariencias de la revolución diurna de todos los astros. Magnitud y volúmen del globo terrestre.

64 **P**or exácta que fuese la medida del grado del meridiano, hecha por Picard, solo podia conducir á la determinacion de la magnitud de la tierra, suponiendo su figura esférica, y los grados iguales; pero los progresos de la astronomía indicáron desde luego la arbitrariedad de aquella suposicion, é hicieron ver que la figura de la tierra no podia dexar de apartarse algo de una esfera perfecta, demostrada que fue su rotacion diurna sobre el eje ó línea que la atraviesa de polo á polo, rotacion que convenia perfectamente con la sencillez y regularidad de las leyes de la naturaleza, y explicaba con elegancia las apariencias del movimiento diurno de los astros.

65 En efecto, aunque las estrellas (3) parece que giran todas en el mismo sentido y en el espacio de un día al rededor de un punto que llamamos *polo celeste*, el que por consiguiente creemos ser el centro de un movimiento comun, en que se comprehenden todos estos astros, y aun el sol, pues que se adelanta y camina en el mismo sentido y del mismo modo que las estrellas, y por eso no solo los hombres vulgares, sino tam-

bien los astrónomos juzgaron, durante muchos siglos, que el sol y las estrellas estaban agarradas á una bóveda sólida, y que esta las arrastraba en su revolucion en 24 horas al rededor de la tierra; sin embargo, quando se exâminó con mas imparcialidad y espíritu despreocupado la grandeza y construccion de los cuerpos que pueblan el universo, y se hicieron comparaciones entre sus volúmenes, distancias y disposicion, y la naturaleza del globo que habitamos, fue preciso reformar esta conjetura, aunque consagrada por el consentimiento de muchos siglos, y los hombres se persuadiéron que el movimiento general de los astros no era mas que apariencia producida por un movimiento real que la esfera terrestre executaba en sentido contrario al rededor de un diámetro ó exe cuya prolongacion pasaba sensiblemente por la estrella polar, la única que se habia creído inmóvil en los cielos. El inmortal Nicolas Copérnico fue el primero que en el siglo xvi de nuestra era, con espíritu verdaderamente filosófico, y con el auxilio de una larga y profunda meditacion, presentó esta importante verdad insinuada ya, aunque sin bastantes pruebas, en las escuelas de la antigua Grecia, al exâmen de los hombres sensatos, y á los tiros interesados y malignos de la ignorancia presuntuosa, y de la ciega supersticion (1).

(1) Copérnico, autor del verdadero sistema del mundo, nació en Thorn en la Prusia en 1473, y de jóven concibió un extraordinario entusiasmo por el estudio de la astronomia, á cuyos encantos se dedicó exclusivamente desde que hecho Canónigo de Fruenberg tuvo ocio y comodidades. En este pueblo, en el seno del reposo, en la soledad, donde hay siempre menos preocupaciones, y es mas poderoso el imperio de la razon, fue donde concibió, meditó y estudio la idea del sistema que lleva su

66 Para dar la explicacion de todas las apariencias por medio de este sistema (si puede llamarse todavía *sistema* una verdad en cuya confirmacion se amontonan las pruebas mas convincentes), es preciso que el lector se traslade con su imaginacion fuera de la tierra, y no la considere mas que como un globo colocado en medio de un espacio indefinido en todos sentidos: el eje ó línea de la tierra, dirigida al polo celeste, señalará sobre la superficie de este globo dos puntos opuestos que son los *polos terrestres*, de los cuales el que corresponde á la estrella polar se llamará tambien polo *septentrional del norte* ó *ártico*, y el opuesto, polo *austral*, *sud* ó *antártico*: el punto del horizonte que corresponde al polo del norte, será el *norte* ó *septentrion*, y el punto opuesto, el *sud* ó *mediodia*: la línea que va del punto norte del horizonte al punto del sur, se llamará *meridiana*, y marcará sobre la superficie terrestre la seccion del *meridiano celeste*, ó de aquel semicírculo que pasando por los polos divide en dos partes iguales el emisferio celeste comprehendido sobre el horizonte, y dá el instante del mediodia en el momento que el sol se presenta en frente de él (1). Finalmente, una perpendicular á la meridiana que se imagine

nombre, trabajando y reflexionando en él desde la edad de 39 años hasta la de 70, en cuya época publicó al fin su libro de *Revolucionibus caelestibus*. Murió Copérnico en el momento en que el hijo de sus vigilias salia á luz. No pudo vivir para defenderlo; pero su genio, y la fuerza de la verdad le defienden.

(1) Así, marcando sobre una superficie horizontal dos puntos en la direccion de la estrella polar, determinarán una línea que se diferenciará muy poco de la meridiana. Mas adelante se darán otros medios para trazarla exactamente.

prolongada de una y otra parte hasta los términos del horizonte, determinará en este círculo los dos puntos opuestos, el de *este*, *oriente* ó *levantante*, por donde vemos á los astros comenzar su carrera diaria ó *nacer*; y el de *oeste*, *occidente* ó *poniente*, que es el lado por donde les vemos esconderse baxo del horizonte ó *ponerse*, completando así su movimiento diurno aparente en direccion de *oriente á occidente*. Se hará esta doctrina todavía mas sensible consultando la figura 28, donde M E N O representa el horizonte en cuyo centro está situado el observador A; B C D, B' C' D' son las porciones de círculo que los astros parece describen al rededor del polo celeste P: aquellos astros, cuya distancia á este punto es menor que el arco P N, altura del polo sobre el horizonte, parece que describen círculos enteros, como G H I K, y se llaman *circumpolares*: N es el norte del horizonte, M el mediodia, y M A señala por consiguiente la línea meridiana: el semicírculo M Z N, cuyo plano se supone perpendicular sobre el horizonte M E N O, y que pasa por los puntos N y M, es el meridiano celeste que corta en los puntos C y C' á los arcos B C D, B' C' D' en dos partes iguales: E es el oriente ó *este* del horizonte, y el punto O el poniente ú *oeste*: los astros parece que se mueven de E hácia O, y que pasan en el medio de su carrera por alguno de los puntos del círculo M Z N.

67 Pero todas estas apariencias se explican perfectamente suponiendo quietos á los astros y al sol, y dando á la tierra un movimiento sobre su eje. La fig. 29 representa el globo terrestre aislado; el punto A se supone el lugar del observa-

dor, E M O N su horizonte sensible (1), y la recta P P' señala la línea de la tierra dirigida á los polos del mundo, ó el eje al rededor del qual la tierra executa su movimiento de rotacion de occidente á oriente. Es innegable que si el horizonte del observador gira con él, como es preciso, durante la rotacion del globo, se adelantará sucesivamente hácia los astros situados en la direccion de su movimiento, los quales por consiguiente parecerá que caminan en direccion opuesta para acercarse á este plano. El otro plano M Z N del meridiano, elevado sobre la línea meridiana M N perpendicularmente al plano horizontal E N O M, gira tambien con este último, y se dirige sucesivamente hácia los varios astros que pueblan el cielo, los quales se hallan entonces en medio del espacio que parece que recorren sobre el horizonte. Quando el borde occidental del horizonte ha llegado á un astro, parece que este astro se pone, y dexa en seguida de ser visible hasta que el movimiento de la tierra haya traído de nuevo sobre él al borde oriental del horizonte, porque durante este intervalo, los rayos visuales que van desde la tierra, pasan mas allá del parage ó punto donde está el astro. Así esta explicacion corresponde á las apariencias de un modo tan exácto como sencillo, y da razon perfectamente de la aparicion y desaparicion diaria de los astros, circunstancias por las quales el sol produce la alternativa del dia y de la noche, llamándose *dia* la presencia del horizonte delante del astro luminoso, y *noche* la falta de su vista.

68 Es cierto que para admitir, á pesar de to-

(1) Su horizonte racional (16) será m n, y su zenith Z (17).

das las preocupaciones (1), el movimiento diario de la tierra, y colocarle en el número de las verdades fundamentales de la astronomía, no han concurrido pruebas directas y sensibles. Hay cosas en la naturaleza que jamás veremos con los ojos corporales, y no debemos extrañarlo, supuesto que sobre la misma tierra, que es nuestro imperio, y donde podemos llegar á ellas para tocarlas, reconocemos que los ojos nos engañan continuamente acerca de la magnitud, la distancia y el movimiento de los objetos (2). El argumento fundado sobre la analogía y la verisimilitud, es casi siempre mas seguro que el testimonio

(1) „Tenemos, dice con su acostumbrada gracia Fontenelle, un espíritu muy curioso y malos ojos. Así los verdaderos filósofos pasan su vida en no creer lo que ven, y en procurar adivinar lo que no ven; condicion por cierto nada envidiable.” En otra parte añade. „Los hombres nos parecemos a aquel loco de Arenas, a quien se le puso en la cabeza que todas las embarcaciones que llegaban al puerto del Pireo eran suyas; nosotros, con ilusión semejante, creemos tambien que toda la naturaleza sin excepcion esta destinada á servirnos; y así quando se pregunta á nuestros filósofos á que son tantas estrellas fijas, de las quales pocas bastaban para hacer lo que hacen todas, responden firmemente que sirven para divertir y recrear la vista. Sobre este principio imaginaron que la tierra por precision debia estar en reposo en el centro del universo, mientras todos los cuerpos celestes, formados para ella, se romaban el trabajo de dar vueltas al rededor de la tierra, con el fin de iluminarla.” *Les Mondes, premier soir.*

(2) Del mismo modo que quando estamos en un barco, abandonados á la corriente tranquila de un rio, si alguna sacudida violenta no nos advierte que mudamos de sitio, nos parece que los objetos situados en las orillas ó margenes son los que se mueven en sentido opuesto á nuestro movimiento, que no advertimos; así tambien es natural atribuir á la tierra el movimiento comun que se observa en el sol y las estrellas, y esta explicacion es tanto mas plausible, quanto sobre recomendarla su misma sencillez, se confirma mas y mas por el análisis exacto de los fenómenos, y por el acuerdo de las observaciones con sus resultados.

de los sentidos; y este argumento no dexa duda de la rotacion de la tierra para explicar el fenómeno de la aparicion y desaparicion diurna de los astros, y sucesion del dia y de la noche. Supongamos, dice el elegante y desgraciado historiador de la astronomia (1), que la tierra está quieta, y que el cielo se mueve al rededor de ella en 24 horas; entónces es preciso que se muevan infinitas estrellas, las cuales conservan sin embargo entre sí los mismos espacios y las mismas distancias, y apesar de este movimiento repetido todos los dias, no han sufrido mudanza alguna sensible en sus configuraciones desde la existencia del mundo. La imaginacion se espanta de la rapidéz que debemos suponer en tal movimiento(2), pues qualquiera que sea la distancia de las estrellas, no puede dexar de ser tan grande, que una esfera, cuyo radio se suponga igual á esta distancia, se habrá de mover con una velocidad á lo ménos de 18400 leguas por segundo, siendo así que el globo de la tierra satisfaría á las mismas apariencias moviéndose sobre sí mismo con la velocidad de 555,33 varas por segundo, es decir, dupla solamente de la de una bala de ca-

(1) Bailly, *Histoire de l'astronomie moderne*.

(2) La distancia del sol á la tierra, segun demuestra la astronomia, es de 22918 semidiámetros de nuestro globo y la del planeta Saturno de 218431. No admite duda que las estrellas estan mas allá de la *orbita* de Saturno; pero aun quando supongamos que no distan de la tierra mas que este planeta, el radio de su esfera constará á lo menos de 218.431 semidiámetros terrestres. Calculada la *circunferencia* que corresponde á este radio, se hallará que si las estrellas se mueven al rededor de la tierra, ha de ser *andando* unas 18 mil leguas en cada segundo de tiempo, *velocidad enorme*; en vez que si la tierra se mueve *sobre sí misma*, los puntos de su equador no andan mas que *7200 leguas en 24 horas, ó unas 555 varas en cada segundo.*

cion. Embarzados los antiguos, considerando tanta ligereza, y tanto orden al mismo tiempo en el movimiento de las estrellas, las supusieron pegadas á una esfera de cristal que las arrastraba á todas de una vez, sin alterar sus distancias reciprocas: pero ¿cómo podia este movimiento transmitirse á los otros cuerpos celestes llamados *planetas*, que estan situados baxo de las estrellas á diversas distancias, y sujetos á un movimiento propio, diferente y contrario al movimiento diurno? (1) Si se suponía que cada planeta tenia su esfera sólida, ¿cómo si estas esferas estaban enlazadas por algun medio con la esfera de las estrellas, obedecian los planetas á un movimiento contrario? ó si todas estas esferas no tenian enlace ni formaban un todo, ¿cómo se les transmitia el movimiento diurno y universal? Por otra parte los *cometas* quebraban estos cielos de vidrio, atravesándoles en todas las direcciones; y al mismo tiempo quando estos astros se dexan ver, bien se les suponga cuerpos transeuntes, bien criados para la eternidad, cedian al movimiento general, executando su revolucion diurna al rededor de la tierra. Para

(1) Observando los hombres con frecuencia y atencion, distinguieron luego en el cielo dos clases de astros, unos que conservan entre si las mismas distancias y disposicion, no pareciendo afectados mas que de su movimiento aparente, que resulta de la rotacion de la tierra sobre su exe, y á estos llamaron propriamente *estrellas*; y otros que á mas tienen un movimiento propio, que les hace mudar de situacion tanto unos respecto de otros, como con relacion á las estrellas, á los que llamaron *planetas* quando les advertian sujetos á movimientos de un periodo no muy largo y conocido; y *cometas* quando á mas de presentar en su figura ciertos caracteres particulares, aparecen de raro en raro, y su vuelta ó retorno á los puntos del cielo desde donde se nos dexan ver, no puede calcularse con tanto rigor y exactitud.

obviar tales dificultades, los orientales diéronle á cada planeta una *inteligencia* que le condujera y en efecto bien se necesitaba que hubiese muchas, y que trabajasen sin pereza para conducirles con tanta constancia y regularidad executando movimientos contrarios. No sin razon llamaron los antiguos á los astros *milicia celeste*, porque nunca ejército alguno se ha aparrado ménos de sus líneas, ni ha caminado con mas disciplina que la que ellos les prescribian en su marcha. Todos estos absurdos no tienen otro objeto que el de dexar á un *grano de arena* quieto en un rincón del universo, y todos se evitan haciendo mover cada día sobre sí mismo á este grano de arena, siendo muy digno de observarse que los que niegan el movimiento de la tierra, no pueden probar que no existe, pues las apariencias son absolutamente las mismas, bien se mueva el cielo alrededor de nuestro globo, bien este sobre sí mismo; á lo ménos, pues, la eleccion es libre entre las dos suposiciones, ó mas bien no es ya libre quando debe hacerse entre causas absurdas ó imposibles, y una causa verosímil y sencilla (1).

69. Supuesto que la tierra gira sobre sí misma parece que á cada momento debiamos mudar de ayre y respirar el de otro país; pero no sucede así, porque el ayre que rodea la tierra, á la altura de 2 leguas apénas es sensible, y así nos sigue y gira con nosotros. „A la manera, dice Fontenelle, de lo que sucede con los capullos que

(1) La rotacion de la tierra adquirió nuevos grados de verosimilitud, ó mas bien nuevas pruebas de su existencia, despues que Domingo Casini observó que Júpiter, planeta 1246 veces mas volatinosa que la tierra, gira sobre sí mismo en 9h 56'; y que Marte y Venus hacen tambien sus rotaciones, el 1.º en unas 24 horas, y el 2.º en 23h 15'.

trabajan los gusanos de seda para encerrarse en ellos, y que son de seda muy apretada, pero están cubiertos de cierto bello muy ligero y floxo: así la tierra, que es bastante sólida, se halla cubierta desde su superficie hasta cierta altura de una especie de bello, que es el ayre, y todo el capullo del gusano de seda con su cubierta gira al mismo tiempo." Mas allá del ayre está la materia celeste, incomparablemente mas pura y sutil. Lo que no admite duda es, que si pudiera trasladarse un hombre á las regiones superiores á la atmósfera, con solo estar allí 24 horas sin movimiento, veria por un efecto de la rotacion de nuestro globo presentarse sucesivamente á su vista todas las naciones y pueblos que la habitan; y toda la infinita variedad que ofrece la superficie de la tierra, seria el espectáculo magnífico de que disfrutaria con asombro en aquel corto intervalo. Esta idea grandiosa y sublime ofreció digresiones interesantes á la fecunda pluma de Fontenelle en su égloga intitulada *Entretien sur la pluralité des mondes, premier soir.*

70 Luego que se propagó entre los sábios la elegante explicacion de las apariencias diurnas del cielo por medio de la rotacion de la tierra, hasta empezó á dudarse de su perfecta esfericidad, hasta entónces supuesta sin rigoroso exámen. Huyghens, astrónomo Holandés del siglo xvii, bien célebre por su descubrimiento del anillo de Saturno y por las mejoras que introduxo en los instrumentos de observacion, fue el primero que considerando que los cuerpos que giran al rededor de un centro ó exe, adquieren una fuerza centrífuga que tira sin cesar á alejarles de este centro ó exe, como se vé tirando una piedra con la honda, infi-

rió que el fluido esparcido sobre gran parte de la superficie de la tierra, en la precision de obedecer á esta fuerza al mismo tiempo que á la gravedad dirigida hácia el centro de nuestro globo, no podia tomar ni retener la forma perfectamente esférica, sino achatada hácia los polos, de suerte que el eje de rotacion fuese mas corto que los diámetros del equador $\frac{1}{578}$ ó 4 leguas (1). Esta consecuencia de Huyghens, sacada de la fuerza centrífuga, se hace sensible moviendo á una vaxiga humedecida al rededor de un eje, pues veremos que toma entónces la forma de esfera achatada en las extremidades contiguas á este eje. Newton, á quien sus profundas meditaciones so-

(1) Daré alguna extension á los principios en que fundaron su teoria Huyghens y Newton. Las leyes de la fisica enseñan que ningun cuerpo puede moverse al rededor de un centro, sin hacer continuamente esfuerzos para alejarse de el, esfuerzos tanto mayores quanto describe un circulo mayor en tiempo señalado, y por consiguiente hay en el mayor fuerza centrífuga; es asi que supuesta la rotacion de la tierra todas sus partes describen en el mismo tiempo ó en cerca de 24 horas circulos; luego hay en toda la superficie terrestre fuerza centrífuga, y está fuerza sera desigual segun los distintos parages, porque los circulos descritos son desiguales. El mayor circulo lo describen los puntos equidistantes de los polos, ó correspondientes al equador celeste, y cuya sucesion forma el equador terrestre. La simple inspeccion de una esfera lo pone á la vista. Todos los otros circulos van siendo menores sensiblemente á uno y otro lado del equador, de suerte que los que terminan en los polos pueden mirarse como dos puntos; por consiguiente la fuerza centrífuga máxima estará baxo el equador, y menguara como los paralelos extinguiendose en los polos. Como esta fuerza centrífuga es contraria á la gravedad, ó diametralmente opuesta á la tendencia que tienen todos los cuerpos de dirigirse hácia el centro, se sigue que la gravedad sera menor ó las partes de la materia menos pesadas, ó estaran mas apartadas del centro de la tierra baxo el equador, que baxo los polos; por otra parte el equinoxio de las aguas que cubren buena parte

bre las leyes observadas por Keplero en el movimiento de los planetas (1), condujeron al descubrimiento de la gravitacion universal no mirando á la pesantez ó gravedad en la superficie de la tierra como fuerza constante dirigida siempre hácia el centro de nuestro globo, sino como el resultado de la atraccion recíproca que ejercen unas sobre otras todas las moléculas de la tierra, halló que esta fuerza variaba algo en intensidad y direccion quando no se suponía á la tierra esférica, y combinándola en este estado con la fuerza centrífuga vió del mismo modo que Huyghens que la tierra debía ser achatada hácia los polos, pero halló la diferencia entre el eje de rotacion y los diámetros del equador algo mas que doble, pues la fixó en $\frac{1}{230}$ ó cerca de 10 leguas.

71 Las observaciones de Júpiter, debidas á Casini, astrónomo italiano del siglo xvii, confirmáron la teoría de Newton: midiendo los diámetros de

de la tierra exige que todo lo que la superficie del mar se aleja por un parage del centro del globo se acerque por otro, á fin de que las columnas sean iguales, las que van del equador al centro mas largas, porque son menos pesadas, y las que parten de los polos al mismo centro mas cortas, porque tienen mas pesadez, compensándose así reciprocamente *pesadez y largo; intiérese, pues, que es menor la distancia de los polos al centro de la tierra que la de los puntos situados en el equador, y que por consiguiente nuestro globo es achatado hácia los polos, y elevado hácia el equador.*

(1) Keplero, astrónomo alemán del siglo xvii, se puede llamar el legislador de los planetas. Las leyes á que demostró estaban sujetos, y cuya verdad resulta siempre con asombro de las observaciones y teoría, son: 1.^a Que los planetas describen elipses en cuyo foco está el sol. 2.^a Que son como los cubos de sus distancias medias al sol. 3.^a Que las áreas son proporcionales á los tiempos que emplean en describirlas. Estas leyes se verifican igualmente en los satélites y cometas.

este planeta que gira sobre sí mismo, se halló que su figura esférica estaba alterada por la fuerza centrífuga en tales términos, que el eje de rotación es á su equador como 13 á 12; de donde se inferió que á la tierra debe suceder lo mismo proporcionalmente á su volumen y á la menor velocidad de su rotación. Comprobáron lo mismo, aun mas decisivamente, y diéron origen á las referidas teorías de Newton y Huyghens las observaciones del péndulo hechas á 5° del equador hácia el N. El físico frances Richer, enviado á fines del siglo xvii por la Academia de las Ciencias de Paris á la *Cayena*, país de la América meridional, halló que su reloj de péndola, que señalaba perfectamente las horas, arreglado en Paris, retardaba allí cada dia 2' 28"; pero si la aguja del reloj señala ménos segundos en el intervalo de una revolucion diurna aparente de los astros, es porque el péndulo hace ménos oscilaciones, y si el péndulo hace ménos oscilaciones, es porque teniendo ménos pesadéz cae mas lentamente en la vertical, en cuya caída es quando la aguja del reloj señala los segundos sobre el quadrante. Es cierto que el calor podría producir el mismo efecto alargando la vara del péndulo, pues en igualdad de circunstancias, un péndulo mas largo oscila mas lentamente; pero despues de calcular lo que los calores observados en Cayena podrían alargar la vara del péndulo, se vió que por ningún título eran bastantes para causar en el movimiento de la aguja el retardo de 2' 28" por dia. Resultaba pues, que la gravedad es menor en el equador, y por consiguiente que los puntos del círculo equatorial distaban mas del centro de la tierra que los situados en el paralelo de

Paris, ó que la tierra era achatada hácia los polos. Posteriormente Bouguer en el Perú, La-Caille en el Cabo de Buena Esperanza, Mairan y Borda en Paris, Mallet en Petersburgo y en Laponia, Maupertuis en Pello en la misma Laponia, los compañeros de Phips en Spitzberg y otros físicos en distintos parages del globo, han repetido las experiencias del péndulo, y de todas se deduce que para que éste señale los segundos ó haga una oscilacion en cada segundo, es preciso acortarlo ó dar ménos longitud á la varita á proporcion que se fija mas cerca del equador, y por consiguiente que la pesadez de los cuerpos disminuye hácia el equador y se aumenta hácia los polos en progresion regular; de modo que un cuerpo que pesa 100000 libras en Francia, en el equador no pesará mas que 99533, miéntras en Laponia su peso ascendería á 100137.

72 Todas estas conclusiones, aunque diferentes en la cantidad del resultado, acordes entre sí en la alteracion que la figura de la tierra habia recibido de la fuerza centrífuga, y fundadas por otra parte sobre las experiencias mas bien acreditadas y sobre los principios incontestables de la mecánica, se han verificado al mismo tiempo y hasta nuestros dias por las medidas tomadas en el globo terrestre, que debian decidir irrevocablemente la cuestión; porque si la figura de la tierra era qual se deducia de las experiencias del péndulo y de las teorías de Newton y Huyghens, resultaria que los grados no eran iguales en toda la extension del meridiano, sino mayores, ó compuestos de mayor número de medidas itinerarias en la parte achatada del meridiano, es decir, hácia los polos, y menores en la parte más

convexâ del mismo ó hácia el equador. Una consecuencia que estriba en las primeras nociones de la geometría elemental, tiene toda la certidumbre geométrica, y no pueden impugnaria sino aquellos que no comprehenden lo que se debe entender por *grados de meridiano*, y cómo se miden; por lo qual, y en atencion á la importancia del objeto, paso á explicarlo con claridad (1).

73 Confirma la experiencia mas repetida é incontestable, que la direccion de la gravedad ó la *vertical* es perpendicular á la superficie terrestre, qualquiera que sea su forma; las nivelaciones, las observaciones hechas en el horizonte, en la orilla del mar, &c., comprueban esta verdad diariamente. Conforme á ella, se han convenido los astrónomos en llamar *grado del meridiano* al espacio que se debe andar sobre esta curva, qualquiera que sea, para que las dos líneas AZ y $A'Z'$ (fig. 18), tiradas por las extremidades de este espacio, perpendicularmente á la curva FG , es decir, á sus tangentes AM , $A'M'$ que señalan el horizonte del punto A y del punto A' , hagan entre sí un ángulo ACA' de un grado. Siendo este supuesto una definicion, no puede contestarse. Resta solo saber si los astrónomos han determinado siempre los grados del meridiano segun la definicion; pero esto es tambien indudable, porque han medido siempre la amplitud del arco, comparando á una misma estrella el zenith de cada extremidad de este arco, ó las verticales tiradas

(1) Recientemente, y con argumentos ingeniosos, pero sofisticos y fundados en el embrollo que hace de las primeras verdades de la geometria y de la teoria de las curvas, ha atacado esta doctrina y deslumbrado á algunos poco inteligentes Bernardino Saint Pierre en sus *Etudes de la nature*.

por los dos puntos que le terminan; ó averiguando el ángulo que forma la estrella con el zenith de ellos.

74 Con efecto la amplitud del arco comprendido entre dos pueblos, por exemplo, entre Paris y Amiens, que están en el mismo meridiano, se determinaria directamente si desde el centro de la tierra se observase el zenith de ámbos, y se midiese con un quarto de círculo el ángulo que forman; esta misma operacion puede hacerse desde Paris y Amiens, porque en la distancia inmensa de nosotros á las estrellas, el semidiámetro de la tierra es nada, y por consiguiente el ángulo formado por las líneas tiradas desde los dos zenithes resulta el mismo, bien concurren en la superficie, bien se las prolongue hasta el centro; pero no pudiendo verse los dos zenithes á un tiempo toman los astrónomos una estrella como X (fig. 18.) situada entre ámbos, y entónces el ángulo $Z C Z'$ que determina el arco del meridiano entre Paris y Amiens, se compone de otros dos, uno es $Z C X$ formado por la vertical de Paris y la línea tirada á la estrella, y otro el $X C Z'$ formado por esta línea y la vertical de Amiens. Si para la observacion se escogiese una estrella situada fuera del ángulo de los dos verticales, y mas allá del zenith de Amiens, resultará el valor del ángulo que forman las dos verticales, restando del ángulo comprendido entre la vertical de Paris y la línea tirada á la estrella el formado mas allá de las dos verticales, ó comprendido entre la vertical de Amiens, y la línea dirigida desde este pueblo al astro. Se vé pues, que la amplitud del arco del meridiano es lo mismo en la astronomía que el ángulo interceptado entre las verticales de los extremos; si este ángulo es de 1, 2 ó 3°, el arco lo será igualmente

75 Esto supuesto, si la curva FG es un círculo, las líneas $AC, A'C$, perpendiculares á sus tangentes, no siendo mas que los radios tirados al centro, se encontrarán siempre á la misma distancia de la curva, y lo mismo sucederá á todas las verticales tiradas á qualesquiera puntos de la superficie, como BCD &c; así en toda la extension de la circunferencia el mismo ángulo corresponderá al mismo arco, y los grados tendrán por consiguiente la misma longitud. No sucederá esto en las curvas, cuya curvatura no es uniforme; pues si se toman dos arcos de la misma longitud, como MM' y mm' (*fig. 19.*) el uno en la parte mas achatada, y el otro en la mas convexa, las perpendiculares MC y $M'C$ tiradas á las extremidades del arco mas convexo, se encontrarán mas cerca de este arco, que las perpendiculares $mc, m'c$ tiradas á los extremos del arco mas achatado mm' . Luego el ángulo $m'cm$ es visiblemente menor que el $M'CM$, y por consiguiente si este último es de un grado, el arco mm' igual en extension ó longitud á MM' no corresponde á un grado; y así será preciso para tener este ángulo en la parte mP de la curva, tomar un espacio mayor que MM' .

76 Con esta doctrina quedan, segun me parece, fixadas las nociones sobre la medida de los grados del meridiano con bastante precision para que no quede duda alguna acerca de las consecuencias que se sacan de su desigualdad. En efecto, no puede negarse, en vista de ella, que donde dichos grados son mayores, la curva del meridiano es mas achatada, y mas convexa donde son menores. A principios del último siglo, por no haber tenido presentes estas nociones, infiriéron al-

gunos matemáticos todo lo contrario, porque se suponía que los grados estaban determinados por los ángulos $M O M'$, $m O m'$ formados por líneas tiradas al centro de la elipse $E P' E' P$; pero semejante hipótesis era poco conforme á las operaciones, porque como las líneas $O M$ y $O M'$, $O m$ y $O m'$ no son perpendiculares á la curva, se diferencian por consiguiente de las verticales á que se refieren los puntos del arco celeste. Así se conoció muy pronto el error, y solo lo han renovado despues algunos escritores, absolutamente forasteros en las mas simple, consideraciones de la geometría.

77 Las primeras medidas daban un resultado contrario al que ofrecieron las teorías. Casini, que á principios del siglo XVIII, por medio de operaciones trigonométricas muy prolixas, midió todo el arco de meridiano que atraviesa la Francia, halló que los grados eran algo mas largos hácia el equador; y por consiguiente resultaba la tierra prolongada hácia los polos. Esta contradiccion entre las operaciones y la teoría, hizo mas reñida la cuestión de la figura de la tierra, y empenó á la Academia de las ciencias de Paris á decidirla con medidas mas convincentes. Los partidarios del achatamiento de la tierra hacia los polos, observaban con razon que la diferencia de los grados de meridiano medidos en Francia por Casini era muy poco considerable, y que por lo mismo los errores mas ligeros en las observaciones habrían podido influir muy sensiblemente en los resultados. Propuso, pues, La-Condamine y aprobó el gobierno, un viage científico á medir algunos grados del meridiano cerca del equador, y poco despues, á propuesta de Maupertuis, se dispuso otr

con igual objeto á las heladas regiones que lindan con el polo arctico; haciéndose así las operaciones en dos arcos tan distantes, se resolvía terminantemente por la diferente extension de los grados medidos, la cuestión de la figura de nuestro globo, cuestión no inútil y vana, sino del mayor interes para la geografía y navegacion. El mismo Maupertuis, Clairault, Camus y Lemonier, acompañados del Abate Outhier y del profesor sueco Celsio, fueron al Norte en 1735, y en la primavera del 36 ya estaban de vuelta en Paris, medido, acaso con demasiada priesa, un arco de meridiano en los bosques de la Laponia, á $23^{\circ} \frac{1}{2}$ del polo arctico. Los académicos Godin, La-Condamine y Bouguer se encargaron de la expedicion equatorial, y executaron sus medidas en el Perú con un teson heroyco en vencer los infinitos obstáculos que se les presentaron, y con una escrupulosidad muy laudable en la serie y comprobacion de sus operaciones. Los resultados que arrojó cada comision, comparados ya entre sí, ya con el grado medido en Francia, pusieron fuera de duda el achatamiento de la tierra hácia los polos; pero sin convenir reciprocamente en la cantidad de este achatamiento. El grado medido en el círculo polar del Norte salió 1561 varas mayor que el del equador, y el de Francia, mas corto que el del círculo polar, excedia sin embargo al del equador 716,3 varas.

78 Estas diferencias, demasiado considerables para poderse atribuir á los errores de las observaciones, prueban invenciblemente *que la figura del meridiano es achatada hácia los polos*; mas para determinar la diferencia entre el exe de rotacion y el diámetro del equador, era preciso conocer la naturaleza de la curva afectada al me-

sidiano. Las investigaciones teóricas de Newton y de sus sucesores, habian demostrado que esta curva podia ser una elipse. Pasando despues de esta posibilidad á la realidad de la hipótesi, se hallaron achatamientos muy diferentes, tanto de resulta de las medidas citadas, como de otras tomadas en diferentes tiempos y lugares (1); y la duracion de las oscilaciones de un péndulo, la que depende de la intensidad de la pesadéz, se ha visto tambien por repetidas experiencias, que disminuye en verdad yendo del equador al polo, segun lo exíge la mayor proximidad de los puntos del meridiano al centro de gravedad de la tierra en las cercanías del polo que en la circunferencia del equador; pero las variaciones de esta duracion, ó lo que es igual, la extension que se debe dar á la vara del péndulo para que este emplee en las diversas latitudes un segundo de tiempo en las oscilaciones, no conviene con el achatamiento deducido de la medida de los grados.

79 Algunos geómetras han creido hallar el origen de tales diferencias en la imperfeccion de los instrumentos, ó en las circunstancias locales.

(1) El célebre La-Caille en el Cabo de Buena Esperanza, Masson y Dixon en Pensylvania, Boscovich y Maire en los estados del Papa, Beccaria en el Piamonte, Lieganig en Hungria, Thury y Casini en Holanda, Lambton en la península occidental de la India, han medido en diferentes épocas, desde mediados del siglo XVIII hasta nuestros dias, varios arcos del meridiano; y sus resultados estan en contradiccion con los de las medidas hechas en el Perú, y con la teoria del equilibrio de los fluidos. Los grados á veces se han hallado demasiado largos, y otras demasiado cortos, y se ha tenido por imposible hacerles entrar en una sola y misma linea curva, naciendo de aquí el dictámen de sabios de la mayor autoridad, que la *curvatura de la esferaide terrestre podia estar sujeta á algunas irregularidades.*

D'Alembert pensaba que los errores causados por la fricción del hilo vertical en los *sectores*, pueden llegar á 3 ó 4'' en el arco celeste; lo qual podría dar un error de 140 varas en cada grado terrestre. Acaso se origináron tambien errores en muchas de las medidas, de la atracción lateral de las montañas que los físicos ya no dudan es capaz de desviar el hilo á plomo de su dirección vertical (1). Clairault y otros geómetras aclaran estas dificultades, demostrando que indican un aumento de densidad desde la circunferencia al centro en la materia de nuestro planeta, y prueban que suponiendo que la superficie terrestre sea de la clase de las que se llaman *superficies de revolución* ó producidas por la rotación de una curva al rededor de su eje, el equilibrio de los fluidos exige necesariamente que su curva generadora ó su meridiano sea una elipse, cuyo eje menor pase por los polos.

80 Pero estaba reservado á la Francia, á la misma nacion que dió los primeros resultados precisos sobre la medida de los grados del meridiano, decidir, si fuera posible, tantas dificultades, repitiendo esta medida con exáctitud superior por medio del *círculo repetidor*, aplicado por Borda á las observaciones de las longitudes en la mar, y apropiado despues á las observaciones en tierra. Con este instrumento, y con escrupulosas

(1) Newton, que adivinaba todos los secretos de la naturaleza, calculó esta atracción, de 2' en una montaña de 3 millas inglesas de alta y 6 de anchura. Bouguer y La-Condamine observáron en 1737 cerca del *Chimborazo* en el Perú, que la fuerza atractiva de esta elevada montaña desviaba 8'' el hilo á plomo. Semejantes efectos se han experimentado en los Alpes, en el Apenino y en Escocia, donde Maskelyne ha repetido estas observaciones con nueva precisión.

atenciones, los astrónomos Delambre y Mechain, encargados de medir el arco de meridiano entre Dunkerque y Barcelona, han verificado sus operaciones en la época mas borrascosa de la revolución francesa, á saber, desde 1792 hasta 98, con bastante precision para notar en el mayor arco que hasta hoy se ha medido, y que sin embargo no es mas que la décima parte del quarto de círculo, la desigualdad de los grados que resulta del achatamiento de la tierra.

81 Han probado de nuevo estas medidas que los grados del meridiano disminuyen hácia el mediodia, y aumentan hácia el norte, siendo por consiguiente el globo achatado hácia los polos; confirman al mismo tiempo, que los aumentos y diminuciones de estos grados terrestres no siguen una regla matemática absolutamente precisa y constante, y que así un meridiano no es una *elipse regular*, sino una *curva de doble curvatura* (1); y dan tambien motivo para creer que cada meridiano está sujeto á curvaturas algo diferentes, de modo que la tierra no se puede llamar *exáctamente* esferoide de revolución. Pero como estas irregularidades son infinitamente pequeñas, se las hace desaparecer en la teoría, suponiendo una *elipse regular* tirada de modo que se identifique en quanto sea posible, con el meridiano real, cuya curva puede llamarse *elipse osculadora*. La *elipse osculadora* del meridiano de Francia parece indicar un achatamiento de $\frac{1}{150}$; pero comparada con el grado del Perú, da la proporcion

(1) Ya Buffon en su *historia natural* propuso esta idea de la irregularidad de la esferoide terrestre; La-Condaminé y Maupertuis la adoptaron tambien.

de $\frac{1}{334}$, proporcion adoptada despues de profundas discusiones por la *Comision de pesos y medidas* del instituto nacional, compuesta de sabios franceses y extrangeros; bastante conforme con la de $\frac{1}{320}$ que halló Laplace por la teoría de los péndulos, y con la combinacion de algunos fenómenos celestes, cuya causa depende de la no esfericidad de la tierra; y correspondiente al achatamiento de un cuerpo celeste como resultado de la rotacion sobre sí mismo, el que se manifiesta en el planeta Júpiter, donde ya he dicho que con el telescopio se ve que la diferencia de los dos diámetros es casi de $\frac{1}{10}$, y comparando la medida exâcta de este achatamiento, las dimensiones de Júpiter, y el tiempo que emplea en su rotacion, con las dimensiones de la tierra y la duracion de su rotacion, se halla que este último planeta (1) debe estar achatado de $\frac{1}{338}$ á $\frac{1}{328}$, resultado que casi no se diferencia del de la *Comision de pesos y medidas*. Otros fenómenos, cuya indicacion no entra en el plan de estas lecciones, confirman tambien el achatamiento de la tierra hacia los polos, de suerte que *ningun hecho físico está hoy mejor deducido, habiéndose verificado tanto inmediatamente como en sus conseqüencias y analogías*, segun la expresion de Laplace en la *Mecanique celeste*.

82 El grado medido en el círculo polar por los académicos franceses en 1736, era el que daba un achatamiento mayor que todos los otros, y se apartaba mas de los varios arcos determina-

(1) Veráse, en efecto, mas adelante que la tierra lo es.

dos. Por este motivo se llegó á sospechar que en aquella operacion habia ocurrido algun error considerable: y M. Melander Hielm, sabio astrónomo sueco, acaba de hacerle medir de nuevo por sus discípulos, usando del círculo repetidor y de todos los medios delicados que han enriquecido últimamente la geodesia. Los académicos franceses no midieron mas que un grado. M. Melander ha hecho medir dos, y hallado, segun una noticia comunicada á Lalande, el grado de meridiano á $65^{\circ} 20'$, de 133467,66 varas, mas corto 450,66 que el que resultó en 1737. Calculada la figura de la tierra por estas medidas de los suecos, sale $\frac{1}{313}$ de achatamiento, cantidad bastante pró-

xima á $\frac{1}{334}$.

83 Por los datos de las operaciones de Delambre y Mechain en el arco de meridiano medido en Francia, cuyo punto medio corresponde á $46^{\circ} 11' 5''$ de distancia del equador, se deduce que la quarta parte del meridiano terrestre es de 513074 toesas ó 1197172,66 varas, y la circunferencia entera de la tierra de 2052296 toesas ó 7193 leguas nuestras, es decir, 7 leguas solamente ménos que la que señaló Picard, lo que hace ver con qué precision se conoce ahora la magnitud de nuestro globo. No siendo iguales entre sí los radios terrestres, no pueden calcularse como en el círculo, y es preciso emplear fórmulas que expresen las relaciones de los arcos de la elipse con los exes de esta curva, y las partes de estos exes. Por tal medio se halla, suponiendo el achatamiento de $\frac{1}{320}$ como Laplace,

que el semiexe EO (*fig. 19*) ó el radio del equador, contiene 763,651 varas, el semiexe OQ , que va del polo al equador terrestre, 761,3783, y la diferencia entre ámbos 13867,67. Se necesitan tambien fórmulas particulares para deducir el valor de los grados del meridiano en una distancia dada del equador ó del polo, á causa de su desigualdad, y se consigue determinando los encuentros de las perpendiculares ó las *normales* á la curva. Todas estas fórmulas y quantas son necesarias para calcular la posicion de los diferentes puntos de la esferoide terrestre, se hallan en la profunda obra de Delambre intitulada *Methodes analytiques pour la determination d'un arc du meridian*, y á ella pueden recurrir los inteligentes en la parte sublime de las matemáticas, pues los que no lo sean, no podran comprenderla.

84. Multiplicando la *circunferencia media de la tierra* por el *diámetro medio*, tendremos su superficie de 20628211 leguas cuadradas, valuacion que casi concuerda con la del astrónomo Lalande, que calculando por un achatamiento mayor que el de $\frac{1}{334}$, halló la superficie del globo terrestre de 20618336,8. Los $\frac{3}{4}$ de esta superficie, ó cerca de 15200000 leguas estan cubiertos de agua, y así solo 5 ó 6 millones pertenecen á la tierra propiamente dicha (1). Se pue-

(1) Esta no es mas que una estimacion aproximada para hacerla con exactitud debieramos conocer los límites de la América septentrional, el interior del África y el de la Nueva Holanda, porciones de la tierra hasta hoy ignoradas casi absolutamente.

de valuar el volúmen de nuestro globo en 9840 millones de leguas cúbicas, volúmen 49 veces mayor que el de la luna, pero solo $\frac{1}{1400}$ del del sol. Comparada la tierra solamente con el espacio que ocupan los cuerpos celestes que estan mas próximos, puede mirarse como un punto imperceptible en la inmensidad.

8; De todo lo dicho en estas dos lecciones resulta, como dice Condillac (1), que despues de tantas sabias teorías, tantos viages y operaciones, todavía no puede llamarse *decidida* la cuestión de la figura de la tierra: ella es una bola achata hácia los polos, ¿pero en qué proporción? ¿lo está igualmente hácia los dos polos? Esto es lo que no se puede asegurar, tanto ménos, quanto las irregularidades de los meridianos parece excluyen toda hipótesi general. Las medidas multiplicadas en todas direcciones, y en todos los paralelos, pueden un dia fixar con exáctitud la figura del globo; y por eso merecen alabanza los gobiernos de Europa que actualmente las promueven y costean. El astrónomo Mechain se halla prolongando la meridiana de Francia hasta la Isla de Cabrera junto á Mallorca, y aun hasta el Cabo de San Antonio en la costa de Valencia. Henry, discípulo de Lalande, ha salido poco há á tomar la medida de los grados entre Brest y Strasburgo por comision del General Sanson, Director del depósito de la guerra de Francia; y la Compañia inglesa de la India oriental acaba de determinar liberalmente que Mr. Lambton continúe en aquellas regiones la cadena de triángulos hasta 7

(1) *Art de raisonner.*

ú 8.º al N. del equador, para decidir con mas exactitud cuál es allí la extension de un arco determinado de meridiano y de otro de un paralelo. Seria tambien de desear que se midiesen algunos grados en la Siberia á los 45º de distancia del equador para compararse con los medidos en Francia, es decir, al otro extremo del globo. El Dr. Frieswinkel propuso el año pasado esta idea en la *decada filosófica*, y su execucion puede esperarse del zelo ilustrado con que protege la ciencias el esclarecido Emperador de Rusia Alexandro I, en cuyo imperio se hallan situadas aquellas vastas regiones del centro de Asia.

86 Qualquiera que sea la figura de la tierra, ciertamente nada contribuyen á alterarla ó modificarla las mayores montañas ó proeminencias que cubren alguna parte de su superficie, pues se reputan como nulas en comparacion del diámetro de la tierra, y apenas producen las mas elevadas la desigualdad que una casi imperceptible protuberancia en la corteza de un limon. Efectivamente, las mas altas que se conocen, no pasan de 21000 pies, ó su elevacion perpendicular está reducida á poco mas de una legua, y conteniendo el diámetro de la tierra 2292 de estas leguas, una montaña de la expresada altura no podria presentar mas que una línea de elevacion sobre un globo de 2292 líneas ó de mas de 30 pies de diámetro, ó $\frac{1}{15}$ de línea en un globo de 2 pies.

LECCION VI.

Medidas itinerarias de distintas naciones. Legua española. Reduccion de unas medidas á otras. Nuevo sistema metrico decimal debido al instituto nacional de Francia.

87 La extension de las medidas itinerarias, llamadas ora *leguas*, ora *millas* &c., que usan las varias naciones del globo, se fixa ó refiere al valor de un grado de la línea meridiana, que desde el equador hasta cada uno de los polos contiene 90°. Si la tierra fuese perfectamente esférica y los meridianos círculos, sus grados entónces iguales comprehenderian siempre un mismo número de *leguas* ó *millas*, y quando decimos *leguas de 20 en grado, de 25 en grado* &c., entenderiamos que 20 ó 25 de estas leguas correspondian perfectamente á un grado de qualquier círculo máxîmo de la esfera; pero siendo segun los principios sentados la tierra una esferoide de esta ú la otra figura, y los grados del meridiano desiguales, se sigue que realmente cada uno corresponde á distinto número de leguas y partes de legua, y que no son medida uniforme en todo rigor de las extensiones itinerarias.

88 Pero sin embargo, en atencion á que de las operaciones con que se ha querido determinar la figura y magnitud de la tierra, resulta que es muy corta la diferencia entre su figura real y la esférica, se la puede mirar como esférica en todas la aplicaciones geográficas, y á los grados del meridiano como iguales entre sí, y de la mis-

ma extension que los de un círculo máximo que la rodease. Con efecto, la diferencia entre las dimensiones polar y equatorial, quando se compara con el semidiámetro terrestre, merece poca consideracion, que, como se ha dicho, es mucho ménos que $\frac{1}{300}$ de la distancia de la superficie terrestre al centro; de modo, que si se extiende sobre el papel una seccion meridional de esta esferoide, el ojo mas perspicaz no la distinguirá del círculo perfecto (1). Se supone pues esférica á la tierra en casi todas las aplicaciones en que la geografia haya de considerar su figura, haciéndose algunas correcciones por causa de su achatamiento en uno ú otro caso que exija grande precision. En esta inteligencia, tomando un medio entre las medidas que se han hecho de diferentes grados del meridiano á varias distancias del equador, se supondrá tambien que el grado de este y de todo círculo máximo de la tierra equivale á 57030 toesas, ó 133070 varas caste-

(1) Por la misma razon los globos artificiales que se destinan a representar la superficie terrestre, se construirán sin error sensible, de figura perfectamente esférica; pues como el achatamiento de la tierra, reducido á $\frac{1}{334}$ del diámetro del equador, no produce entre este diámetro y el eje que pasa por los polos mas que una diferencia de cerca de 7 leguas, resulta que en una esferoide, cuyo grande eje tenga 3 pies, la diferencia entre este y el eje menor no excedera de 1 línea $\frac{1}{2}$, cantidad muy difícil de observar con precision en la construccion de globos, y si el efecto de este achatamiento es tan poco considerable respecto á la masa entera: distribuyéndose sobre todas las partes, es aun menos sensible en los detalles de descripciones individuales de la geografia, y puede despreciarse sin inconveniente en las cartas geograficas ordinarias. Por eso en estas Lecciones continuare mirando á la tierra como perfectamente esférica.

llanas, y el minuto á 9505 toesas ó 2217,8 varas (1).

89 Quando los romanos se apoderaron de España se introduxéron tambien en nuestra península, juntamente con las leyes y yugo del vencedor, las medidas itinerarias de que usaban. Las distancias de los caminos se contáron en el imperio romano por *millas* ó espacios de mil pasos geométricos, llamadas así, y tambien alguna vez *lapis*, porque en los caminos públicos á cada mil pasos se fixaban piedras que indicasen las millas, como se ve en las calzadas romanas ó vias militares de las orillas del *Betis* en Andalucía y en otros parages. El paso geométrico es, dice nuestro Morales, lo que los españoles llamamos *tranco*, á saber, lo mas que comunmente se pueden extender las piernas y apartar los pies echando uno delante de otro; y este paso geométrico consta de 5 pies romanos, teniendo así 5000 cada milla. ¿Pero qual es el valor efectivo de este antiguo pie romano? Se han hecho en el siglo pasado pesquisas por varios métodos, todos en verdad imperfectos, para determinarlo y se ha hallado mucha variedad en los patrones ó medidas que se han consultado entre los sepuleros y escombros de la antigüedad (2). Sin embargo del

(1) Exáctamente el grado de meridiano á 45°, ó á igual distancia del polo y del equador, es, dice Lalande, de 57028 toesas ó 133065,33 varas castellanas; pero segun las operaciones geodesicas de los astrónomos Delambre, y Mechain desde 1792 hasta 98, no pasa de 56960 toesas ó 132907 varas nuestras.

(2) Los primeros términos de comparacion que escogió el hombre para las medidas lineales tuvieron por fundamento el tamaño de diferentes partes de su cuerpo, de donde vienen *pie*, *dado*, *palm*, *paso*, *brazo* &c.; pero estas medidas no podian tener uso en su estado natural, y

resultado de tantas comparaciones puede inferirse que cotejándole con el pie de Paris, tipo convencional de que por lo comun se sirven los geómetras en estas indagaciones, se ha el pie romano del capitolio á este, como 1306 á 1440.

90 En tiempo de los godos continuaba en España el uso de la milla, segun aparece de sus leyes. Siguió en el de los árabes que la llamaron *mail* y aun en el siglo XIII de nuestra era, en cuya época las leyes de partida la emplean con la denominacion de *migero*. Consta siempre esta medida españolizada de 5000 pies, como se dice expresamente en varios monumentos históricos, y por consiguiente seria enteramente igual á la milla romana si entre nosotros no se alteró el pie de que los romanos usaban, ó si el pie español antiguo fue igual al romano; pero esto es muy dudoso, y el decidirlo ocupó mucho á nuestros sabios del siglo XVI, quienes consultaron para ello las obras ó monumentos que se construyéron en España en tiempo de los romanos. Antonio de Nebrija, que juntaba con sus grandes conocimientos en las humanidades el zelo y la instruccion de un historiador aplicado, midió para determinar esta duda, el espacio de dos miliarios en el camino de Mérida á Salamanca

así se construyéron desde tiempo muy antiguo unos patrones de madera ó metal que se supusieron iguales á cierto número de dichas unidades naturales. Estos modelos por lo comun han sido arbitrarios, sin mas fundamento que el capricho de los que los establecieron; y por eso no debe extrañarse la mucha variedad de *pies, varas &c.*, de que se hace uso en España y en casi todas las naciones del mundo, siendo digno de notarse que los palmos y pies en que se suponen divididas algunas de estas varas nuestras, solo pueden haber pertenecido á hombres de una estatura prodigiosa. *Ciscar.*

ca, que llaman *camino de la plata*, y el circo de la primera de ámbas ciudades; y sobre sus resultados leyó en 1510 una memoria en la Universidad de Salamanca, y ofreció dexar la medida que habia sacado del verdadero pie español, en su biblioteca; pero se ignora si lo executó, y por consiguiente fue inútil para la instruccion general el fruto de sus investigaciones. El Dr. Sepúlveda en tiempo de Felipe II, habiendo hecho iguales medidas en el camino de la Plata, deduxo ser allí igual el pie al romano, cuyo valor habia él conocido sobre dos patrones antiguos que existian en el huerto de Angelo Coloccio, cerca de Roma, y cuya medida entregó al mismo Felipe II siendo Príncipe. El maestro Esquivel, Catedrático de Matemáticas en la Universidad de Alcalá, midiendo con igual objeto el aqüeducto de Mérida, obra de los romanos, observó que sus 140 lumbreras estaban á iguales distancias, es á saber: "á 50 varas una de otra, de lo que infirió, dice Ambrosio de Morales, que en nuestras varas hay algunos pies al justo, y ellos forzosamente han de ser tres, pues ni mas ni menos no lo sufre la desconformidad. Teniendo pues la vara castellana 3 pies, resultaba que el pie antiguo español era un *poquito* menor que el romano." Midió despues muchas millas de las del camino de la Plata por espacio de mas de 20 leguas con cordeles de á 50 varas, y siempre halló, añade Morales, "que habia en cada distancia de mármoles á mármoles 33 cordel $s \frac{1}{2}$ sin haber en una mas que en otra"; pero $33 \times 60 = 1666,66$ varas = 4999,98 pies, ó 5000 pies españoles, de donde se inferia que las distancias miliarias en España eran de 5000 pies españoles,

y siendo este *poquito* menor que el romano, lo sería también la milla española.

91 Si se consideran los fundamentos de las medidas de Sepúlveda y Esquivel, resulta, como advierte Lucuze (1), que no decidieron lo que se habían propuesto decidir; pues Sepúlveda no expresa el marco del pie ó vara con que executó las suyas, y así ignoramos á qual de los distintos y desiguales marcos que siempre se han usado en las varias ciudades de España, las referia. A mas, los dos patrones del huerto de Coloccio, de que se valió, corresponden, segun han averiguado los eruditos de nuestros dias, á 2 pies romanos diferentes, llamado el uno *Statiliano* y el otro *Colocciano*, que son entre sí como $1310\frac{5}{6}$ á $1307\frac{1}{2}$; y manifestando Sepúlveda que los tuvo por iguales, se debe desconfiar mucho de la exactitud de sus medidas, y de los resultados que sacó. En quanto á las operaciones de Esquivel, á mas de no expresar tampoco el marco á que se refieren, se ve que las hizo con cordel, método expuesto á errores, porque con los cordeles la medida que se halla es siempre diferente de la verdadera; pues si se van aplicando sobre la tierra, se mide la curvatura del terreno, y si van por el ayre siempre pandean, y así en el dia se les substituyen las perchas de madera, llevando en cuenta la dilatacion ó contraccion que sufren con las variaciones de la atmósfera, que siempre son menores que en el cordel. Por otra parte, ¿de

(1) En su juiciosa disertacion intitulada *Medidas militares*. Mariana de *ponderibus et mensuris*, no se con qué fundamento da por sentado que el pie romano era una onza ó $\frac{1}{12}$ mayor que el español antiguo.

dónde sacó el Maestro Esquivel que porque la vara española es de tres pies, el pie español será un *poquito* menor que el romano? Para asegurar esto debia haber ántes averiguado que así como en la vara española de que usó caben tres pies nuestros, no cabrian otros tres romanos, y esto no sabemos que lo averiguase. Ademas él no concluye sino que el pie romano era un *poquito* mayor que el español, y esta es una expresion vaga que no determina la cantidad en que discrepan. Ultimamente, las medidas del camino de la Plata que le diéron siempre 5000 pies de miliario á miliario, mas bien prueban que aquel pie es el romano, pues se sabe que los romanos ponian siempre otro tanto de piedra á piedra, y por consiguiente nada sirven para determinar la magnitud del antiguo pie español si no se le supone igual al romano.

92 Yo me inclino á creer que en los buenos tiempos de Roma se usó entre nosotros, en los caminos y demas usos de la vida civil, el verdadero pie romano, y que en la confusion originada en el siglo v con los saqueos y entrada de los bárbaros del norte se alteró aquella medida universal, dexaron de ajustarse á un mismo prototipo ú original los patrones que sirviéron para determinar el pie, y de aquí nació la grande variedad introducida en la edad baxa acerca de la magnitud del pie español, concordando apénas la vara de una ciudad ó comarca con la de su vecina, confusion que, ocasionando notables perjuicios en el trato y comunicacion recíproca de los hombres, quisieron remediar en el siglo XIII los dos Reyes mas sabios y célebres de aquella época, Don Jayme el conquistador, y Don Alon-

so X, dando aquel á Valencia en 1238, y esta á Toledo en 1201 la vara de 3 pies romanos, que deseáron fuese universal en sus dominios. Este deseo no tuvo efecto, ya por el indiscreto apego de cada pueblo á su vara y medida municipal, ya en lo que toca á Castilla, porque Don Alonso XI en 1347, y Don Henrique II en las Cortes de Toro de 1369, quisieron que la vara de Burgos fuese la vara de todos sus pueblos, llamándose, acaso desde entónces, por excelencia *vara castellana*, en cuyo noble carácter la aseguraron la Pragmática Sancion de Felipe II en 1568, las órdenes de Don Fernando VI en 1750 y 52, y novísimamente la Real disposicion de 26 de Enero de 1801. Esta vara de Burgos es mas corta que la de Toledo y Valencia en razon de 13 á 12, segun comparaciones hechas en 1758. Don Jorge Juan la cotejó en sus *observaciones* con varias medidas extranjeras, y resultó que suponiéndola dividida en 3710 partes, el pie de Paris tiene 1440 de estas partes, el ingles 1350, el romano antiguo del capitolio 1306, y el del Rhin 1330; y como la vara castellana se compone siempre de tres partes iguales ó pies, se sigue que 95 pies de Londres hacen 104 castellanos, y 13 de estos equivalen á 12 romanos.

93 El mismo sabio matemático Don Jorge Juan examinó de orden del Gobierno en 1750, con aquella delicadeza y exactitud que le eran propias, los patrones originales que guardan de la vara burgalesa las ciudades de Burgos y Avila y las cotejó con la toesa de Paris, medida francesa que por un abuso ignominioso se habia introducido en nuestras obras de arquitectura,

planos y dependencias de guerra y marina desde principios del siglo XVIII, en mengua y con olvido de las nacionales; y resultó que el pie castellano es al de *Rey* ó de *Paris* como 7 á 6, y que así la toesa compuesta de 6 pies de *Rey* corresponde á 7 pies castellanos ó tercias de vara, y 7 varas á 3 toesas (1). Cada vara nuestra se compone de 3 pies, cada pie de 12 pulgadas, cada pulgada de 12 líneas, y cada línea de 12 puntos; divídese además de otra manera en 4 palmos ó quartas, cada quarta en 12 dedos, el dedo en 9 líneas, y la línea en 12 puntos, es decir, que por qualquiera de ámbas divisiones nuestra vara tiene 5184 puntos. El cálculo de medidas por ella es preferible á la toesa, pues qualquiera fraccion que se desprecie siempre montará ménos en los puntos de la vara que en los de la toesa, por ser menores. Además, todo lo que se calcula por la toesa, se calcula igualmente por la *braza* española que tiene la misma division (2); y la media toesa corresponde justamente á una vara nuestra, no en el valor, sino en su division en 3 pies.

94 Aunque esta famosa vara de Burgos, que ya se puede llamar *vara española*, no sea mas, dice Ciscar, que un monumento de la barbarie é ignorancia del siglo en que se construyó, estando torcida y tan mal esquadrada por sus extre-

(1) Las comparaciones hechas en Paris últimamente por los Ss. Vasalli, Ciscar, Pedrayes y Ramitez en 1759, entre la toesa y un modelo de laton de la vara de Burgos arreglado por direccion de Don Juan Peñalver, dan el pie de Paris al de Burgos como 600434 es á 700000.

(2) La *braza*, medida de mucho uso en el sondeo de mares y rios, es de tanta longitud como la que pueden formar los dos brazos de un hombre abierto, y extendidos que comunmente se regula de 6 pies de largo ó 2 varas.

mos, que entre las longitudes de una y otra vara y la distancia entre dos piezas apoyadas contra sus extremidades se encuentran diferencias de más de $\frac{1}{4}$ de línea; sin embargo, para los usos ordinarios del comercio donde estas diferencias son despreciables, aunque no lo sean en otras operaciones delicadas del entendimiento humano, sería de desear se verificase su adopción por medida común en el reyno, componiendo su 3.^a parte el verdadero pie español; así se evitaria la confusión que producen tantas varas, pies y palmos de diferentes tamaños casi como provincias hay en el reyno, cuyas relaciones recíprocas, aun quando estuviesen conocidas exáctamente (1), causan en su reduccion mucha pérdida de tiempo precioso en las operaciones mercantiles y otros usos de la vida humana, y se conseguiria la justa y necesaria uniformidad que deben tener en sus pesas y medidas los ciudadanos de una misma nacion. Esto ha querido últimamente la Real órden de 26 Enero de 1801, »en que se manda »que en adelante se adopten en todos los Reynos y Señoríos de S. M. las pesas y medidas »que estan en uso mas generalmente en España,

(1) Parece que modernamente se han hecho corejos científicos de orden del gobierno para deducir la relación que hay entre la vara de Burgos y las demas medidas longitudinales de las provincias, y que van a publicarse los resultados. Debe desearse mucho la publicación de estas investigaciones que darán luz en un asunto de suyo obscuro, e indetermindado hasta ahora. Entre tanto sepase que, segun Lucuze, 13 pies de Burgos hacen 12 de Valencia y Toledo, y 67 varas 36 cañas de Barcelona. Bordazar de Artazu hace corresponder 107 pies castellanos a 100 mallorquines y catalanes, y otros aseguran que suponiendo el pie castellano de $923 \frac{1}{13}$ partes, el aragones tendrá 852 de estas partes.

„sirviendo de norma en quanto á las medidas
 „lineales ó de longitud el patron de la vara que
 „se conserva en Burgos; que el pie sea la raiz
 „de todas, dividido segun se acostumbra en 16
 „dedos, y el dedo en mitad, quarta, ochava y
 „diez y seisaba parta, é igualmente en 12 pul-
 „gadas, y la pulgada en 12 líneas; que la vara
 „se componga de 3 de dichos pies, y se divida,
 „segun se acostumbra, en mitad, quarta, media
 „quarta, ú ochava y media ochava, como tambien
 „en tercias, medias tercias, ó sexmas y medias
 „sexmas; que los patrones de estas medidas, cons-
 „truidos de órden de S. M. por Don Juan Pe-
 „ñalver, se tengan por originales, y se depositen
 „y conserven en el archivo del Consejo; que para
 „fixar en lo sucesivo la extension de estos patro-
 „nes, y para verificarlos en qualquier tiempo si
 „por acaso ó por algun accidente se sospecha
 „que han padecido alteracion, se compare el pie
 „con la longitud del péndulo simple que oscila
 „los segundos en Madrid (1): que todas las ca-

(1) Como el péndulo, para señalar los segundos en una latitud determinada, debe tener cierta extension fija, por eso esta servira utilmente en la comprobacion del valor del pie, y demas medidas de que se sepa que el mismo consta. Es verdad que los péndulos retardan en estio y adelantan en invierno, en la 1.^a época porque se alargan con el calor y gastan mas tiempo en hacer una vibracion, y en la 2.^a por la razon contraria, porque se acortan ó contraen con el frio; mas estas variaciones dexan de incomodar al fin, quando se conoce de antemano la verdadera longitud del pendulo, ó el número de pies, pulgadas, líneas &c de que consta, hallándose la atmósfera en cierto grado de temperatura que indica el termómetro.

Sobre la longitud del péndulo en Madrid, me ha remitido desde Carragena la siguiente nota el Señor Don Gabriel Ciscar. „Comparando con las experiencias del cele-
 „bre Borda, las hechas con los quatro péndulos invariables descritos en el artículo 38 de la *Memoria elemen-*

„bezas de partido acudan á la Corte para pro-
 „veerse de los patrones correspondientes en e-
 „término de un mes desde que se les pase la ór-
 „den necesaria al efecto, y los lugares á sus ca-
 „pitales; y que luego que todos los pueblos es-
 „tén provistos de dichos patrones se señalará la
 „época en que debe empezar el uso uniforme de
 „las pesas y medidas españolas en todos los rey-
 „nos y señoríos de S. M." Todos los contratos,
 censos y obligaciones de qualquier especie que
 sean, „añade la Real orden, anteriores á la época
 „en que empiece el uso uniforme de las pesas y me-
 „diditas españolas se reducirán, cumplirán, y paga-

„tal sobre los nuevos pesos y medidas decimales, he de-
 „ducido que el pendulo simple que oscila los segundos en
 „Madrid en el vacio tiene la longitud de 992.880 milime-
 „tros, ó milimas del metro prorotipo. Esta determinacion
 „es absolutamente independiente de la temperatura

„Si entre la vara de Burgos á la temperatura del hielo
 „y el metro, se supone la relacion establecida en el arti-
 „culo 9 de la *Memoria elemental sobre los nuevos pesos y*
 „*medidas decimales*, á saber, que estando la vara de Bur-
 „gos en la temperatura de hielo, un millon de varas bur-
 „galesas equivalen á 245.749 metros, la longitud del pen-
 „dulo simple que oscila los segundos en Madrid sera de
 „513,2215 lineas del pie de la vara de Burgos, quando
 „dicha vara se halla en la temperatura del hielo; y
 „513,123 lineas en la temperatura de 16° 25 del ter-
 „mómetro centigrado.

„Suponiendo que el pie de Burgos tiene con el de la
 „toesa de Paris, de que se hizo uso en el Perú la relacion
 „de 6 á 7, la longitud del pendulo simple que oscila los
 „segundos en Madrid sera de 513,4964 lineas de la vara
 „burgalesa, quando dicha vara de hierro se halla en la tem-
 „peratura de 16° 25 del termómetro centigrado.

„Para hacer un buen uso de estas determinaciones, se de-
 „be tener presente que Madrid se halla mucho mas ele-
 „vado que el nivel del mar." — Cartagena á 6 de Agosto
 de 1804 — Gabriel Ciscar. —

Por multiplicadas observaciones de las alturas del bar-
 rómetro, ha deducido Don Josef Garriga que Madrid está
 unos 2200 pies mas alto que las aguas del oceano.

rán por las pesas y medidas mandadas ahora usar
 uniforme y generalmente, y por las mismas de-
 berán hacerse, cumplirse y pagarse los que se
 celebren en lo sucesivo, sin lo qual no serán
 válidos ni de ninguna fuerza. A estas mismas
 pesas y medidas deberán arreglarse en todos los
 casos todos los empleados en la Real Hacien-
 da, Guerra, Marina, Reales Fábricas, Comer-
 cio y demas ramos. Igualmente deberán usarse
 en los escritos de ciencias y artes, encargando
 el Consejo á los censores de dichos escritos que
 no los aprueben sin que estén reducidas las
 medidas y pesas extranjeras, exceptuándose el
 caso en que se trate de simple relacion ó pro-
 porcion" Parece que despues de varias dificul-
 tades y detenciones va finalmente á ponerse en
 planta y efectuarse esta Soberana resolucion. El
 dia en que se verifique será muy glorioso para
 la ilustracion nacional, y asegurará en la posteridad
 el renombre del Ministerio que ha promovido
 una providencia tan saludable y necesaria.

95 En quanto á las medidas agrarias, cuyo
 conocimiento es necesario en el levantamiento de
 planos cortos, se debe advertir que en tiempo de
 los godos, y aun de los romanos, se usó para esto
 la *pértiga* ó *pértica*, que por constar de 2 pa-
 sos ó 10 pies se llamó *decempeda*, como dice
 San Isidoro. El estadal la reemplazó en los siglos
 posteriores en Castilla, pero esta medida es tan
 indefinida en su extension, que apenas convienen
 dos estadales entre los que usan las varias pobla-
 ciones de España. El estadal de Toledo tiene 10
 pies y 10 pulgadas de la vara castellana; el que
 se usa en Madrid y otros lugares del Reyno es
 de tres varas y media ó 10 pies y 6 pulgadas de

Burgos &c. Hace tiempo se deseaba que desapareciese esta variedad perjudicial, y se adoptase uno de los varios marcos por universal en el reyno. Lucuze proponia para esto el estadal de Madrid, entre otras razones, por ser el que mas se acerca á la antigua *pértica*, hallándose segun sus observaciones dicho estadal, la *pértica* antigua y el estadal antiguo de Toledo, como los números 105, 06, 108 $\frac{1}{2}$; y porque admite la division cabal en catorce partes, cada una de las quales corresponde á un palmo de nuestra vara. En la citada Real órden de 1801, se manda que el estadal para los campos en todo el reyno sea en adelante de 12 pies ó 3 varas, y la superficie de una fanegada de tierra de 576 estadales quadrados. Esto último producirá mucha facilidad en el cálculo; porque el número 576 es muy cómodo para ello, correspondiendo exáctamente á media fanega ó 6 celemines 288 estadales, al celemin 48, al quartillo 12, y al medio quartillo 6 estadales quadrados.

96 Tambien hay mucha variedad en lo que se entiende en España desde la media edad hasta el dia, baxo el nombre de *legua*, que es la máxima medida itineraria. Pueden distinguirse á lo ménos tres clases de leguas, *legal antigua*, *comun ó vulgar* y *geográfica*. La legal, llamada así porque se ha usado en el foro y señalamiento de jurisdicciones largo tiempo, consta de 1500 pies castellanos, y así entran 26,6 en el grado. Esta legua que Don Jorge Juan tuvo por la única y verdadera española, se abolió ya aun en los Tribunales por una pragmática de Felipe II de 1568, en que mandaba se le substituyesen las *comunales ó vulgares*. ¿Pero qual es la verdadera extension de estas leguas comunales?

97 Don Jorge Juan creyó que no la tenían fija, pues se ve que en unos caminos las leguas son mas largas y en otros mas cortas, correspondiendo así á espacios de diferente extension; pero otros escritores, como el Conde de Campomanes en su *Itinerario de postas y caminos*, piensan que á mas de esta legua *computada*, ó *por estimativa* de medida varia é indeterminada ha habido siempre en España una legua vulgar, cuya extension cierta, segun los testimonios de Sepúlveda, Ocampo, Mariana y Barreyros, corresponde á 4 millas romanas de pies españoles, es decir, á 20000 pies ó 6666,66 varas castellanas. El Maestro Esquivel, que en el siglo xvi dedicó sus tareas á la investigacion del valor de esta legua, asegura en comprobacion de lo mismo, que en el camino de la Plata, *donde ponen 10 leguas, se hallan 40 de aquellos espacios señalados por columnas ó 4 millas*, y que haciendo comparaciones con el itinerario de Antonino halló siempre que donde las leguas *computadas* de los caminos son cortas, faltaba espacio para completar las 4 millas; y al contrario sobraba harto donde estas se reputan por grandes; prueba de que cada legua vulgar corresponde próximamente á 4 millas romanas, ó contiene como 20000 pies nuestros. Descando ademas aquel insigne matemático fixar irrevocablemente el valor de esta legua española, manifestó á Ambrosio de Morales, que desde el umbral de la puerta de la Iglesia de los Mártires de Alcalá de Henares hasta la pared del meson del lugarcito llamado *Canaleja* media una legua tan justa de las de á 4 millas, que podria servir muy bien de vara de medir para todas las leguas de España, tanto mejor quanto siendo el espacio

intermedio llanísimo y sin barrancos, la medida es mas cierta. En 1757 verificaron la medida de Esquivel Don Lorenzo Liso y Don Bernardo Fillera, encargados por el Señor Conde de Aranda; y habiendo contado desde Alcalá 7000 varas, reconocieron el terreno inmediato, y encontraron algunos cimientos y vestigios del antiguo lugar que se halla hoy enteramente arruinado y sin rastro de la pared del meson. Aunque esta legua de 7000 varas difiere 333 de la extension dada por Esquivel á la legua española, la diferencia puede consistir ó en la imperfeccion con que éste la midiese, ó en el error que se pudo cometer en la medida moderna respecto á la situacion de Canaleja. Como quiera, este resultado movió sobre todo á Lucuze á proponer por legua comun de España la de 7000 varas, cuyas ventajas pensó ser muy grandes en el cálculo, en las jornadas, y en las medidas de distancias, guardando ademas mucha analogía con las leyes antiguas sobre medidas, y siendo media entre las leguas computadas mas grandes y las mas cortas. Pero en la última Real órden de 1801 se manda que *para corresponder la legua próximamente á lo que en toda España se ha llamado y llama legua, que es el camino que regularmente se anda en una hora, será de 20000 pies, y se usará así en todos los casos en que se trate de ella, sea en caminos Reales, en los Tribunales y fuera de ellos. Así hoy la legua vulgar española consta fixamente de 20000 pies ó 6666,66 varas castellanas, y entran 20 en el grado de un círculo máximo, ó exácta y rigurosamente 19,95 (1).*

(1) En el año de 1769 se mandó por Real órden que comunicó al Consejo el Marques de Grimaldi, que en los

98 Otra legua usada tambien en España es la de 7604 varas, ó 22812 pies correspondiente á la $17\frac{1}{2}$ parte de un grado. Esta legua $\frac{1}{3}$ mas grande que la legal ó de 5000 varas, y media entre la milla alemana de 15 al grado y la legua de una hora de camino ó de 20 al grado se llama *geográfica*, porque se halla adoptada generalmente por nuestros cosmógrafos y pilotos de los siglos XVI y XVII, y porque Felipe V en pragmática de 1718, mandó que se hiciesen con arreglo á ella las escalas de los mapas. Es sin embargo desconocido el origen de tal medida, é igualmente los fundamentos y motivos que la hicieron adoptar. Como por otra parte las divisiones que se hacen por ella son muy embarazosas por los muchos quebrados que ofrecen sus cálculos, es preferible la de 20000 pies ó de 20 al grado, y ya á fines del siglo XVII aconsejaba que se usase en la Marina, el piloto Gaztañeta entre otras razones, porque su número tiene mitad, cuarto, quinto y décimo sin quebrados.

99 Es hoy, pues, la legua de 20 al grado la verdadera legua española, y á ella se refieren en estas lecciones todas las distancias quando no se expresa otra cosa. A mas de poderse llamar ya esta legua *legal* en virtud de la última Real orden, tiene la ventaja de ser comun en la marina Europea, pues Inglaterra, Francia, y casi todos los pueblos marítimos de Europa, la usan siempre en la navegacion, y la de su perfecta correspondencia con la *milla marina* de 60 al grado, porque tres de es-

nuevos caminos se usasen las leguas de 8000 varas castellanas, y conforme á estas leguas de las que entran 16,63 en un grado, se han colocado las columnas que expresan las distancias en todas las calzadas que desde entonces se han hecho en España.

tas corresponden exáctamente á una legua nuestra, y así con multiplicar por 3 las leguas se reducen á millas, y diviendiendo por 3 las millas se reducen á leguas. Como la geografía se estudia en gran parte en los libros de los navegantes, no es poca ventaja que nuestra medida itineraria convenga tan perfectamente con sus expresiones de la distancia; y como 20 es el $\frac{1}{3}$ de 60, se sigue que una legua nuestra equivale á 3 minutos de grado, y que por consiguiente es muy sencilla la conversion de un número propuesto de leguas en grados y minutos de grado. No hay mas que tomar el vigésimo y serán los grados, y triplicando la resta se tendrán los minutos. Por exemplo, siendo 37 el $\frac{1}{20}$ de 753 con una resta 13, cuyo triplo es 39, se infiere que 753 leguas valen 37° 39'. Recíprocamente para convertir los grados y minutos en leguas, se debe multiplicar por 20 el número de grados, y añadir á este producto el $\frac{1}{3}$ de los minutos. Así 20 veces 37 hacen 740, que con 13 tercio de 39 componen 753 leguas.

100 Las demas naciones del mundo usan cada una de lengua de diferente extension, y siendo su conocimiento necesario para inteligencia de los mapas y libros geográficos, se conseguirá una noticia de las principales por la tabla siguiente, arreglada á las determinaciones de Mr. Bonne en su *Atlas de la Enciclopedia* quien asegura en el analisis, que discutió rigurosamente y refirió al prototipo universal é inalterable, es decir, al grado medio del meridiano, todas las medidas itinerarias antiguas y modernas, y procuró aclarar la confusion que ofrecen en esta parte los escritos de los geógrafos. Sin embargo, en quanto á la confianza

que merecen las determinaciones de la tabla, debe hacerse distincion entre las medidas de aquellas naciones que, habiendo cultivado las ciencias exáctas, las han comparado tiempo hace, ya inmediatamente con el grado de meridiano, ya entre sí por medio de sus componentes, como por exemplo, la legua francesa, las millas inglesa y náutica &c., y otras medidas ménos conocidas, que no habiendo sufrido un exámen científico, es preciso para saber su relacion con las otras, hacer muchas pesquisas, ya comparando sus componentes con otras unidades mas bien determinadas, ya partiendo de alguna distancia valuada en medida local y conocida en medidas geográficas, y el resultado al cabo no es á veces muy seguro.

Leguas ó millas.

*Número de las que entran
en un grado.*

L. Francesa comun.....	25.
L. Portuguesa mas general. (1)....	18
M. Italianas comunes.....	60
M. de Toscana y del Milanés.....	66,65
M. de Venecia.....	58,53
M. Piamontesas.....	50
M. usadas en el mediterráneo.....	75
M. comunes de Suiza.....	24
M. de Suiza.....	8
M. de Holanda.....	19
M. comunes de Alemania, y L. marítimas de Holanda.....	15
M. de Hungría, Austria, Bohemia	

(1) Estas leguas portuguesas son muy cómodas para el cálculo, porque el número 18 consta del medio 9, del tercio 6, y del sexto 3, y 10' corresponden á 3 leguas en esta graduacion. El palmo de Portugal tiene con el pie de Paris la razon de 40 á 27, ó 60 pies portugueses hacen 27 de Paris.

<i>Leguas ó millas.</i>	<i>Número de los que entran en un grado.</i>
y Saxonias.....	12
L. comunes de Hungría.....	13,33
L. <i>Rhinlandicas</i> , ó del Rhin... ..	27
M. del Palatinado.....	24
M. comunes de Silesia.....	17
<i>Berris</i> de Turquía.....	66,66
<i>Agachs</i> de Turquía.....	22,22
M. de Turquía.....	88,33
L. ó M. de Prusia.....	16
L. comunes de Polonia.....	20
<i>Werstas</i> de Rusia.....	104
M. <i>legales</i> de Inglaterra.....	69,50
M. usadas en las Islas Británicas... ..	60
M. de Escocia é Irlanda.....	50
M. comunes de Dinamarca.....	15
M. de Suecia.....	10,40
<i>Lys</i> Chinos.....	240
Otros <i>Lys</i> de China.....	192
<i>Parasanges</i> de Persia.....	22,22
M. Arabes.....	66,66
<i>Gau</i> ó <i>Goss</i> de los indios.....	11,11
<i>Coss</i> de la India.....	44,44
<i>Parasanges</i> ó <i>Murrechs</i> de la India.....	10,66
<i>Codam</i> medida de la India.....	8,88.
L. Holandesas de <i>Surinam</i>	27.
101 En el estudio de la geografía antigua ocurre frecuentemente usar de las siguientes medidas	
	<i>En grado.</i>
M. Judaycas.....	100
M. Romanas.....	77, 7

En grado.

L. Gálicas antiguas.....	50.
<i>Estadios</i> griegos menores.....	750
<i>Estadios</i> griegos olímpicos.....	621 ,6. (1)
<i>Estadios</i> de Alexandro.....	1111,11.
<i>Rastas</i> germánicas.....	25
<i>Eschenas</i> egipcias.....	11,11.

102 La materia de las medidas antiguas y su valor es confusísima; se han escrito para aclararla volúmenes enteros, y acaso sin mucho fruto (1). Yo he seguido los resultados de Bonne, á excepcion de la milla romana cuyo valor he deducido directamente, comparando el número de pies castellanos de que constaba, con los que entran en el grado medio del meridiano (3). Con la tabla de

(1) Así estos estadios son la 8.^a parte de una milla romana, la que por consiguiente se reduce á estadios, multiplicando por 8 el número de millas.

(2) Para conocer estas medidas, dice bien Lacroix, no hay mas datos que las valuaciones referidas en los escritos de los antiguos, ya de monumentos destruidos y alterados por el tiempo, ya de las distancias de algunos lugares ó enteramente desaparecidos de la superficie del globo, ó cuya posicion esta aun sujeta á discusiones entre los sabios; y quando se trata de inferir estas distancias por las indicaciones de los escritos de los antiguos geógrafos, como Hyparco, Tolomeo y Estrabon, se hallan tanto mayores dificultades quanto dan freqüentemente el mismo nombre de *estadios* á medidas muy diferentes. Gosselin, por exemplo, ha demostrado que Tolomeo se sirvió alternativamente de estadios de 500 y de 700 al grado, y que empleó muchas veces distancias andadas llevando en cuenta las alturas de las costas ó de los grandes caminos, por distancias medidas en linea recta. Así solo la critica, unida con la erudicion mas profunda, puede dar alguna luz en tanta obscuridad.

(3) Modernamente ha determinado el valor de los estadios griego y egipcio, por observaciones y medidas hechas en Egipto, donde existen los monumentos mas antiguos y mas bien conservados, el astrónomo Noval, y sus

las medidas modernas se averiguará fácilmente de qué número de varas castalianas consta qualquiera de las medidas itinerarias que se han puesto en ella, dividiendo el número de 133070 varas que hay en el grado medio del meridiano por el número de veces que la medida de que se trata entra en el mismo grado. Dividiendo, pues, 133070 por 25, el cociente que resulte nos dirá que cada legua francesa tiene 5322,8 varas. Es tambien muy fácil la reduccion de unas medidas á otras por medio de la misma tabla, porque si deseamos saber por exemplo á quantas leguas marinas equivalen 6300 españolas de $17\frac{1}{2}$ al grado que son las que tiene la circunferencia de un círculo máximo de la esfera, multiplicaremos el número que nos hemos propuesto por las 20 leguas marinas que hay en el grado medio del meridiano, y dividiendo el producto 126000 por las $17\frac{1}{2}$ leguas de España que hay tambien en dicho grado, el cociente 7200 será el número de leguas marinas que nos propusimos averiguar. Al contrario, multiplicando por $17\frac{1}{2}$ las 7200 marinas correspondientes á la circunferencia de un círculo máximo de la esfera, y dividiendo por 20 el producto de 126000, hubiéramos hallado que 7200 leguas marinas equivalen á 6300 españolas geográficas. Igual reduccion y averiguaciones podremos hacer con las medidas antiguas que expresa la tabla segunda, y deducir, si queremos, el número de pasos geométricos de que constan,

resultados, que se hallan en el conocimiento de tiempos del año 13, difieren de los establecimientos anteriores. Segun Novet el estadio egipcio constaba de 711 pies franceses y el codo de 21,33 pulgadas; el estadio griego de 467,543 pies, y el codo de 19,5017 pulgadas.

multiplicando el número de sus varas por 3, y dividiendo el producto por 5.

103 Lo dicho basta para tener suficiente idea del sistema actual de las medidas de Europa; pero este sistema es monstruoso y lleno de arbitrariedad, como demuestran la física y la experiencia diaria (1). Así hace tiempo que los hombres ilustrados de todos los países, clamaban por un sistema racional y uniforme de pesos y medidas, que hiciese honor á la cultura europea; siendo este uno de aquellos puntos por desgracia poco numerosos, sobre los quales estan de acuerdo todos los pueblos, aun aquellos que difieren mas en las opiniones políticas y religiosas. La nacion francesa en los primeros años de su revolucion, quando con tanta energía y arrojo concibió varios proyectos extraordinarios, tuvo tambien la gloria de

(1) Todas las medidas de Europa tienen un origen incierto é ignorado, procedente de la casualidad y del capricho de algunos hombres, y así su variedad es infinita; además, tan diferentes en sus proporciones como en sus formas, no tienen conexión alguna entre sí, siendo casi tan diversas unas de otras en la misma nacion, como de las que rigen en las mas lejanas. ¿Y qué cosa mas ridicula que las denominaciones de estas medidas? Aquí se llama *vara* la unidad de las medidas de longitud, en otra parte *toesa*, en otra *paso* &c. No tienen sistema alguno regular de división, y siempre los multiples ó submultiplos toman nombres absolutamente extraños á la unidad principal. ¿Quien ha de adivinar, por exemplo, á menos de no haber tenido ocasion de aprenderlo, que la *vara* es de 3 pies, la *toesa* de 7, que el pie de París es tanto mayor ó menor que el castellano &c.? Unas veces la división ó subdivisión de la unidad primaria es en 3 partes como la de la vara en 3 pies, otras en 4 como la de la misma en palnos, otras en 12 como la del pie en pulgadas, &c. En quanto á las unidades itinerarias, ya hemos visto que las palabras *legua* y *milla* aun solo dentro de España se aplican á extensiones tan diferentes, que se puede mirar como indeterminada su significación. Los prototipos ó patrones primarios son casi todos groseros é imperfectísimos; el patron

ser la primera en promover la execucion de este voto universal de las naciones; decretó la abolicion del antiguo sistema de pesos y medidas, substituyéndoles otras sacadas de la misma naturaleza, y tan constantes é invariables como ella. La Academia de las ciencias nombró para este efecto una comision especial, y encargó á los dos célebres astrónomos Delambre y Mechain las observaciones astronómicas y trigonométricas que debian servir de elementos para calcular la extension del grande arco de meridiano, comprehendido entre los paralelos de Dunkerque y Barcelona, sobre cuyo grandor habia de establecerse la unidad fundamental de las nuevas medidas; de esta manera, señalándolas un fundamento tomado sobre nuestro globo, podrian siempre verificarse ó hallarse de nuevo si llegaran á perderse (1). Dicho arco tiene la extension de $9^{\circ} 40' 25''$, 63., y por con-

original de Burgos, de que hablé ántes, difiere cerca de 0,15 de línea del que se conserva en el archivo de Toledo. Ademas la propiedad que tienen los metales de dilatarse con el calor y contraerse con el frio, hace que la longitud de los patrones no sea la misma en diferentes grados de la temperatura de la atmósfera; por exemplo, la vara de Burgos es un patron de hierro que se conserva en el archivo de esta ciudad, sin que haya fuera de ella otra extension que determine su verdadera longitud. Ahora bien, dicha vara es mas larga en verano que en invierno, y la diferencia pasa de 13 centésimos de línea desde la temperatura de hielo hasta los 260 del termómetro, de donde se infiere que la vara original de Burgos, y toda medida que no tiene su fundamento en la naturaleza, es una longitud variable, y por consiguiente una distancia misma que medida en tiempo de helada, resulta de 10000 varas, resultaria de 9997 si se se midiese en los mayores calores del verano.

(1) Prescindo en toda esta exposicion del sistema de pesos y medidas de capacidad, que se formó sobre el mismo plan. En la geografia basta el conocimiento de las medidas longitudinales, y alguna vez de las agrarias.

siguiente es mayor que la décima parte del cuadrante. El punto medio está $45^{\circ} 11' 5''$ distante del equador, esto es, poco mas arriba del paralelo de 45° punto medio del mismo cuadrante (1). El Instituto nacional que sucedió á la Academia, siguió promoviendo la misma idea, y á mediados del año de 1798, quando ya se estaban concluyendo todas las operaciones preliminares, convocó un congreso de sabios de las naciones neutrales ó aliadas de la Francia; y con efecto concurrieron á Paris diputados de los Reyes de España y Dinamarca, de las Repúblicas Helvética, Bátava, Cisalpina, Romana y Liguriana, y del gobierno provisional del Piamonte, los quales unidos con varios miembros del Instituto, discutieron las observaciones hechas, y dirigieron la construccion de los prototipos ó patrones primarios de las nuevas unidades que habian de llevarse á las distintas naciones de Europa, cuyos prototipos en las medidas longitudinales y de extension se verificaron con tanta escrupolosidad, que las mayores diferencias entre unos y otros no llegaron á una millonésima de toesa, cantidad treinta veces mas pequeña que el grueso de un cabello (2).

104 La diezmillonésima parte del cuadrante

(1) Podia haberse hecho uso, para determinar la extension del cuadrante del meridiano terrestre, de las medidas anteriores; pero se creyó que para dar mas autenticidad al nuevo sistema metrológico era mejor fundarle sobre operaciones conducidas con una precision desconocida hasta entonces, y dirigidas por los astrónomos mas hábiles.

(2) Los diputados por S. M. fueron Don Gabriel Ciscar y Don Agustín Pedrayes. Ciscar presentó al Rey los prototipos destinados á España, y escribió una memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales fundados en la naturaleza, impresa en Madrid año de 1800.

del meridiano, medida sobre la superficie de la tierra, es con el nombre de *metro* (voz griega que significa medida) el principio de donde se deriva todo el nuevo sistema; y las unidades secundarias que resultan de la multiplicacion y division de esta unidad primaria, son términos de la progresion decimal, que casi puede llamarse progresion natural, respecto á ser conforme al sistema de numeracion de todas las naciones civilizadas; diez metros componen un *decámetro*, 10 *decámetros* un *hectómetro*, 10 *hectómetros* un *kilómetro*, 10 *kilómetros* un *miriámetro*, 10 *miriámetros* un *grado decimal* y 100 grados decimales el cuadrante del meridiano terrestre, ó la distancia del polo al equador; de suerte que para dar una vuelta al rededor de la tierra bastará caminar 4000 miriámetros ó 400 grados decimales. Un *metro* se divide en diez *decímetros*, el decímetro en diez *centímetros*, y éste en diez *milímetros* (1). El metro es igual á 3 pies,

(1) Considerando el nuevo sistema de pesos y medidas se ve 1.^o que las medidas del mismo genero y los pesos tienen una denominacion propia, y que no varia, aunque las medidas ó los pesos sean 10, 100, 1000, 10000 veces mayores; 2.^o que estas medidas se dividen ó se multiplican regularmente por 10, 100, 1000, 10000, y que en estos diferentes aumentos ó disminuciones, toman anexos particulares que señalan su relacion con la unidad generadora, es decir, con la que da el nombre al genero de medida, como se ha podido advertir en los multiples y submultiplos del metro. Hay, pues, en este sistema, á mas de los nombres primitivos, otros nombres particulares ó pronominales, si pueden llamarse así, que sirven para señalar el lugar que cada medida ocupa en la escala ascendente ó descendente que le es propia. Estos nombres son en la escala ascendente *deca* que quiere decir 10, *hecto* 100, *kilo* 1000, y *myria* 10000; y en la escala descendente *deci*, que significa décima, *centi* centésima, y *milli* milésima. Las denominaciones derivadas del griego y del latin en este sistema, á mas de manifestar la naturaleza de las nue-

7 pulgadas, y unos $\frac{2}{3}$ de línea de la vara de Burgos (1). La unidad fundamental de las nuevas medidas agrarias es la *ara*, nombre derivado del verbo *arare*, que quiere decir arar; es un cuadrado, cuyo lado es de 10 metros, y por consiguiente su superficie de 100, ó 143,115 varas burgalesas; 10 *aras* hacen una *decará*, 10 *decaras* una *hectara*, 10 *hectaras* una *kilíara*, 10 *kilíaras* una *miriara*, que es igual á 1.000.000 metros, ó 1.431.150 varas castellanas. Una *ara* corresponde á 10 *deciarás*, una *deciará* á 10 *centíaras*, y una de éstas á 10 *miliaras*.

105 Entre las grandes ventajas que resultarían de la adopción del nuevo sistema de medidas son muy considerables: 1.^a su invariabilidad, respecto á ser á su tipo fundamental la extensión del meridiano: 2.^a lo que simplifica las operaciones de la geografía y navegación, la progresión decimal desde el metro hasta el cuadrante de meridiano; cuya progresión adoptada en todas las divisiones y subdivisiones de las unidades fundamentales hace que no se dude del número de unidades menores de que se compone cada unidad ma-

vas unidades con elegancia y precisión, le hacen mas universal, no dándose en las voces preferencia á alguno de los idiomas vivos de Europa; idea admirable. Por tanto no apetecho el pensamiento del Señor Ciscar, que en su *memoria* trata de substituir á esta nomenclatura universal, otra propia de nuestra lengua, con la que sin hallarse ventaja alguna, parecería querer aislarnos en un sistema formado para ser comun á todos los pueblos del mundo.

(1) De las operaciones de Delambre y Mechain resulta que los 90° del cuadrante del meridiano equivalen á 513074 toesas. Si dividimos esta cantidad por 10 millones, se sigue que á su diez millonésima parte ó metro corresponde la longitud de 3 pies, 11 líneas, 296 (medida francesa), que viene á ser en medida española la cantidad que yo señalo.

por: 3.^a la facilidad que dan dichas divisiones á las operaciones aritméticas de los números denominados que se executan con la misma sencillez que las de los enteros, y á la averiguacion del número de unidades quadradas y cúbicas inferiores, de que consta cada unidad superior de la clase correspondiente, sin necesidad de tomar la pluma; y 4.^a el bien y comodidad que resultaria al comercio y á las ciencias de que las expresiones del cálculo fuesen las mismas en todas las naciones civilizadas, y tan universales como los principios de las matemáticas.

106 A pesar de estas ventajas y saludables efectos que se seguirán á los pueblos civilizados de la adopcion de las nuevas medidas decimales, ignoro que las haya adoptado alguna nacion de Europa mas que la Helvética en Setiembre de 1803. Ya hemos visto que en España al establecerse un sistema uniforme de pesos y medidas, se ha preferido tomar por base las medidas y pesos de Castilla, que deben ser conocidos en toda España, renunciando á todas las ventajas peculiares del nuevo sistema métrico. » Sin embargo des-
 » pues de la Francia ninguna nacion, dice Ciscar,
 » ha tenido mas parte que la España en la deter-
 » minacion de los nuevos prototipos. Una parte
 » del arco del meridiano, medido para este objeto,
 » está comprehendido entre los Pirineos y el cas-
 » tillo de Monjui junto á Barcelona. Nuestro Mo-
 » narca prestó todos los auxilios necesarios para
 » las operaciones que se hicieron en España, y
 » nombró sugetos de distinguido mérito é instruc-
 » cion para que acompañasen y ayudasen al céle-
 » bre Mechain... Para la determinacion del metro
 » ó vara decimal se ha hecho tambien uso del arco

„del meridiano que atraviesa al equador, y en
 „cuya medida los españoles Juan y Ulloa, que
 „acompañaron á los académicos franceses Godin,
 „Bouguer y La-Condamine, supieron acreditar
 „al público que no habian sido meros espec-
 „tadores de aquella importante operacion. Pa-
 „rece, pues, que toca á la España el dar á
 „las demas naciones el exemplo de la adopcion
 „de unas medidas, de cuyo uso le resulta tanto
 „interes, y en cuya determinacion le ha cabido
 „tanta parte.”

107 Si se perdiesen los patrones ó tipos exis-
 tentes en el dia de las nuevas medidas decimales,
 no seria preciso para determinar su longitud exácta
 repetir la costosa, prolixa y delicada operacion de
 la medicion de un arco considerable de meridia-
 no; bastaría conservar en la memoria la relacion
 del metro con la longitud del péndulo que oscila
 los segundos en Paris ó en otro qualquier lugar
 bien determinado de la tierra, como se ha obser-
 vado respecto de la longitud del pie español (93).

108 Dividido en el nuevo sistema metrológi-
 co el quadrante del meridiano terrestre en 100
 grados, el grado en 100 minutos, el minuto en
 100 segundos &c, ha variado tambien la division
 del círculo, el qual consta de 400 grados y no de
 360 que se le dan comunmente. De aquí se sigue
 que el grado del círculo decimal corresponde
 á 54' del sexagesimal, el minuto á 32",4; el se-
 gundo á 0",324 &c. En general la division del
 círculo sexagesimal de que usamos es á la del deci-
 mal como 360 : 400, ó como 9 á 10. Así para con-
 vertir partes del círculo sexagesimal en partes del
 círculo decimal, añádase á las primeras $\frac{1}{9}$ y se
 tendrá el número de las segundas. Por la inver-

sa si se resta $\frac{1}{10}$ del número de grados ó minutos decimales, la resta será el número de las partes sexagesimales del círculo. Así el observatorio de Paris, situado á $48^{\circ} 50' 14''$ del equador, segun la division sexagesimal ó $48^{\circ},8372$ corresponde en la decimal á $54^{\circ} 26' 36''$.

109 Finalmente nuestra legua española ó marina de Europa, que corresponde exáctamente á la vigésima parte del grado ó 20 de ellas á la 360° parte del círculo sexagesimal, no tiene ya perfecta correspondencia con el grado ó 400° parte del círculo decimal, y equivale aproximadamente á 555,555 metros; y una miriámetro ó legua decimal corresponde á 1,8 legua marina, y así es muy fácil la reduccion recíproca de una de estas medidas á otra.

LECCION VII.

Latitudes y longitudes geográficas. Valor de sus grados. Primer meridiano. Reduccion del tiempo á partes del equador y recíprocamente.

Diferentes problemas sobre la longitud y latitud.

110 Los puntos de la tierra, que tienen su zenith en los polos del cielo se llaman (67) polos de la tierra, y los que corresponden perpendicularmente al equador celeste forman en la tierra la línea ó círculo equinocial, pues como el universo entero se nos figura á manera de un globo hueco, en cuyo interior está la tierra redonda, es preciso que todos los puntos del cielo tengan sus correspondientes en ella, y que los habitantes, que están baxo el equador ó baxo los polos del cielo,

estén sobre los polos ó sobre el equador de la tierra. Si P (fig. 20.) es el punto de la tierra dirigido al polo ártico del cielo, se llamará *polo ártico terrestre*, y E G F *equador terrestre*, porque corresponderá exáctamente á los puntos del cielo equidistantes de los dos polos. La distancia que hay desde el zenith de qualquier lugar, por exemplo L al equador terrestre, ó á la parte de la tierra que corresponde al equador celeste, que siempre será un arco de meridiano, se llama *latitud*. Por consiguiente los países que estan sobre el equador no tienen latitud alguna, y á medida que distan mas de este círculo acercándose á los polos, su latitud aumenta; y así lo mismo es decir que un pueblo tiene dos grados de latitud, que suponerle dos grados distante del equador.

III Distínguense por consiguiente dos suertes de latitudes, *septentrional ó boreal*, que se cuenta desde el equador hasta el polo ártico y *austral*, que se cuenta desde el equador hasta el polo antártico (1); y nunca se podrán contar mas que 90° de latitud; porque la distancia de cada polo al equador solo contiene la quarta parte del

(1) Freqüentemente se emplea la denominacion de latitud *meridional* para expresar la distancia al equador de los pueblos situados hácia el polo antártico, ó la *latitud austral*; pero en realidad estas dos voces, como observa muy bien Fleurieu, no son sinónimas. Por *medio dia* (meridies) se entienle el lado de la tierra, donde se ve el sol en el instante que pasa por el meridiano ó el lado opuesto á la direccion de la sombra á las doce del dia, y como en los países situados $23\frac{1}{2}^{\circ}$, ó mas al S. del equador, el sol en el instante del medio dia está todo el año al N. del observador segun se manifestará; es claro que no se puede decir (aunque sea expresion muy usada en las relaciones de viages) que un navio que navega en los mares australes alejándose del equador, se dirige al *mediodia*, y se dirá bien que hace ruta al S, porque realmente no se adelanta ha-

círculo compuesto de 360° , ó la mitad de una línea meridiana que forma la mitad del círculo, y que va del uno al otro polo pasando por el equador. La *latitud* es igual á la *altura de polo*, porque la distancia de un país al equador terrestre, ó la distancia de su zenith al equador celeste que llamamos *latitud*, es decir, ZQ (fig. 6) es igual á PH altura de polo, según lo demostrado (36). Así averiguada la altura del polo sobre el horizonte de un lugar por el método expuesto (35), se sabe su latitud. Manifestaremos además en lugar oportuno otros medios de averiguarla. Se sigue también de la definición de la latitud: 1.º que en los polos acaban todas las latitudes y se confunden en un punto: 2.º que cualesquiera puntos de la tierra situados baxo el mismo paralelo al equador, por distantes que esten entre sí en la superficie de la tierra, tienen la misma latitud: 3.º que los puntos terrestres, cuya latitud es de 45° estan á iguales distancias del polo y del equador, ó en medio del cuadrante del meridiano que les corresponde. Y 4.º que *latitud* en la tierra es lo mismo que *declinacion* en el cielo (30).

112 Con saber la distancia de un lugar de la tierra al equador no se determina su posición geográfica, porque esta distancia conviene á to-

cia su medio día, cuyo punto en su situación actual corresponde al N.; por consiguiente las latitudes á que sucesivamente vaya llegando seran mas y mas *australes*, pero no *meridionales*.

También se acostumbra decir *latitudes elevadas*, por *latitudes distantes del equador* hacia el uno ó el otro de los dos polos, cuya expresión sin duda no es exacta en física, porque la tierra es menos elevada en los polos que en el equador; y así es probable haberse introducido á causa de que la latitud es *cero* baxo la línea equinoccial, y se aumenta ó eleva numéricamente á medida que nos alejamos del equador.

dos los puntos del globo situados sobre la interseccion de la esfera y de un mismo paralelo, y así todos los puntos del mismo paralelo no pueden distinguirse mutuamente mas que por el *meridiano*, el qual es diferente para cada uno de ellos, y la observacion de los movimientos celestes da tambien el medio de fixarlos en esta segunda posicion. En efecto, como los planos de los diversos meridianos $PA P'$, $PL P'$ &c. (*fig. 20*), se cortan todos en el exe PP' y giran sobre esta línea, deben corresponder sucesivamente á la misma estrella, y entre el paso de dos meridianos cualesquiera por la estrella debe mediar un espacio de tiempo, que será á la duracion de la rotacion entera del globo terrestre, como el ángulo que hacen estos meridianos es á 4 rectos; de suerte que si puede medirse el primer intervalo para compararlo con el segundo, se inferirá qué ángulo hacen entre sí los dos meridianos propuestos (1).

113 Esto se conseguiria si hubiese arbitrio para indicar con una señal, visible al mismo tiempo en lugares situados baxo distintos meridianos, el momento en que una estrella llega á uno de ellos; pues marcado este instante, un relox bien

(1) Si el astro pasa por el meridiano de un lugar 1h antes que por el de otro, es prueba que su diferencia de longitud es de 15°, porque 15 es la 24.^a parte de 360 ó de la rotacion entera de la tierra sobre su exe, como 1h lo es de las 24 de que consta esta rotacion diurna; y que el pueblo que antes veia al astro será mas oriental, porque el meridiano se presenta con antelacion al astro en virtud del mismo movimiento de la tierra de occidente a oriente. Si el astro que pasa aparentemente es el sol la diferencia de la hora de mediodia y de las demas será en los dos pueblos de 1h; y así quando en el primer pueblo cuentan las 12, en el 2.^o serán aun las 11h.

arreglado daría la medida del tiempo que corre entre este paso y el de la misma estrella por el otro meridiano. Si dos observadores, por exemplo, uno en Madrid y otro en Cádiz, se hubieran convenido en determinar en el mismo día el paso de una misma estrella por el meridiano del pueblo que habitan, y pudiera verse en Cádiz una señal dada al momento en que la estrella pasa por el meridiano de Madrid, observarían que tardaba todavía 10' á pasar por el de Cádiz; y siendo este intervalo la 144.^a parte de la duración de una revolución diurna de la tierra, resulta que el plano del meridiano que pasa por Cádiz, hace con el de Madrid un ángulo que es la 144.^a parte de 4 ángulos rectos, ó cuya medida es $2\frac{1}{2}^{\circ}$; conociendo por este medio, de cuya execucion trataré mas adelante, el ángulo que el meridiano PLP' que pasa por el lugar L , hace con el meridiano $PA P'$ que pasa por un punto dado A , queda enteramente determinado el lugar L , si se conoce de antemano su latitud ó su distancia GL al equador EGF ; porque entónces resultará que se hallará en la interseccion del semicírculo PLP' y del paralelo LM trazado á esta distancia, en cuya interseccion no puede hallarse mas que un solo punto de la tierra. El ángulo de los meridianos $PA P'$ y PLP' , medido por los arcos EG ó HL comprendidos sobre el equador ó sobre el paralelo, pues ámbos arcos constan del mismo número de grados, es la *diferencia en longitud* de los lugares A y L ; y se llama *longitud* del lugar L quando el semicírculo $PA P'$ es el *primer meridiano*. Es, pues, la longitud de un lugar el arco de un paralelo comprendido entre dicho lugar y el primer meridiano.

114 Hay una notable diferencia entre el término desde donde se cuenta la latitud de los lugares, y el que sirve para la numeracion de la longitud; el primero es fijo é invariable, y el segundo es arbitrario; la latitud se cuenta desde el equador, y por consiguiente tiene un origen determinado por el mismo movimiento de la tierra, pero no la longitud; pues siendo todos los meridianos círculos máximos, no hay motivo para preferir uno á otro con el fin de que sirva de principio de la cuenta de las longitudes ó de *primer meridiano*; así es arbitraria esta preferencia, y por eso desde la antigüedad han variado mucho las naciones y los geógrafos en escoger para ello este ó aquel punto de la tierra. Tolomeo fixó el primer meridiano en las Islas Canarias ó *Fortunatas*, porque pensaba que eran el pais mas occidental del mundo; le imitaron los astrónomos franceses, los quales reunidos en Paris en 1634 por orden del Cardenal de Richelieu, determinaron contar uniformemente las longitudes desde el meridiano que pasa por la Isla de *Hierro*, la mas occidental de las Canarias, y tal establecimiento fue adoptado por la mayor parte de las naciones de Europa durante muchos años. Hoy sin embargo apenas se estila en los libros sabios astronómicos y geográficos el uso de esta convencion, como ni el contar la longitud por un orden seguido de numeracion desde occidente á oriente, y desde 1° hasta 360° . Los astrónomos de las naciones mas cultas acostumbran establecer su primer meridiano en el pueblo donde existe el principal observatorio, y si no le hay, en la capital del pais donde escriben. Así los franceses cuentan las longitudes desde Paris, y los ingleses desde *Green-*

wich, donde en el siglo xvii estableció Cárlos II el Real Observatorio de Inglaterra, y cuyo meridiano no se diferencia mas que en 5' y algunos segundos al E. del de Lóndres. Solo algunos mapistas ignorantes, servilmente adictos á lo que una vez aprendiéron bueno ó malo, é incapaces de conocer lo que se adelanta en qualquier materia, siguen estableciendo la raiz de su cuenta de longitudes en la Isla de *Hierro*, ó en el *Pico* de la de *Tenerife*, otra de las Canarias, donde los holandeses han fixado por mucho tiempo su primer meridiano; y en verdad que esta montaña por su situacion al O. de todas las tierras europeas, y por su elevacion sobre el nivel del mar, que es de 4479 varas castellanas, segun las medidas del Baron de Humboldt, parece destinada por la naturaleza para punto comun de donde se contasen las longitudes, si en ello se conviniesen todos los sabios de Europa. Este convenio simplificaria la lectura de los libros de astronomía y viages, y así es de desear; mas entre tanto que se verifica, nosotros, siguiendo á las demas naciones cultas, estableceremos nuestro primer meridiano en *Madrid*, como que á este pueblo es á quien nos conviene reducir las distancias de los demas; y entre los varios puntos de la Corte, la cuenta se referirá al Seminario de Nobles por ser esta Real Casa donde por primera vez se ha adoptado este método de contar la longitud, y porque ningun otro punto con mas derecho debia escogerse para tal que aquel donde se enseñan de orden del Rey á la nobleza española la astronomía y geografia.

115 La distancia entre el Seminario de Nobles de *Madrid* y los principales puntos que se cuentan en los mapas por primer meridiano es así: 3

De París.....	6°	2'	11" al O.
De Greenwich.....	3	41	56
De la Isla de Hierro..	14	24	4 al E.
Del Pico de Tenerife.	12	47	59
De Cádiz.....	2	34	4

En Cádiz establecen su primer meridiano nuestros marinos con razon, porque allí tienen su Observatorio ; del mismo modo que en los tiempos en que Sevilla era el emporio del comercio de América y la residencia de los cosmógrafos del Reyno , le fixaban en *Sevilla*, adonde, segun nos dice Argensola en su *Historia de las Malucas*, referian los astrónomos españoles del siglo xvi todas las conjunciones y oposiciones de los astros que observaban y calculaban para determinar la longitud de las Islas de la Especería quando habia disputas muy reñidas con los portugueses sobre su verdadero sitio. La idea de establecer en nuestra Corte el primer meridiano tiene ademas el apoyo mas sólido en nuestra misma historia ; pues quando Toledo era el principal pueblo de España, entónces se estableció en esta ciudad, como lo hizo el Rey Don Alonso el Sabio y los astrónomos que siguieron las *Tablas alfonsinas*. Todavía conservó la memoria el historiador Antonio de Herrera, quien siempre que trata de describir alguna isla, costa &c. cuenta su longitud desde Toledo, sin duda por conformarse con los papeles de los astrónomos, de donde sacaba los materiales para sus décadas de Indias. Por lo que toca al orden de contar la longitud, tambien se ha variado el antiguo método que producía ideas falsas sobre la posicion y distancias de los lugares, pues acostumbrándose á contar las longitudes desde la par-

te oriental del primer meridiano escogido, y siguiendo en una direccion misma sobre toda la circunferencia del equador hasta que dada la vuelta al globo se llegaba al lado occidental del mismo primer meridiano, la longitud podia ascender hasta 360 grados, y un pueblo situado, por exemplo, á 350° de longitud, pareceria estar mas distante del primer meridiano que otro situado á 180 quando realmente distaba 170° menos (1). En el dia se supone la circunferencia del globo de E. á O., y de O. á E. dividida en dos partes iguales que se empiezan á contar desde el primer meridiano. La semicircunferencia desde este punto hasta 180° mas al E. se llama *longitud oriental*, y la otra semicircunferencia hasta 180° mas al O. del primer meridiano *longitud occidental*; por donde se ve que la cuenta de longitud se encuentra de nuevo á 180° del primer meridiano, ó lo que es igual, en la mitad de la circunferencia del globo.

116 Para leer con fruto los viages y escritos geográficos es preciso á cada paso reducir la *longitud tomada de un primer meridiano cualquiera á otro*. El modo de hacerlo aparece de la resolucion de los quatro exemplos siguientes.

1.º Sea, v. g., *México*, cuya longitud tomada de Paris es de 102° 25' 45'' O.; quiero saber qué longitud de Madrid tiene. Por ser esta capital occidental á Paris, resto de aquella suma su distancia recíproca, que es 6° 2' 11'', y queda México á 96° 23' 34'' O. de Madrid. 2.º Sea *Bayo*

(1) En este caso el *primer meridiano* era á un tiempo el *primero* y el *último*; era á un mismo tiempo *terminus á quo*, y *terminus ad quem*. 360° y 0° de longitud no se distinguian entre si mas que por la abstraccion matemática.

na de Francia, que está á $3^{\circ} 43' 41''$ O. de Paris. Se ve aquí que está ménos occidental á Paris que Madrid: resto pues de la diferencia entre Paris y Madrid la longitud dada de Bayona, y la resta será el número de grados ó minutos que Bayona está de Madrid en sentido contrario, esto es, al E., y resulta $2^{\circ} 13' 32''$. 3.º Supongamos sea *Viena*, Corte de los Archiduques de Austria, que está de Paris $14^{\circ} 2' 30''$ al E. Entónces se le añade la diferencia de longitud con Madrid, y resulta la capital de Austria, de nuestra Corte á $20^{\circ} 4' 41''$ E. 4.º El cabo *Nord-Este* de Asia, mas arriba del estrecho de Behering, está á $178^{\circ} 28' 30''$ E. de Paris. Por la regla general dada en el 3.º caso para reducir la longitud á Madrid se sumaria dicha partida con la diferencia de Paris y Madrid, y así resultaria $184^{\circ} 3' 41''$ de nuestra Corte; pero como en la actual cuenta de longitudes no se pasa de 180° , es preciso para hallar la direccion y cantidad de grados en que se halla el *cabo N-E.* de Madrid, restar de este resultado 180° , que es la longitud oriental de que se trataba; quedan $4^{\circ} 30' 41''$. Estos ya se ve que deben pertenecer á la occidental; restéuse pues tambien de 180° que esta tiene, y quedarán $175^{\circ} 29' 19''$, cantidad que dista el *cabo N. E.* de Asia al O. de Madrid. Sabiendo reducir longitudes del meridiano de Paris á Madrid, se sabrán igualmente las reducciones de qualquiera otro, contadas desde 1 hasta 180° , pues no ofrecen dificultad alguna siempre que se tenga la diferencia entre ámbos meridianos que obran en la reduccion, y la longitud referida á uno de ellos, del pueblo que se ha de reducir. Jamas encargaré bastante á mis discípulos que adquieran

con una seguida práctica la facultad de hacer estas reducciones, sin lo qual leerán con embarazo y poco fruto los libros de astronomía y viages.

117 Si se trata de longitudes contadas por el método antiguo, es decir, haciendo el giro entero del globo por el oriente, se debe tomar la diferencia de longitud de los dos meridianos que se comparan; y si el meridiano de donde queremos contar está al occidente del otro, se añadirá esta diferencia á todas las longitudes contadas desde este otro, y en el caso contrario se restará. Por exemplo, el Pico de Tenerife está situado $1^{\circ} 36'$ al oriente del meridiano de la Isla de Hierro; luego con aumentar todas las longitudes tomadas desde esta montaña en $1^{\circ} 36'$, resultarán las longitudes referidas al meridiano de la Isla de Hierro, y al contrario restando $1^{\circ} 36'$ de las contadas desde este meridiano, se reducirán á longitudes del Pico de Tenerife. Quando las longitudes contadas desde 1 hasta 360° , y las divididas en 2 secciones *oriental* y *occidental* parten del mismo meridiano, todas las orientales hasta 180° son las mismas en el modo de contar antiguo que en el moderno; pero respecto á las longitudes occidentales basta restarlas de 360° para reducir las de contadas por el método antiguo, á contadas por el moderno; y reciprocamente una longitud occidental que nunca pasará de 180° , se reduce á longitud contada por el método antiguo restándola de 360° . *Por exemplo*, Cartagena en América está marcada en los catálogos de posiciones geográficas á $281^{\circ} 57'$ de longitud del meridiano de Paris; restando esta cantidad de 360° , la diferencia $78^{\circ} 3'$ da la longitud occidental de esta misma ciudad con res-

pecto al mismo meridiano; y tal se halla en las relaciones y cartas marinas. La bahia de *Otaiti-piha*, en la Isla de Otaiti, ha sido determinada por los navegantes á $151^{\circ} 55' 45''$ de longitud occidental del meridiano de Paris; si restamos esta cantidad de 360° , la diferencia $208^{\circ} 4' 15''$ será la longitud de aquella bahia contada por el método antiguo.

Resolucion de varios problemas sobre la longitud y latitud.

1.º *Dadas las latitudes de dos lugares hallar su diferencia.*

Quando ámbas latitudes se cuentan en el mismo hemisferio, réstese la menor latitud de la mayor, y el residuo es la diferencia de latitud.

Quando son correspondientes á partes opuestas del equador sùmense, y la suma es la diferencia.

Exemplo I.

Latitud de Madrid.....	$40^{\circ} 25' 22''$
De Tarragona.....	$41^{\circ} 8' 50''$
Diferencia.....	$0^{\circ} 43' 28''$

Exemplo II.

Latitud de Málaga.....	$36^{\circ} 43' 30''$ N.
De Puerto Malespina en la Tierra magallánica..}	$45^{\circ} 11' 15''$ S.
Diferencia.....	$81^{\circ} 54' 45''$

2.º *Dada la latitud de un lugar y su diferencia de latitud con otro, hallar la latitud de este.*

Si la latitud dada y la diferencia son de

una misma denominacion, esto es, que la diferencia es hacia el polo del hemisferio en que se cuenta la latitud, sùmese esta con la diferencia, y la suma es la que se busca con la denominacion de la primera.

Exemplo. Un viagero salió de la latitud de $40^{\circ} 25' N.$, y caminó hacia la misma direccion $12^{\circ} 36'$ preguntase ¿en qué latitud se halla?

Latitud del primer término. $40^{\circ} 25'$
 Diferencia..... $12^{\circ} 36'$

Latitud á que ha llegado... $53^{\circ} 1'$

Si la latitud y la diferencia dada son de contraria denominacion, rétese la latitud de la diferencia, ó al revés, y el residuo es la latitud que se busca de la misma denominacion que el mayor de los datos.

Exemplo. Un navío saliendo del Cabo de Buena Esperanza navegó hacia el N. $14^{\circ} 16'$ ¿en qué latitud se halla entónces?

Latitud del Cabo de Buena Esperanza..... } $33^{\circ} 55' 15'' S.$
 Diferencia..... $14^{\circ} 16' N.$

Latitud en que se halla.... $19^{\circ} 39' 15'' S.$

Otro exemplo. Habiendo salido una embarcacion del Ferrol, navegó hacia el S. $56^{\circ} 20' 18''$ ¿quiere saberse en qué latitud se halla entónces?

Latitud del Ferrol..... $43^{\circ} 29' 00'' N.$
 Diferencia..... $56^{\circ} 20' 18'' S.$

Latitud en que se halla.... $12^{\circ} 51' 18'' S.$

3.º Dadas las longitudes de dos lugares, hallar su diferencia en longitud.
 Quando las longitudes se cuentan de O.

á E. hasta 360° , la diferencia de las dos longitudes es la que se busca.

Exemplo. Amsterdam, tomando el primer meridiano desde Madrid está $7^\circ 3' 41''$ oriental. Madrid está de Paris $6^\circ 2' 11''$ al E.

Amsterdam.....	$7^\circ 33' 41''$ E.
Paris.....	$6^\circ 2' 11''$ E.

Diferencia entre Paris y Amsterdam..... } $1^\circ 31' 30''$

Quando las longitudes de los dos pueblos se cuentan del primer meridiano una á oriente y otra á occidente, sùmense las dos longitudes, y la suma es la diferencia en longitud. Si esta excede de 180° , réstese de 360° , y el residuo es la diferencia en longitud que se busca.

Exemplo

La Isla de Hierro al O } de Madrid.....	$14^\circ 24' 4''$
Paris al E.....	$6^\circ 2' 11''$

Diferencia..... $20^\circ 26' 15''$

Otro exemplo.

Cartagena de Indias.....	$71^\circ 49' 19''$ O.
Manila.....	$124^\circ 30' 20''$ E.

$196^\circ 19' 30''$
 360°

Diferencia de meridianos. $163^\circ 40' 21''$

4.º Dada la longitud de un lugar, y la diferencia de longitud entre este y otro, hallar la longitud del segundo.

Si la longitud y diferencia son de la misma denominacion, esto es, ámbas á oriente ú oc-

cidente del primer meridiano, la suma de los datos es la longitud que se busca.

Exemplo. Un navío salió de Lisboa, y navegó al O. $13^{\circ} 1'$ ¿se quiere saber en qué longitud se halla?

Longitud de Lisboa..... $5^{\circ} 24' 29''$ O.
Diferencia en longitud..... $13^{\circ} 1'$

Longitud en que se halla... $18^{\circ} 34' 29''$ O.

Quando la longitud y diferencia son de contraria denominacion, la diferencia de los datos es la longitud que se busca de la denominacion del mayor.

Exemplo. Un navío salió de Cádiz, y navegó al oriente $8^{\circ} 5' 9''$: se pregunta ¿en qué longitud se halla?

Longitud de Cádiz..... $2^{\circ} 34' 4''$ O.
Diferencia de longitud..... $8^{\circ} 5' 9''$ E.

Longitud en que se halla..... $5^{\circ} 31' 5''$ E.

118 Conocidas la longitud y latitud de dos pueblos, por exemplo A y L, se puede hallar su distancia recíproca en leguas, considerando (*figura 20*) un triángulo esférico A P L formado por los meridianos A P y P L de dichos lugares, y por el arco de círculo máximo que los une. En este triángulo se conocen los lados A P y P L, distancias de los puntos A y L al polo P ó complemento de sus latitudes, y el ángulo A P L medido por su diferencia en longitud; con tales datos las reglas de trigonometría esférica darán en grados y partes de grado el lado A L, que se convertirá en medidas itinerarias. Si los lugares A y L estuvieren en dos hemisferios diferentes respecto al equador, una de las distancias al polo

seria mayor que 90° todo lo que vale la latitud de uno de estos puntos. Sea A la posicion de Paris sobre la tierra, L la de Tolon, la latitud de Paris ó el arco A E de $48^\circ 50'$, no haciendo caso de los segundos; la de Tolon, ó el arco L G de $41^\circ 7'$, y la diferencia de longitud entre Paris y Tolon ó el arco E G, ó el ángulo E P G de $3^\circ 37'$; si se quiere saber quanta es la mas corta distancia de Paris á Tolon, nos figuraremos el arco A L de círculo máximo que la expresará, porque el camino mas corto para ir desde un punto á otro sobre la superficie de la esfera es un arco de círculo máximo que pase por estos dos puntos; restando de los arcos P E y P G ámbos de 90° las partes A E y L G tendremos los arcos A P y L P de $41^\circ 10'$ y de $46^\circ 53'$, y así conociendo en el triángulo A P L los dos lados A P y P L, y el ángulo comprendido A P L, se calculará el tercer lado A L.

119 Para verificarlo tírese una perpendicular desde el ángulo en A al lado opuesto P L, y se calculará el segmento P X por esta proporcion.

R : Cos.	$3^\circ 37'$	::	tang.	$41^\circ 10'$	: tang.	P X
Log. Cos.	$3^\circ 37'$	.....			9.9991342	
Log. tang.	$41^\circ 10'$	.....			9.9417135	
Suma.....					19.9408477	
Log. del radio.....					1	

Resta ó log. tang. P X..... 9.9408477
que en las tablas corresponde á $41^\circ 7'$; restando pues $41^\circ 7'$ de P L ó de $46^\circ 53'$, resultará el segmento L X de $5^\circ 46'$. Con estos datos para hallar el lado A L se dirá:

$$\text{Cos. } 41^\circ 7' : \text{Cos. } 5^\circ 46' : \text{Cos. } 41^\circ 10' : \text{Cos.}$$

A L. Calculándole igualmente por logaritmos resultará.

Log. Cos. $41^{\circ} 10'$	9.8766785
Log. Cos. $5^{\circ} 46'$	9.9977966
Complemento aritmético del Log. Cos. $41^{\circ} 7'$.	0.1229904
Suma ó Log. Cos. A L.	9.9974655

de donde por las tablas se infiere que A L es de $6^{\circ} 11'$, los que á razon de 20 leguas por grado valen unas 124 leguas, distancia mas corta de Paris á Tolon.

120 Quando los lugares, cuya distancia se quiere determinar, estan baxo el mismo meridiano; tomando la diferencia de su latitud, si son de la misma denominacion, es decir, ámbas *septentrionales* ó *meridionales*, ó la suma, si son de denominacion opuesta, y convirtiéndola en medidas itinerarias, resultará sin otro cálculo la mas corta distancia que media entre estos lugares, porque la latitud se mide por un arco de meridiano, que es un círculo máxîmo de la esfera. Si el arco de meridiano que los divide es, por exemplo, de $29^{\circ} 45'$, se convertirá esta cantidad en leguas, multiplicando 29 por 20, cuyo producto será 580 leguas, y dividiendo 41' por 3, lo que dará 15, y reunidas ámbas partidas saldrá la distancia entre dichos puntos de 595 leguas. Quando los dos pueblos estan en un mismo paralelo no se debe tomar su diferencia en longitud por la medida de su distancia, á no ser que estuviesen en el mismo equador; porque como sus paralelos son círculos menores, cuyo radio disminuye á medida que estan mas próximos á los polos, sus grados no tienen el mismo valor que los de los círculos máxîmos; y por otra par-

te la extension ó longitud absoluta de sus arcos no da la verdadera medida de la mas corta distancia de las extremidades de estos arcos por las que se debe siempre concebir un arco de círculo máximo. En efecto, siendo el radio del paralelo mas corto que el del círculo máximo, su arco debe ser mas convexô, ó tener mas curvatura que el de un círculo máximo comprehendido entre los mismos puntos, y por consiguiente es mas largo. Así caminando en la misma direccion ó *alineamiento*, es decir, siguiendo el camino mas corto que sobre la superficie de la tierra lleva de un punto á otro, no puede andarse sobre esta superficie mas que un arco de círculo máximo.

121 Aunque sea diferente el valor de los grados de longitud en cada uno de los paralelos al equador, porque estos círculos menores son desiguales; sin embargo, su valor absoluto se saca fácilmente por el que tienen los de latitud ó de meridiano que es constante, observando que los valores de un grado en leguas son proporcionales á los radios de los círculos, y que los radios del equador y de los paralelos son las perpendiculares tiradas desde diferentes puntos del meridiano á su diámetro, como se ve en la figura 20 con las líneas E C y H K; por consiguiente si se toma el radio E C por el valor de un grado en el equador y se le divide en 10 partes que representen leguas, el número de estas partes contenidas en el radio H K del paralelo L M dará á conocer la longitud ó valor del grado de este paralelo. Infiérese de esta observacion que para determinar el valor de los grados en cada paralelo basta describir sobre una línea E C que represente el valor del grado del meridiano ó del equa-

dor un cuarto de círculo E P dividido en grados, y baxar perpendiculares desde cada punto de division al radio C P: estas líneas serán los valores respectivos del grado de los paralelos en todas las latitudes. Como la línea H K es el seno del arco P H, y el coseno del arco E H, de los cuales el primero mide la distancia del paralelo H M al polo, y el otro la latitud de este paralelo, se sigue que tomando por unidad el grado del equador, el de un paralelo qualquiera será el coseno de la latitud dado por las tablas trigonométricas. Así el problema de *señalar el valor en leguas de los grados de longitud en qualquiera paralelo dado*, se resuelve por esta proposicion.

R. : Cos. latitud : : 20 leguas : X.

Por exemplo, si quiero saber quantas leguas vale el grado de longitud á 16° de latitud, ó en el paralelo de 16° , sacaré por dicha analogía que vale 19,22 leguas, y tal es, con efecto, el valor que se le señala en las tablas contenidas en varios cursos de geografia, todas calculadas por este principio: por consiguiente un viajante caminando de oriente á occidente, ó *vice versa*, 19 leguas sobre el paralelo 16° variará un grado en longitud. A 60 grados de latitud, el grado del paralelo se reduce á 10 leguas, porque el coseno de 60° , ó el seno de 30° , no es mas que la mitad del radio. Para averiguar por el contrario quantos grados y minutos de longitud corresponden á cierto número de leguas andadas en un paralelo conocido, se presenta la expresada analogía de trigonometría esférica en estos términos:

Cos. latitud : radio : : número de leguas andadas en el paralelo : X. Este 4.º término será el nú-

mero de leguas del arco correspondiente á un círculo máximo, que señala la variacion en longitud. Por exemplo, suponiendo que en el paralelo de $45^{\circ} 25'$ se han andado 14 leguas sin salir de la misma latitud: si se quiere saber quanta ha sido la variacion en longitud por medio de la proporcion $\text{Cos. } 45^{\circ} 25', \text{ ó seno } 44^{\circ} 35' : R :: 14 \text{ leguas} : X$, se deducirá por 4.º término 19,945 leguas, las quales á razon de 20 leguas por grado dan $0^{\circ} 59' 50''$ por la variacion en longitud.

122 Las distancias entre dos lugares que se deducen por su diferencia de altura de polo, ó que corresponden al arco de un círculo máximo interceptado entre ámbos, cuyas distancias son las únicas que el geógrafo emplea en la descripcion del globo (1), nunca corresponden á los espacios ó intervalos que cuentan los caminantes, los quales se hacen cargo en sus cómputos de las revueltas, asperezas, barrancos, subidas y otras dificultades del camino. Sin embargo, para reducir los espacios en línea recta que calcula la geografía, á las distancias vulgares, se suele señalar un medio proporcional conforme á la doctrina de Al-Biruni, astrónomo árabe; y es, que á la suma de la distancia verdadera geográfica se añade la quinta parte: por exemplo, entre Madrid

(1) La razon es clara. Supongamos que entre dos lugares cuyo arco de círculo máximo intermedio corresponde á $45'$ de grado cuenten los caminantes 20 leguas nuestras, por quanto segun las revueltas, subidas y baxadas del camino se necesitan realmente el número de pasos que se incluyen en 20 leguas; si el geógrafo marcasse estos lugares en su globo ó mapa conforme a esta distancia, los apartaría 1° de círculo máximo, siendo así que no distan tanto entre sí. Por consiguiente si ha de situar, como debe, los lugares, ha de discordar forzosamente de las distancias vulgares.

y Toledo la distancia geográfica es de 10 leguas próximamente: si á 10 se añade su quinta parte, que es 2, resultan 12 leguas, y este es el camino que cuentan de Madrid á Toledo; si, por el contrario, se quisieran reducir las leguas vulgares á las reales quítase de aquellas la sexta parte; así quitando de 12 su sexta parte, que son 2, quedan las 10 señaladas. Advierto que esta no es mas que una regla prudencial, pero muy distante de la exâctitud trigonométrica, y así pocas veces dará un resultado riguroso, ó porque el camino es mas ó ménos recto, y las leguas de los caminantes, como sacadas por mera estimativa; en unas partes son largas y en otras cortas, ó por todo junto.

123 Supuesto que la diferencia de meridianos se determina por la diferencia de tiempo que cuentan en un mismo instante, por exemplo, en el momento del paso de un cierto meridiano por el sol, los pueblos situados sobre estos meridianos, se podrá medir la longitud, ó en tiempo ó en grados; y con efecto para facilitar ciertos cálculos se cuenta algunas veces en tiempo es decir, en horas; pero en consideracion á los principios establecidos (117) será siempre muy fácil reducir uno de estos modos de contar al otro. Trátase, por exemplo, de convertir los grados en tiempo; como 15° valen 1^h ó $60'$, un grado valdrá $4'$ de tiempo, $1'$ de grado, $4''$ de tiempo, y así en adelante; luego para *reducir los grados, minutos y segundos de grado á tiempo, se debe quadruplicar todo, y contar sucesivamente las partes de este producto por minutos, segundos y terceros de hora.* Por exemplo, si tengo $17^{\circ} 52' 43''$ de longitud, quadruplicados se-

rán $71^{\circ} 30' 52''$; tomando los grados, minutos y segundos de este producto por minutos, segundos y terceros de hora, resultan $71' 50'' 52''' = 1^h 11' 30'' 52'''$. Si se quiere, al contrario, reducir el tiempo á grados, una vez que una 1^h corresponde á 15° , $1'$ de tiempo corresponderá á $15'$ ó á $\frac{1}{4}$ de grado, $1''$ de tiempo á $15''$ ó $\frac{1}{4}$ de minuto de grado, y así en adelante. Luego para convertir las horas y partes de hora en grados y partes de grado, se reducirán las horas y minutos de tiempo todo á minutos, despues se contarán estos minutos, los segundos y los terceros por grados, minutos y segundos de grado y la quarta parte de todo será el número de grados y partes de grado pedido. Por exemplo, si quiero saber á quantos grados y partes de grado corresponden $7^h 17' 42'' 53'''$, mudaré esta cantidad en $437' 42'' 53'''$. Contándola por $437^{\circ} 42' 53''$, y tomando la quarta parte resultará el número pedido de grados y partes de grado de $109^{\circ} 25' 43'' 15'''$.

124 Reflexionando sobre lo que se ha dicho (113) acerca de los *meridianos terrestres y longitudes geogr.áficas*, se advertirá que los meridianos en que se cuentan los grados de latitud no se consideran propiamente en la geografia como círculos enteros, aunque tales sean en efecto, y así los mirén los astrónomos; sino que por *meridiano geográfico* se entiende en rigor la mitad del círculo de longitud baxo el qual esta situado un pueblo, y así estos meridianos son semicírculos que se reúnen todos en los polos del globo; y los semicírculos que hacen su complemento, y que les estan opuestos por consiguiente, se llaman *antimeridianos*. Paris, por exemplo, se su-

pone situado en números redondos á 20° E. de la Isla de Hierro; si continuamos este mismo meridiano de Paris en el hemisferio opuesto coincidirá con el de 200° al E., ó lo que es igual con el de 160° al O. de la Isla de Hierro. Síguese tambien que todos los pueblos de la misma longitud tienen las horas y el mediodia al mismo tiempo, y los que estan situados en el *antimeridiano* ó á 180° de longitud las tienen encontradas, por exemplo, media noche quando para los otros es mediodia, y qué para saber cuánta es la diferencia de horas que se cuentan al mismo tiempo en un pueblo y en otro no hay mas que sacar su diferencia de longitud, observando cuál de los dos pueblos es mas oriental, y el que lo sea, como tendrá el mediodia ántes que el otro, tanto como valga en tiempo su diferencia de longitud en grados, porque su meridiano se presentará otro tanto ántes enfrente del sol, tendrá igualmente con la misma anticipacion las demas horas que siempre se cuentan desde el momento en que el meridiano del pueblo donde está pasa por el sol; lo contrario sucederia si el otro pueblo fuese occidental. Quiérese averiguar, por exemplo, qué hora será en Roma y en México quando en Cádiz sean las 9 de la mañana: redúcese á tiempo la diferencia de longitud de estos tres pueblos, que segun el *conocimiento de tiempos es* =

Roma $18^{\circ} 45'$ E. de Cádiz = $1^h 15'$.

México $95^{\circ} 48' 15''$ al O. = $6^h 15' 1''$.

Así, siendo las 9 en Cádiz, serán ya en Roma las $10^h 15'$, y en México serán todavía las $2^h 44' 48''$ de la mañana.

125 Podemos observar con esta ocasion que

si un viajero diese la vuelta al globo caminando hácia el oriente, á su vuelta contaria un dia mas que se cuenta en el lugar de donde salió; porque el supuesto viajero, despues de haberse adelantado 15° hácia el oriente, se hallaria en un parage donde contaban mediodia quando no serian mas que las 11 de la mañana en el pueblo de su partida, y así entónces ya contaria una hora mas que los habitantes de su país; caminando hasta 30° contaria dos horas mas; hasta 180° 12 horas mas; y finalmente, quando hubiera completado el giro de la tierra, ó corrido 360° , contaria 24 horas, ó un dia entero mas que los de su país: por el contrario, otro viajante que diese la vuelta á la tierra por el occidente contaria á su vuelta un dia ménos que sus compatriotas, y así el primero llamaria *Viernes* al dia que estos llaman *Jueves*, y el segundo á este mismo dia le llamaria *Miercoles*; de modo que los dos viajeros y sus compatriotas darian el nombre de *Jueves* á tres dias diferentes de la semana; no es pues hablar exáctamente quando para denotar una época que nunca ha de llegar se dice en chanza, *la semana de tres Jueves*. Varenio en su *Geografía general* advierte que en Macao, ciudad marítima de la China, los portugueses cuentan habitualmente un dia mas que los españoles en las Islas Filipinas, y así quando aquellos celebran ya el Domingo de Pascua, estos todavía no han salido de la quaresma, á pesar de vivir tan cerca unos de otros, lo qual proviene de que los portugueses establecidos en Macao llegaron allí por el Cabo de Buena Esperanza navegando hácia el oriente, y al contrario los españoles llegaron á las Filipinas por la América y el gran

océano yendo hácia el occidente. De las relaciones de Magallanes consta tambien que quando en 1522 los compañeros de este inmortal y desgraciado navegante, despues de dar la vuelta al mundo caminando hácia O., de regreso á Europa arribáron á las *Islas de Cabo Verde* en la costa de Africa, advirtiéron con extrañeza que en la Isla se contaba Jueves quando ellos contaban aun Miercoles, y lo atribuyéron falsamente á error cometido en la cuenta.

126 El célebre Tolomeo fue el primer geógrafo que adoptó la feliz idea de señalar la situacion de los pueblos de la tierra por sus longitudes y latitudes, idea debida sin duda á Hipparco astrónomo anterior á su tiempo 400 años, quien habiendo emprendido la formacion de un catálogo de estrellas, para marcar con exáctitud su posicion en los cielos pensó medir su distancia por los círculos de la esfera, calculándola en grados de oriente á occidente ó de N. á S., y aplicó este método, que le fue muy útil en sus investigaciones astronómicas, á las descripciones geográficas; siendo una circunstancia muy digna de notarse, dice Robertson, que observando y describiendo los cielos fue como los hombres aprendieron por primera vez á medir y describir la tierra con exáctitud. Es verdad que las denominaciones de *longitud* y *latitud* son poco convenientes quando se trata de un globo ó bola, qual es la tierra con poca diferencia, donde no hay ancho ni largo, sino que todos los extremos de la figura distan igualmente del centro; así esta expresion parece ha traído su origen del tiempo en que los hombres conocian muy pocas tierras de N. á S. y muchas mas de E. á O., como les

sucedió á los griegos y romanos, ó de quando la navegacion estaba circunscripta á nuestro *mediterráneo*, cuyo largo (*longitud*) se extiende de oriente á occidente; y lo ancho (*latitud*) de norte á mediodía. Los geógrafos y marinos modernos han adoptado estas denominaciones tales como las recibieron de los antiguos, sin exâminar si convenian igualmente á todos los mares y al estado actual del conocimiento de la tierra; y el tiempo las ha consagrado.

LECCION VIII.

Movimiento anual de la tierra, causa de las estaciones. El sistema copernicano no se opone á la escritura. Trópicos. Círculos polares. Zonas. Temperatura de las diferentes regiones del globo. Division de los habitantes de la tierra en varias clases por razon de sus sombras, y de su situacion en longitud y latitud. Antípodas. Obliquidad de la eclíptica. Medida del tiempo verdadero y del medio.

127 **A**mas del movimiento diurno aparente comun á todos los astros, el sol en el espacio de un año parece que se acerca alternativamente al uno y al otro de los polos. Por otra parte, si se le compara con las estrellas, observando una de las que se esconden baxo el horizonte poco despues que el sol, se verá que disminuye el intervalo entre estos dos fenómenos, y que bien pronto dexa de verse la estrella obscurecida por la luz del sol, cuyo astro por consiguiente se ha acercado á ella adelantándose házia el oriente. Algunos dias despues vuelve á dexarse ver la misma estrella al

oriente poco ántes de nacer el sol, y se aumenta cada día el intervalo entre este instante y el que en la estrella llega al horizonte, prueba de que el sol se ha apartado mas y mas hacia el oriente, hasta que despues de 565 días la estrella y el sol vuelven á hallarse en las mismas posiciones relativas. Así el sol parece animado de dos movimientos, uno en la dirección de mediodía á norte y de norte á mediodía, y otro en la de occidente á oriente.

128 Se explican desde luego estas apariencias muy sencillamente dando al sol un solo movimiento al rededor de nuestro globo que se repite todos los años ó *anual*, y que se executa en un plano inclinado al exe terrestre, pues que el sol se ladea alternativamente hácia el uno y el otro polo ó hácia el uno y otro extremo del exe; pero las circunstancias del movimiento de los otros planetas no se acomodan á ninguna explicacion admisible, si se supone que el movimiento de esos cuerpos se hace al rededor de la tierra, siendo así que haciéndoles mover al rededor del sol, atribuyendo tambien á la tierra el movimiento anual de este astro, la combinacion de tales movimientos absolutos da á cada planeta visto desde la tierra un movimiento relativo perfectamente conforme á todas las apariencias y capaz de representarlas con la mayor precision. Por este medio restituyó Copérnico al *sistema del mundo* (1) la sencillez y exáctitud que habia perdido en los multiplicados esfuerzos hechos despues de Ptolomeo por los partidarios de la inmovilidad de la tierra, para explicar la causa por qué los pla-

1) Por sistema del mundo se entiende la disposición que tienen entre sí los cuerpos celestes y las órbitas planetarias.

netas parecia unas veces que cesaban momentáneamente de moverse, y otras que mudaban de direccion; fenómeno embarazoso y casi inexplicable de otra manera que con los principios del sistema copernicano que lo acredita de pura apariencia, como se demuestra en la astronomía.

129 Pensó pues el astrónomo polaco que al mismo tiempo que la tierra giraba sobre su eje de occidente á oriente en el intervalo de un día (67), su masa conducida en el espacio absoluto, de oriente á occidente, hacia una revolucion entera al rededor del sol en el intervalo de un año, y en un plano inclinado al equador. Cada dia tenemos á la vista montones de exemplos de estos dos movimientos simultáneos en un mismo cuerpo. El *peon* con que juegan los muchachos es uno de los mas familiares, pues mientras da vueltas rápidamente sobre el pedazo de hierro que le atraviesa y que forma su eje, describe tambien en el suelo curvas muy variadas y dependientes del modo con que se le ha lanzado; lo mismo sucede con qualquiera bola, que si no se la toca en una direccion que pase por su centro, contrae un movimiento sobre sí misma ó de rotacion á mas del movimiento progresivo que resulta de la impulsión que recibió. Estos dos exemplos bastan para comprehender los dos movimientos de la tierra.

130 Fácilmente se concebirá de qué manera el movimiento anual de la tierra produce los fenómenos de la dislocacion aparente del sol, si se entienden bien las consecuencias del *paralelismo* que el eje terrestre conserva en todas las posiciones que esta ocupa. Este eje inclinado respecto al plano en que el centro de la