

permitía al péndulo muy pequeños movimientos: invento perfeccionado después por Graham en 1710, el cual evitando el salto de la rueda de escape á cada oscilación del péndulo, obtuvo el escape de reposo, esto es, de cilindro en el reloj de péndola, como ya antes se obtuviera en el de balanza. Los escapes convenientes á los relojes astronómicos se mejoraron bastante por los trabajos de Le Roy y Le Paute, y más que todo por los de Berthoud, que encontró el escape libre y de fuerza constante, por cuyo medio la irregularidad producida por la continuación de la acción mediante un rozamiento mientras reposa el escape, se remedió haciendo que el regulador solo reciba de la fuerza motriz un impulso instantáneo.

El reloj astronómico recibió una nueva mejora por medio de la compensación producida por el empleo de diferentes metales para la construcción de la varilla del péndulo; lo cual evita la prolongación producida por el calor. El cilindro no tiene aplicación á los relojes marinos, en los cuales se empleó el escape libre y el de fuerza constante: además de lo cual se construyeron de rubíes los ejes de las ruedas más delicadas para disminuir el deterioro, á lo que se dedicaron Tompion, De Bauffre, Breguet y Berthoud, adaptando también más tarde Harrison un aparato de compensación. Breguet especialmente llevó á una exactitud extremada los cronómetros, y obtuvo el premio propuesto por los Ingleses para el cronómetro que no variase en un segundo al día. Lehonardt, relojero de la Academia de Ciencias de Berlín, inventó en 1842 un reloj que marca hasta las milésimas de segundo, por medio de una aguja que en un segundo recorre el cuadrante entero, no á sacudidas sino con marcha regular y constante (1).

Se sabe que los relojes dan el tiempo medio: el verdadero se obtiene por las meridianas ó cuadrantes que se perfeccionaron también elevando mucho el espectro solar (2), y los astrónomos preparan además tablas de ecuación que marcan diariamente las diferencias entre el tiempo verdadero á el tiempo medio.

No entra en mi propósito el indicar las correcciones que en las observaciones deben hacerse, teniendo en cuenta el calor, la humedad, la densidad y las ilusiones ópticas (3); cosas todas que deben apreciarse para la exactitud de aque-

(1) Véase también á Barfuss, *Gesch. der Uhrmacher-kunst*. Weimar, 1836, y nuestra *Cronología*, § 31.

(2) El de la catedral de Milán penetra por una abertura hecha en la bóveda; el de San Sulpicio en París, á ochenta pies de altura, y el de Florencia, dispuesto en 1467 por Pablo Toscanelli, y corregido después por Jiménez á instancias de La Condamine, tiene una elevación de 277 pies, 6 pulgadas y 9 $\frac{1}{2}$ líneas sobre el pavimento de la iglesia, y 377 pies, 4 pulgadas y 9 $\frac{1}{2}$ líneas sobre el mármol solsticial en que se observan la oblicuidad de la eclíptica y los movimientos aparentes del sol.

(3) Uno de los astrónomos más célebres ha sostenido que aun hoy día, después de la introducción de los círculos repetidores, no existen tres puntos sobre la tierra cuya latitud sea conocida con tal precisión que no varíe en un segundo. En 1770 la latitud de Dresde fué calculada con un error casi de tres minutos, y la del observatorio de Berlín ofreció hasta 1806 una

incertidumbre de cerca de veinticinco segundos. En 1790, ántes de las observaciones de MM. Barry y Henry, el error de latitud en la posición del observatorio de Manheim era de un minuto y veintidos segundos, á pesar de lo cual el P. Cristiano Mayer había hecho en él sus observaciones con un cuadrante de Bird, de ocho pies de radio (*Ejemer. de Berlín*, 1784, p. 438 y 4793, p. 96.) Antes de las de Lemonnier la verdadera latitud de París variaba próximamente en quince segundos, y el diario astronómico de M. Zach ofrece ejemplos propios para demostrar que un observador hábil, provisto de un buen sextante y de un horizonte artificial exacto, puede encontrar la latitud de un sitio sin mayor variación que la de seis ó siete segundos.

Hoy día un observador colcado en terreno firme, tiene recursos abundantísimos para determinar su posición: los relojes de compensación le indican la hora con exacta precisión: la vertical del lugar determinada por la plomada, ó deducida de la horizontalidad de las superficies en reposo, le facilita una recta invariable, partiendo de la cual puede medir las distancias angulares de los astros á su cenit ó su elevación sobre el horizonte móvil que le rodea: catálogos exactos le marcan las distancias de todos los astros fijos á su polo visible, así como de los que no cambiando jamás de sitio, tienen un movimiento peculiar suyo, por cuyo medio calcula fácilmente la hora del astro para compararla con la que marca un reloj, y finalmente, por el exámen de fenómenos instantáneos observados en diversos puntos y referidos al centro de la tierra, determina la longitud relativa de los observadores. En el mar, sin embargo, en donde no existe vertical fija, ni péndulos, ni anteojos de dirección constante, y en que el centro de observación varía de continuo, las observaciones son más difíciles, y el ingenio humano tuvo que dar una prueba mayor de aquella constancia que nace de las mismas dificultades. Para tirar en él ángulos verticales, se toma por punto de partida el remoto contorno del horizonte, en el cual la dirección del rayo visual cambia muy poco por las ondulaciones ordinarias, y las variaciones producidas por la temperatura y la refracción se corrigen por medio de instrumentos exactísimos.

Más para medir un ángulo, es preciso dirigir sucesivamente un rayo visual sobre cada uno de sus lados que deben estar fijos, y como en el mar no lo está el lado inferior si de él se separa la vista para dirigirla hácia el superior, fué necesario procurar ver al tiempo mismo el horizonte y el astro sobre la misma recta. Para este objeto sirven dos espejos combinados, de modo que reflejan los dos lados del ángulo visual en un movimiento exactamente común, efecto producido por el octante, inventado por Hadley en 1732, y así llamado porque la división de su extremidad abraza un octavo de la circunferencia. Este aparato fué después sustituido por el sextante, y últimamente los Franceses adoptaron el círculo entero de Borda, mientras que los Ingleses conservan el sextante, perfeccionando su sistema de división. De este modo se obtiene en el mar como en tierra la medida de los arcos cele-

tes, y para saber el tiempo, se usan los referidos relojes marinos de muelles que se conservan en la misma posición y bajo la misma temperatura con exquisita diligencia, reduciéndose de este modo la operación á un cálculo facilísimo, mediante las tablas que se tienen preparadas.

Figura de la tierra.

La atención de los sabios se había dirigido á reconocer con mayor precisión la figura y las dimensiones de la tierra. Supongo que todos mis lectores saben de qué modo se deduce la longitud de un grado en el meridiano terrestre por la distancia de dos estrellas, y cómo la fuerza centrípeta, más enérgica en donde la superficie dista menos del centro de la tierra, hace variar la celeridad de las oscilaciones del péndulo, y no entraré por tanto en explicaciones inútiles. En otra parte hablamos ya de las tentativas hechas por los antiguos para medir un arco de meridiano; pero Posidonio, comparando á Ródas y Alejandría, no advirtió que ambos puntos no se hallaban bajo el mismo meridiano, condición esencial para su objeto. Restauradas las ciencias, hicieron muchas tentativas en Europa para reconocer la verdad, y en 1617 Snellio, habiendo determinado los arcos celestes comprendidos entre Alkamer, Leiden y Bergop-zoom, calculó, según la diferente altura del polo en cada uno de estos sitios, las distancias meridianas terrestres de tres paralelos por medio de una serie de triángulos reunidos, que partían de una base medida sobre el terreno, fijando de este modo el valor del grado terrestre en 55,021 toesas. En 1635 el Inglés Norwood, midiendo con diligencia exquisita el grado comprendido entre Londres y York, le encontró de 57,300, pero quince años después Riccioli pretendió, según medidas tomadas en Bolonia, aumentarle hasta 62,900. Picard pudo dar mayor precisión á esta operación, aplicando los lentes á los instrumentos de que hacía uso, y principiando en 1669, midió con inusitado cuidado en Picardía una base de 5,663 toesas, cuya triangulación llevó hasta la catedral de Amiens, resultándole ser la longitud de un grado, de 57,060 toesas.

El haberse obtenido este mismo resultado diferentes veces, hizo que este cálculo se tuviera como cierto, y los sabios le adoptaron hasta que se suscitaron nuevas dificultades. El astrónomo Richer, habiendo arreglado en París un reloj de péndola por el movimiento medio del sol, le llevó á Cayena, distante apenas cinco grados del Ecuador, y halló que atrasaba diariamente 2' 28"; y midiendo exactamente la varilla de un péndulo que marcaba los segundos en Cayena, reconoció que era una línea y un cuarto más corta de la que se necesitaba en París. El peso de un mismo cuerpo es por tanto diferente en estos dos puntos, y menor por consiguiente en el uno de ellos su distancia del centro de la tierra, lo cual significa no ser esta redonda sino aplanada. Ya ántes de esta experiencia, el gran matemático holandés Huygens había deducido este hecho de razones físicas: Newton, que por

entonces estudiaba las leyes de la gravitación, le aceptó como verdadero, y por medio de cálculos sutilísimos se aseguró no solo de que la tierra se halla deprimida en los polos, sino también de que su masa no es homogénea, y de que su densidad se aumenta cuanto más se aproxima al centro.

De estos cálculos y de las varias longitudes del péndulo se dedujo que el aplanamiento del globo era de una 332^a ó 336^a parte del eje terrestre, y de aquí resultaba que los arcos del meridiano no eran iguales entre sí, sino más largos hácia los polos, y menos en la parte más convexa, esto es, hácia el Ecuador. Á pesar de esto, las medidas verificadas por Domingo y Santiago Cassini indicaban, por el contrario, que el grado disminuía hácia el Norte, de donde concluían que la tierra se alargaba hácia los polos, y que el elipsóide terrestre giraba sobre su eje mayor. Semejante conclusión repugnaba á la teoría del equilibrio de los fluidos, por lo que algunos la impugnaban, y de aquí surgieron graves disputas, para cuya resolución se comprendió que no era bastante la medición de grados contiguos, en que la diferencia es tan pequeña, que puede confundirse con los errores de observación, tanto más cuanto que los instrumentos no habían llegado á la perfección que después adquirieron (1). Por el contrario, un grado medido en el Ecuador daría algunos cientos de toesas de diferencia con relación á otro medido en el círculo polar.

La Academia francesa, por tanto, determinó hacer que se verificasen estas mediciones, y en efecto, La Condamine, Bouguer y Godin partieron para el Perú, á los cuales agregó Felipe V á los Españoles Jorge Juan y Antonio de Ulloa. He aquí, pues, un viaje emprendido por un motivo hasta entonces inusitado, por el interés de la ciencia. La naturaleza se sorprendió al verse interrogada por primera vez en aquellas alturas, en donde La Condamine multiplicó sus observaciones geográficas, naturales y filosóficas, y adquirió noticias positivas de la comunicación entre el Orinoco y el Río de las Amazonas por medio del Río Negro, habiendo Bouguer descrito todas sus operaciones en uno de los libros más científicos que jamás se han dado á luz (2). Llegaron á Quito, comenzaron la medición de un valle de las Cordilleras, que se prolonga 200 millas al Mediodía de aquella ciudad, y continuaron sus trabajos por espacio de 10 años á pesar de las incomodidades del clima y de lo desagradable de su método de vida. La inscripción allí colocada para perpétua memoria presenta los resultados de sus observaciones físicas, astronómicas y geodésicas, entre otras,

(1) Sabida es la dilatada base que midieron los astrónomos de Milán para la triangulación de la Lombardia: la de Toscana, ejecutada poco ántes por el P. Inghirami, había tenido también una base de muchas millas, y sin embargo, corresponde exactamente con la que el barón de Zach, valiéndose de instrumentos perfeccionados, dedujo de una medida de pocos cientos de toesas.

(2) *Tratado de la figura de la tierra*, 1749.

la de la longitud del péndulo que oscila allí en un segundo, por lo cual fué su opinion que podia adoptarse esta como medida universal, y ciertamente que si hubieran sido escuchados, la geografia habria podido progresar muchísimo, dejando de vacilar entre dimensiones varias para los diferentes países.

Al mismo tiempo Maupertuis, Clairaut, Camus, Lemonnier y el abate Orthier habian sido enviados por el círculo polar, y á ellos se agregó Calsius, profesor de astronomía en Upsal, llevando consigo instrumentos de Graham y el sector del cenit, muy superiores á los conocidos hasta entónces. Tambien formaron parte de la expedicion Sommerceaux, como secretario, y Kerbelot como dibujante. Miéntras que sus compañeros de exploracion encontraban en el otro hemisferio un sol ardiente y una vegetacion admirable, estos solo hallaron la aspereza de los hielos, de modo que pudieron establecer su base de 7,407 toesas sobre la endurecida superficie del Rio Tornea, en donde llegó el frio hasta 37°, de modo que ni aun el vino se conservaba líquido un solo instante.

Por la razon média de sus repetidas observaciones, estos concluyeron que el grado era de 57,438 toesas, es decir, 512 mas que en Paris, miéntras que el del Ecuador se habia encontrado que era de 57,753, lo que atestiguaba la diversidad de los dos diámetros en la proporcion de 178 á 179. Mas la impericia de Maupertuis en punto á astronomía fué causa de que se dudase de la exactitud de la operacion, por lo que esta volvió á verificarse (1801) por el Sueco Svanberg en el mismo sitio que la primera, en mayor escala y con mejores instrumentos, y resultó de ella que la elipse era mucho ménos aplanada, es decir, en la proporcion de 302 á 301. Los Cassini, con una lealtad muy rara por cierto en la misera historia de los sabios, habian revisado sus cálculos y confesado los errores que cometieran, desvanecidos los cuales, resultaba confirmado lo que habian negado ántes; pero aun sin esto, el hecho hubiera quedado plenamente demostrado por la medicion de ocho grados, efectuada por La Caille entre Dunquerque y Perpiñan.

Agregóse á las anteriores una prueba nueva cuando la Convencion nacional ordenó un sistema uniforme y estable de pesas y medidas, cuya regulacion debia deducirse del cielo, y al efecto se resolvió adoptar por unidad la diez millonésima parte del cuarto del meridiano terrestre, dándola el nombre de *metro*. Fué preciso, pues, repetir entónces con mayor escrupulosidad la medicion de un grado, y Delambre y Mechain la ejecutaron sobre el arco formado por los paralelos de Dunquerque y Barcelona, sirviéndose de instrumentos de extraordinaria precision y de los círculos repetidores hechos construir por Borda: operacion que se llevó á cabo desde 1792 á 1796, y acerca de cuya precision no parecia posible dudar. Así se estableció la unidad de medida, y con arreglo á ella

las de capacidad y peso, si bien los Ingleses, partiendo del mismo principio, simplificaron su aplicacion inmediata, adoptando por unidad de medida (*yard*) la longitud del péndulo que marca los segundos en una latitud dada. Sabido es, sin embargo, que esta longitud no es constante ni aun en una misma latitud, y que puede variar en un mismo lugar (1).

La osadía de los geómetras llegó hasta el punto de querer determinar con toda minuciosidad las ondulaciones de la curva del globo, pero el Milanés Pablo Frisi demostró por la comparacion de las diferentes mediciones, que este no sigue en su curvatura regla alguna matemática constante. En 1817 partió la *Urania* con su capitán Freycinet á dar la vuelta al globo con el principal objeto de determinar por medio del péndulo su curva en el hemisferio austral, y dedujo que en este las depresiones no difieren gran cosa de las del septentrional, siendo mayores de $\frac{1}{500}$, medida indicada por la teoría de las desigualdades lunares, que varían de $\frac{1}{280}$ á $\frac{1}{282}$, y que los paralelos no tienen forma regular; esto es, que la tierra no es exactamente un sólido de revolucion. Varios otros experimentos practicados confirmaron estas deducciones, y posteriormente las últimas mediciones geodésicas hechas desde Maréennes á Padua y desde Greenwich á las Baleares, han limitado tambien la referida depresion desde $\frac{1}{271}$ á $\frac{1}{292}$.

El cielo ofreció tambien puntos de comparacion con estos resultados; porque, ademas de la luna, se encontró tambien en Júpiter un aplanamiento de $\frac{1}{558}$. El *péndulo convertible* que el capitán Kater aseguraba seria un modelo infalible de medida lineal, fué empleado para reconocer la figura de la tierra; mas despues Puissant demostró en 1826 á la Academia francesa que se habia cometido un error en los cálculos de Delambre, por cuya razon deberian añadirse al metro que se habia fijado en tres piés, 11 líneas y 296 milésimas, otras 72 milésimas de línea, á fin de que representase exactamente una diez millonésima de la distancia del Ecuador al polo, y que, por consiguiente, el aplanamiento de la tierra era de $\frac{1}{515}$, el mismo precisamente que se deduce de las desigualdades de la luna. Bessel, por tanto, en vista de los diferentes resultados de las 11 mediciones del grado practicadas, dedujo que la elipticidad era de $\frac{1}{299}$.

Esta misma pequeñez de diferencias en la medida de un cuerpo tan vasto no puede ménos de despertar en nosotros la admiracion hácia la fuerza del entendimiento humano, y el poder de aquel que todo lo sujetó á peso y á medida.

Colon habia observado la declinacion de la

(1) Todos saben que de esta unidad se dedujeron las de las medidas de capacidad y peso. Es muy singular que la libra china de diez onzas sea idéntica á la de 373 gramas establecida en Asia por los Romanos, y á la libra troy de los Ingleses; así como el que correspondan exactamente entre sí el pié chino, el árabe y el de Carlo Magno.

Polo magnético.

aguja magnética, esto es, el ángulo que esta forma con el meridiano terrestre, si bien suele atribuirse ordinariamente á Cabot este descubrimiento. Pedro Medina, que en 1545 publicó el primer tratado de navegacion, negó aquel hecho; pero le sostuvo en el 56 Martin Cortés, atribuyéndole á un punto de atraccion en la tierra. Los reyes de España habian prometido 50,000 cequíes al que descubriera la causa de las variaciones de la aguja imantada. El Inglés Norman estudió diligentemente este fenómeno, y observó la deviancion de la aguja segun las diversas latitudes, y despues Enrique Bond en 1657 creyó haber encontrado la causa, y presagió que aquél año no declinaria la aguja en Lóndres. Cierto salió, en efecto, su presagio; pero no así los que hizo respecto de las declinaciones en los años subsiguientes en la tabla que con este objeto publicó.

Halley, despues de haber recogido las observaciones hechas sobre diferentes y lejanos puntos de la tierra, delineó en el año 1700 sobre la carta hidrográfica las varias devianciones, las cuales explicaba suponiendo que el globo era un gran iman con cuatro polos, dos móviles y dos fijos, de cuya accion dependian las variaciones de la aguja. Muy diverso resultado del que este obtuviera produjeron las líneas, que bajo el mismo sistema, pero con mayores datos, trazaron Mountain y Dobson en 1744, y Euler vino despues á demostrar que bastaba, para explicar las variaciones, el suponer dos polos móviles de atraccion. Churchman de Filadelfia queria que estos dos puntos fuesen los polos del Ecuador magnético, moviéndose periódicamente de Occidente á Oriente, de manera que describiesen sobre el globo dos círculos paralelos al Ecuador terrestre, y delineó con arreglo á esta teoría un atlas magnético (1795); pero los hechos no comprobaron esta hipótesis, como tampoco ninguna otra de las que se habian presentado, entre las cuales es la mas luminosa la de Epinal. Hoy en día, en vez de considerar al globo como un gran iman, se le asemeja á una pila, en la cual, hallándose los polos en comunicacion, se determinan corrientes eléctricas circunferenciales, dirigidas perpendicularmente al meridiano magnético de Oriente á Occidente hácia el Ecuador. De estas corrientes se supone que toma direccion la aguja imantada, y en cuanto al ángulo que el meridiano magnético forma con el astronómico, que varía en los diferentes puntos, pero con uniformidad en todas las brújulas, se cree que sea producido por la revolucion del globo en la órbita de la eclíptica, pudiéndose por lo tanto presentar un periodo de variaciones, análogo al de la inclinacion de esta órbita.

De estas mismas corrientes naceria tambien la inclinacion de la aguja, por la atraccion que ejercen entre sí las que se mueven en el mismo sentido, y reducidos de este modo los fenómenos magnéticos á la electricidad dinámica, segun las teorías de Ampere, acaso no estamos muy léjos de poder explicar las declinaciones é in-

clinaciones del iman. En el interin, existen tablas en que están calculadas sus variaciones diurnas y anuales, las cuales se acercan mas ó ménos á la probabilidad.

Muchos viajes se han emprendido recientemente sin mas interes que el adelanto de la ciencia, y han tenido por objeto reconocer si existe un continente austral y el paso por el Noroeste, y estudiar el centro del África y de América. El incremento de la navegacion trajo consigo la disminucion de sus peligros por medio de la correccion de errores geográficos, por la rectificacion de lo que con toda intencionalidad se habia desfigurado por la astucia de celosos émulos: las relaciones de los viajeros dejaron aquel aire de charlataneria que las hacia dudosas aun cuando relatasen hechos verdaderos, y en vez de las impresiones personales y de caprichosos accidentes, nos relataron lo que es mas importante que esto para la historia de la tierra y del hombre, cediendo su puesto las rarezas y los monstruos fabulosos á las clasificaciones ordenadas, al estudio de las costumbres y á la correccion de los errores.

Muchos se lanzaron á investigar científicamente la parte meridional de América, y en 1781 el gobierno español dió encargo á Don Félix de Azara y á otros de determinar los límites entre el Brasil y las posesiones de España, lo cual fué ocasion de adquirir importantes datos y buenas cartas geográficas. Muy oscura era todavia la historia y la hidrografia de las regiones situadas al Mediodía de Buenos Aires, cuando el capitán Head nos hizo conocer las pampas, vastas llanuras de 900 millas de extension, al Occidente y Mediodía de la Plata, las cuales atravesó para visitar las minas. En 1782, los Españoles delinearon con toda exactitud las costas de Patagonia y el Estrecho de Magallanes, y entónces se supo que la Tierra del Fuego es un conjunto de muchas islas, de las cuales sacó despues el diseño el capitán King (1826) con gran exactitud, aunque no sin dificultades, con lo que hizo no poco favor á la navegacion de aquellas, que hasta entónces se habia reputado muy peligrosa. Ni aun la distancia entre Europa y América se hallaba bien determinada, y hace muy pocos años todavia que se disminuyó en 60 y hasta 140 leguas la anchura del Atlántico, miéntras que se ampliaba la del Grande Océano. Desde el momento en que los Ingleses se establecieron en la India, despreciando los arcanos respetados por la ignorancia, examinaron geográficamente el país, y en 1808 Webb y Moorcroft subiendo al Himalaya para reconocer los orígenes del Ganges, descubrieron las montañas mas elevadas del globo, pues que el Dawalagiri, en los límites del Nepal y el Tibet, tiene 27,500 piés de elevacion y 30,000 por lo ménos el Chamulari, en las fronteras del Butan y del Tibet.

La geografia se halla íntimamente relacionada con la historia natural, la etnografia y la física, principalmente cuando surge uno de

Humboldt.

aquellos vastos ingenios, que abrazando gran número de ciencias, dan á las unas nueva fuerza con las otras. Tal fué Alejandro Humboldt, de Berlin, que estudió en su juventud todo género de ciencias, principalmente la química y la electricidad animal, que entónces estaban en fama, y que siendo rico, pudo perfeccionar sus estudios con los viajes. Sus relaciones con los mejores naturalistas le llevaron especialmente al estudio de la naturaleza, y se asoció con Amado Bompland, botánico ilustre, para llevar á cabo peregrinaciones científicas. Habiendo obtenido de España la necesaria licencia para visitar las colonias españolas, nunca estudiadas por sabio alguno, hizo por do quiera en ellas sus exámenes geológicos y botánicos, trepando á las mas altas cumbres, penetrando en inexploradas llanuras, y observando las costumbres é idiomas de las tribus, así como el aspecto de las selvas y los vegetales, y todo con los instrumentos necesarios, enseñando siempre el modo de mejorar las colonias, y con su prodigiosa variedad de conocimientos haciendo de continuo deducciones de toda especie de hechos y fenómenos. La geografía física avanzó por su medio á pasos agigantados, y los sabios admitieron casi siempre sus teorías así como las hipótesis que arriesgára.

Los últimos viajes que se hicieron tuvieron tambien por objeto los progresos de la nueva ciencia de la antropología. Blumenbach habia fundado la distincion de las razas en la organizacion y mas especialmente en la conformacion de los cráneos (1), distinguiendo cinco, y haciendo de este modo una division mas geográfica que científica: al estudio de la antropología se asociaron despues los de la lingüística y la historia, y por último en nuestros dias se precisó la ciencia, reconociéndose que debe tener por fundamento los caracteres físicos, como mas estables y ménos arbitrarios; pero comprobándolos al mismo tiempo con la historia.

Bajo este pensamiento se escribieron la obra de Edwards (2) y las *Investigaciones sobre la historia física de la especie humana* del doctor Pritchard: Alcides de Origny examinó los pueblos de la América Meridional: en 1817 Luis XVIII envió á Luis de Freycinet á observar en el hemisferio antártico, no solo los fenómenos magnéticos y meteorológicos, sino tambien los idiomas y costumbres, y Dumont de Urville, habiendo recibido encargo de explorar el mundo novísimo, recogió cadáveres, modelos, indicios, y tomó nota de los caracteres físicos y morales de las razas que en aquellos países se hallan mezcladas. Este último trajo á su regreso 866 dibujos de hombres, armas, habitaciones y utensilios, 400 de costas y paisajes, y ademas 53 mapas acabados y 12 bosquejados de diferentes costas, puertos y radas; porque si en

(1) Véanse el tomo I, p. 64, y la nota B.

(2) Véase el t. I, p. 89.

otro tiempo, al encontrarse una isla bastaba determinar su posicion estando en bahías, al presente se quieren conocer todas sus calas, fondeaderos y pasos, siendo preciso, ademas, añadir á las indicaciones astronómicas las físicas y naturales.

La *vara de Jacob* con que los antiguos medían la velocidad de las naves, llegó á ser inútil para el objeto; porque inventadas las velas, aquel aparato ya no recibía el impulso de los remos. Bert Crescencio, Portugues, inventó en 1604 un mecanismo que consistía en un husillo, al cual se adaptaba un volante que movido por el viento traía á sí una cuerda rollada á un cilindro, y por cuya longitud se deducía el espacio que en un tiempo dado recorria el navío; pero este aparato era imperfecto, porque el viento puede aumentar sin que el buque acelere su curso. Sustituyósele, por consiguiente, con una especie de lanzadera atada á una cuerda que tiene dado un nudo de toesa en toesa, y arrojándose esta al mar se la deja arriar hasta que flote libremente, de modo que pueda considerársela como punto fijo, y contándose entónces los nudos que se desarrollan en medio minuto, se tiene el número de toesas que anda el buque. Este medio, imperfecto todavía, recibió el nombre de el *Loeff*, del de su inventor inglés (1).

Los primeros viajes de dilatado curso hicieron mejorar la construccion de las naves, y ya desde 1514 se aprendió á revestir de plomo las quillas. Este arte no se fundaba antiguamente en deducciones científicas, sino en la experiencia práctica, del mismo modo que se veía hace poco todavía en el arsenal de Venecia construir excelentes buques, segun cierto método transmitido de padres á hijos á modo de secreto, como sucede siempre que falta el fundamento de la ciencia; pero á medida que las matemáticas y el cálculo progresaban, y se conocía la aplicacion de las ciencias exactas á las prácticas, la arquitectura naval mejoró notablemente, y fué ya objeto de estudios teóricos y de muchísimas obras. Cornelio Van-ik dió el diseño de los galeones y carracas de España, y tambien el de una nave que un Frances construyó en Rotterdam en 1653, la cual debía moverse sin velas, por medio de un mecanismo semejante al de un reloj, y adquirir tal velocidad que habia de hacer en un dia la travesía desde Rotterdam á Dieppe y de aquí á Amsterdam; pero el inventor huyó ántes de hacerse el experimento. Tambien describió la nave de Enrique Stevin, que debía ofrecer tanta seguridad como un caruaje en tierra firme (2).

Juan Bouguer, matemático de quien ya ántes

(1) Una asercion de Loek encuentro en el viaje de Magallanes, en la que en el mes de enero de 1521 se lee lo siguiente: «Segun la medicion que hacíamos con la CADENA DE POPA, andáhamos de sesenta á setenta leguas diarias.» Véase AMORETTI, *Primer viaje alrededor del globo terráqueo*, etc., 1800, p. 46.

(2) *De nederlandse Sceppe bouw konst open gestelt verloopenende naar wat regel*, etc., etc. Amsterdam, 1697.

hablamos con aplauso, trató con gran acierto la parte teórica de la construccion de las naves (1), logrando poner al alcance de todas las capacidades las cuestiones mas abstractas, aunque despues no se mostró tan versado en la práctica que pudiese hacerla corresponder con la teoría. El grande Euler presentó un sistema completo de construccion y maniobra de los buques; pero es mas importante la obra de Jorge Ivan, que combinando la ciencia con la práctica, dió á luz una nueva doctrina sobre la resistencia que encuentran los cuerpos que se mueven en el agua (2). Borda, Condorcet y Romme han obtenido, sin embargo, mejores resultados por medio de experimentos sucesivos, y á par de sus obras marcha la de Federico Hinez de Chapman (3), no hablando ahora de las modernas que tanta reforma debían introducir en los antiguos usos. Roberto Seppings elevó la arquitectura naval á profesion científica, introduciendo el corte diagonal que cambió en triángulos los innumerables paralelógramos formados por el contorno del casco de un buque, siendo tambien obra maestra la de Ricardo Norwood (4), en que enseñó la aplicacion de los logaritmos y de la trigonometría á los tres métodos principales de cálculo en la náutica.

Á estas obras deben añadirse las que se escribieron sobre los medios de conservar la salud de las tripulaciones, y de arreglar las provisiones necesarias. El doctor Johnson decia en 1778: «Si desde la cubierta miráis al interior de un buque, solo veréis la miseria hasta el exceso. ¡Qué hacinamiento! ¡qué hediondez! La nave es una verdadera prision, con mas el peligro de anegarse; aun peor que una prision, pues todo es en ella peor: el lo-cal, el aire, los alimentos y hasta la misma compañía.» De aquí las enfermedades terriblemente mortíferas que encontramos referidas á cada paso en las relaciones de los viajes de aquella época. El almirante Hoiser en 1726 zarzó para las Indias Orientales con siete navios de línea, y por dos veces perdió toda su tripulacion, siendo él mismo victima de la tristeza que esto le ocasionara. Ordinariamente, á los pocos meses de navegacion se desarrollaba en los buques el escorbuto, que irremisiblemente arrebatava ocho y diez vidas cada dia, y aun en el año 1780 habia 1,457 enfermos de este mal solamente en el hospital de Haslar, en el que no hubo ninguno en 1806, y uno solo en el año siguiente. Hoy dia, la salud de la tripulacion es una de las cosas que con mayor instancia se exigen de un capitán, y á su regreso, no solo se calculan los descubrimientos, sino tambien las vidas que han costado.

(1) *Traité du navire, de sa construction et de ses mouvements*. Paris, 1746. — *Nouveau traité de navigation, contenant la théorie et la pratique du pilotage*, 1751.

(2) *Tractat om Skepps-bygg ertel tillika*. Estocolmo, 1775.

(3) *Exámen marítimo teórico-práctico ó tratado de mecánica aplicado á la construccion, conocimiento y manejo de los navios y demas embarcaciones*. Madrid, 1771.

(4) *Treatise of trigonometry. — The Seaman's practice*.

Un gran adelanto moderno fueron los faros que con luz mas clara y distinta indican por la noche los puertos y los escollos. Á las lámparas ordinarias se substituyeron las de Argant, de doble corriente, perfeccionadas por el sistema de Carcel, que haciendo elevarse el aceite por medio de un mecanismo de modo que la torcida se empape en él constantemente hasta su extremo superior, impide que se forme el pábilo, y las leyes de la captótrica hicieron encontrar despues espejos parabólicos de metal que concentrasen la luz y aumentasen su fuerza. Acontecia, sin embargo, en los faros que la luz solo se veía en las direcciones en que caían los rayos verticales á los ejes de las láminas parabólicas, de manera que muchos espacios quedaban en la oscuridad, pero á esto se provuyó haciendo girar el aparato. Bordier fué el primero que en 1807 puso en práctica este medio en el Havre, y el eclipse que resulta de este procedimiento sirvió tambien para distinguir la luz de los faros de cualquiera otra accidental. Mas como los espejos estaban expuestos á empañarse, se pensó en substituirlos por medio de la reparacion que puede tambien dirigir los rayos luminosos á voluntad del hombre, y lo consiguió en efecto Fresnel, sirviéndose de la lámpara de Carcel perfeccionada, y de lentes dispuestos de modo que rodean la llama como anillos y efectúan su refraccion en la direccion mas conveniente.

El duque de York inventó el arte de las señales de mando en el mar por medio de banderas, pendones y gallardetes, y este sistema mejorado por el caballero de Tourville hácia el año 1675, y que continúa siempre aproximándose á la perfeccion, sirve como un telégrafo para establecer la comunicacion entre puntos muy remotos.

Hoy en dia de los 32 vientos de la rosa, muy bien pueden reinar 20 sin que las velas pierdan por esto su direccion, y es ya tanta la práctica en este particular, que en 16 ó 17 dias se hace la travesía á vela desde Nueva York á Inglaterra. Todavía no se ha logrado, sin embargo, encontrar un método de apreciar la velocidad y fuerza del viento en el mar, ni su direccion: tampoco el de renovar el aire bajo cubierta, ni el de convertir en agua dulce la del mar, lo cual aliviaria á las embarcaciones de un gran peso, y faltan, por último, que resolver algunos otros problemas que traen ocupados á los hombres estudiosos, los cuales no han perdido todavía la esperanza de llegar á conseguir la navegacion submarina.

Ya en 1543 el capitán Blasco de Garay presentó á Carlos V una máquina destinada á dar impulso á las naves sin ayuda del viento ni de remos. El emperador consintió que se hiciera un experimento en el puerto de Barcelona, y aunque el autor no quiso publicar tan importante secreto, se sabe que consistía en una caldera de agua hirviendo que hacía mover dos ruedas colocadas á los costados del buque.

Vapor.