

# DISCURSOS

LEIDOS ANTE

LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS,

FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PÚBLICA

DEL EXCMO. SR. D. FRANCISCO DE P. MARQUEZ Y ROCO

el día 17 de Octubre de 1875.



MADRID:

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE DON E. AGUADO.—PONTEJOS, 8.

—  
1875.

# DISCURSO

DEL EXCMO. SEÑOR

D. FRANCISCO DE PAULA MARQUEZ Y ROCO.

---

---

Señores:

**E**L honor que me habeis dispensado, eligiéndome para reemplazar al General D. Manuel Monteverde, cuya muerte deploran la Academia y el país, me tiene vivamente conmovido y preocupado. No extrañéis, pues, mi turbación al presentarme por vez primera ante vosotros: es hija de la seguridad que tengo de no acertar á expresaros toda mi gratitud por una merced tan grande como inesperada, y del temor de no poder sustituir dignamente al docto Académico cuyos importantes trabajos ilustran nuestros anales científicos, militares y diplomáticos, y á cuya memoria me apresuro á tributar un sincero y justísimo homenaje de admiración y de respeto.

La afición que siempre he tenido á las ciencias y á las artes, y el celo con que, á falta de otras dotes, he contribuido á propagarlas en nuestra patria, coadyuvando al cumplimiento de las medidas dictadas con tal objeto por

el Gobierno, son mis únicos títulos para aspirar á vuestra consideracion; pero siendo insuficientes para obtenerla, no puedo atribuir vuestra benevolencia sino á las inmerecidas distinciones que he debido á la Marina, y que habrán sido el fundamento del favorable juicio que me ha proporcionado la entrada en esta sabia Corporacion; y ya que á esta circunstancia debo, sin duda alguna, la satisfaccion de verme á vuestro lado, os ofrezco que haré cuanto esté á mi alcance para llenar mis nuevos deberes del modo que lo exige la grande respetabilidad del Cuerpo á que tengo la honra de pertenecer.

Como una prueba de la buena voluntad con que quiero asociarme á los trabajos de esta Academia, me considero desde ahora sometido á sus prescripciones reglamentarias: voy, por tanto, á molestar vuestra atencion con una *Breve reseña de la historia de las ciencias náuticas en nuestra Peninsula*, pues, en el terreno científico y durante cierto tiempo, no es posible separar la historia de las dos naciones que la constituyen.

Tomaré por punto de partida la época denominada del *Renacimiento*, notable en la historia del mundo, entre otras cosas, por el grande impulso que recibieron en Europa las ciencias y las artes, y por los progresos de los Portugueses en la exploracion de la costa occidental del Africa: empresa ésta patrocinada por los reyes de Portugal, á cuya perseverancia, en querer aplicar la ciencia á la navegacion, se debe la creacion del Arte que, todavía en su cuna, infundió aliento á nuestros compatriotas para emprender los memorables viajes que dieron á conocer la superficie del globo que habitamos.

## I.

Parece indudable que la aguja náutica, conocida en Europa desde el siglo XII, recibió durante el XIV dos de las más importantes modificaciones cuyo conjunto constituye su actual disposición: á saber, la de apoyarla en un estilo vertical sobre el que puede girar libremente dentro del mortero; y la de colocar á éste en la suspensión que después se ha llamado de Cardano: sencillos pero admirables inventos que, como todos los de esos siglos denominados de ignorancia y de barbarie (\*), además del carácter de utilidad que los distingue, llevan el sello del verdadero genio.

Este pequeño aparato, que ha sido el más poderoso auxiliar del hombre para la exploración de la Tierra, ejerció durante mucho tiempo escasa influencia en el progreso de la navegación, puesto que en el último tercio del siglo XV ésta se limitaba todavía al método del cabotaje, y no era otra cosa más que un conjunto de prácticas atrevidas y de rutinas tradicionales.

Creo innecesario aducir pruebas de lo que saben todos los que conocen la historia de los viajes marítimos: basta, para mi objeto, consignar que en el reinado de D. Juan II de Portugal, fué cuando Martín de Bohemia propuso la pri-

---

(\*) El papel, la encuadernación, el arte de grabar, el de dorar, la pintura al óleo, el cristal, los espejos, los anteojos, los relojes, los molinos de viento, las notas musicales, el órgano, la pólvora, la artillería, la imprenta, y multitud de máquinas, procedimientos y artefactos que conservan todavía su tipo primitivo, ó han sido fundamento de otros más perfectos.

mera aplicacion juiciosa de la Astronomía á la Navegacion, y con ella produjo la escuela portuguesa el Arte de Navegar.

Para que pueda formarse idea del indisputable mérito de esta creacion, que inspiró á nuestros navegantes el valor necesario para abandonar las costas y engolfarse en alta mar, y que, con todas sus imperfecciones, fué el primer paso dado en la senda de los progresos de la Náutica, voy á exponerla con el detenimiento que requiere su importancia.

El Arte de Navegar, tal como se debió á la escuela portuguesa, estaba reducido á la resolucion del siguiente problema:

*Dada la situacion en la carta del punto de partida de la nave, hallar la situacion del punto de llegada, cuando se conocen el rumbo y la distancia que se ha navegado al mismo; ó el rumbo y la diferencia en latitud; ó la distancia y la diferencia en latitud.*

Los medios para obtener las cantidades que figuran como datos en el problema precedente, y, despues, la representacion gráfica del resultado, eran:

La aguja náutica, auxiliada del juicio *de los hombres experimentados* sobre el efecto de los vientos y demás accidentes de la navegacion, para determinar el rumbo.

El conocimiento de las propiedades de la nave y el juicio *de los hombres experimentados* sobre el efecto de los vientos, etc., para determinar la distancia.

El astrolabio, para observar la altura meridiana del Sol, con un error que pocas veces bajaria de un grado.

Unas efemérides perpétuas de la declinacion del Sol,

deducidas de las Tablas Alfonsinas, para todos los dias de un cuatrienio comprendido entre dos años bisiestos.

La ballestilla, para observar de noche la altura de la Estrella Polar, con error cuya magnitud no es fácil apreciar.

Una tabla deducida, al parecer, de observaciones directas hechas en tierra, que daba, para determinadas orientaciones de las estrellas conocidas con el nombre de *guardas* de la Osa Menor, la diferencia entre la altura de polo y la altura observada de la Estrella Polar.

Otra tabla que daba las leguas navegadas y el apartamiento de meridiano contraído segun el rumbo que habia seguido la nave, por cada grado que ésta variaba en latitud.

Y, por último, una carta ó representacion en plano de la superficie de la Tierra, en la que se consideraba cada hemisferio como un cilindro cuya base es el Ecuador. Los meridianos eran, pues, paralelos, y los grados de latitud no tenian la extension que, para el exacto arrumbamiento, requiere el paralelismo atribuido á los meridianos. En esta carta, partiendo de un punto conocido, se situaban todos los demas por rumbo y distancia, ó por rumbo y diferencia en latitud, ó por distancia y diferencia en latitud (\*).

Para completar esta exposicion debo agregar algunas observaciones.

1.<sup>a</sup> La determinacion de la latitud en la mar. toman-

---

(\*) Operaciones conocidas entre los marineros con los respectivos nombres de *punto de phantasia*, *punto de esquadria* y *punto de phantasia y altura*.

do de la Astronomía todo cuanto la ciencia podía á la sazón suministrar, estaba sujeta á un error que, en algunos casos, llegaba á dos grados, segun se deduce del exámen de las cartas de marear que todavía se conservan.

2.<sup>a</sup> La variación de la aguja era conocida hacia ya muchos años, y se creía que en todas partes nordesteaba como media cuarta, resultado de groseras observaciones hechas en algunos viajes desde las costas de Flandes al Mediterráneo; mas los constructores, ó por exigencia de algunos navegantes, ó por ahorrar á éstos el trabajo de llevar en cuenta tal desvío, corregían las agujas haciendo que la *punta de la flor de la rosa* y las *puntas de los azeros* difriesen la expresada cantidad en el sentido conveniente: circunstancia en que no se fijaban la mayor parte de los hombres de mar, quienes, por tal motivo, ni áun sospechaban la existencia de la variación.

3.<sup>a</sup> Siguiendo una rutina, cuyo origen y fundamento no he podido hallar en ningun escritor coetáneo, admitían los pilotos que la extensión de un grado de círculo máximo es de unas  $17\frac{1}{2}$  leguas de 15.000 piés, al parecer, de Burgos cada una, cuando en realidad dicha extensión es de unas  $26\frac{2}{3}$  de las expresadas leguas. El influjo de este dato tan erróneo, en los resultados de la tabla náutica que daba el apartamiento y la distancia, debió exponer á los navegantes de aquellos no muy remotos tiempos á frecuentes y horribles perplejidades.

4.<sup>a</sup> Los cosmógrafos tenían ideas perfectamente claras de la distinta magnitud del grado en los diversos paralelos de la Tierra; pero, al pasar á la representación de ésta sobre un plano, daban la misma extensión al grado

del Ecuador que al de un paralelo cualquiera, y miraban como una misma cosa el apartamiento de meridiano y la diferencia en longitud. Además, desconocian completamente la naturaleza y propiedades de la línea del rumbo, y creían que ésta era un arco de círculo máximo, ménos cuando se navegaba por un paralelo; y, aún en este caso, la consideraban como arco de círculo máximo, cuando se trataba de su trazado ó representacion sobre la carta.

Si hemos de juzgar del mérito de una idea por la abundancia y magnitud de sus resultados, pocas registra la historia de la humanidad que los haya tenido tan rápidos y portentosos como ese embrion del arte que se debe á la escuela portuguesa. En efecto: no habian transcurrido muchos años desde que los navegantes ilustrados comenzaron á inspirarse en los sencillos principios teóricos y prácticas preconizadas por aquella escuela, cuando ya Bartolomé Diaz habia llegado al Cabo de Buena-Esperanza; descubierto Colon la América; sureado Vasco de Gama los mares del Oriente; penetrado Magallanes en el Pacífico por el estrecho de su nombre; y regresado Juan Sebastian del Cano á su patria, con la gloria de haber terminado la memorable expedicion que proporcionó á los hombres una idea más exacta del tamaño de la Tierra, y la comprobacion práctica de su aislamiento y redondez.

Estos sorprendentes descubrimientos, que constituyen una particularidad gloriosa y distintiva de la época en que se hicieron, tuvieron sus naturales consecuencias. Ellos abrieron nuevo y dilatado campo al comercio y tambien á todas las pasiones que agitan al corazon humano: de aquí la multitud de expediciones atrevidas que emprendie-

ron los Españoles y los Portugueses, con las que se enriqueció, es verdad, la Geografía; pero á costa de tan repetidos naufragios y de tan dolorosas pérdidas, debidas no sólo á la imperfeccion del arte sino á la ignorancia de los navegantes, que todos los hombres ilustrados se dedicaron, por irresistible impulso, al estudio de la Náutica y á la instruccion de los pilotos en la teoría y en la práctica de su profesion.

El Gobierno, por su parte, acudió prontamente á satisfacer el deseo general de propagar y perfeccionar los conocimientos náuticos, creando las Cátedras que se establecieron en la Casa y Juzgado de la Contratacion de Sevilla, y dictando sobre la fabricacion de instrumentos, construccion de cartas, formacion de diarios, etc., etc., en suma, sobre todo cuanto podia interesar á la Navegacion, acertadas disposiciones cuya lectura embelesa y hace formar alta idea de la cultura, celo y prevision de nuestros gobernantes en aquella época.

El resultado de estas sabias medidas no fué el que se deseaba. Porque la falta de cumplimiento de las prescripciones legales, la impaciencia de todos los hombres de mar por emprender viajes y descubrir ignotas tierras, y, como consecuencia de ella, la poca predisposicion de los mismos para someterse al estudio, esterilizaron por completo la enseñanza. El Arte continuó siendo patrimonio de un corto número de personas, y la gran generalidad de los navegantes lo practicaba fiando unas cosas á la memoria, y otras á incorrectos apuntes que servian más para confundirlos que para ilustrarlos: pero la generosa proteccion que el Gobierno dispensaba á todo el que queria dedi-

carse á difundir los conocimientos náuticos, y las distinciones de que era objeto el que sobresalía en ellos, produjeron, como era de esperar, escritores más ó menos notables, que recopilaron las reglas y preceptos de la profesión, con la mira de facilitar su conocimiento á los navegantes.

El primero de estos escritores fué Martin Fernandez de Enciso, quien publicó en Sevilla, en 1519, un libro cuyo título es: *Suma de geographia que trata de todas las partidas et prouincias del mundo: en especial de las indias. et trata largamēte del arte del marear: juntamēte con la esphera en romãce: con el regimiēto del sol et del norte: nueuamēte hecha.*

Para proceder con método al dar una idea de esta obra, la considero dividida en tres partes.

La primera es un repertorio de todas las *opiniones* extravagantes que formaban la base de las ciencias físicas en la época del autor, y del corto número de verdades y de artificios geométricos que ha conservado la ciencia moderna; y como su exámen es inconducente á mi objeto, bástame advertir que se miraban como verdades establecidas la fijeza de la Tierra en el centro del mundo, y su redondez y aislamiento en el espacio.

La segunda parte está expresamente dedicada á la exposicion del Arte de Navegar que, en tiempo de Enciso, continuaba tal como lo habia creado la escuela portuguesa: pues, áun cuando Colon habia advertido, en 1492, que la variacion de la aguja no era la misma en todos los lugares de la Tierra, la falta de observaciones dignas de confianza, y el imperio que una larga rutina ejercia sobre los nave-

gantes, exigieron algun tiempo para convencerles, primero, de la existencia de la variacion, y, despues, de las alteraciones que ésta experimentaba.

Enciso no habla ni del principio fundamental de la aguja náutica, ni de su construccion; y, así, no es posible formar idea de las que él tenia sobre este instrumento. Tampoco dice nada sobre los que se usaban para observar las alturas del Sol y de las estrellas; y todo su trabajo se reduce á una reseña del Arte, tan ligera, tan imperfecta, tan falta de método y de claridad, que, ciertamente, de nada pudo servir á los navegantes. Para mí es indudable que Enciso, aunque navegó, jamás se ocupó en el estudio del Arte, ni consultó, como él dice, *la experiencia de nuestros tiempos que es madre de todas las cosas*; y me parece que cualquiera persona inteligente é imparcial, que lea la parte de la obra de Enciso dedicada á tratar *largamête del arte del marear*, no verá en ella mas que los imperfectos apuntes de algun piloto, hasta en lo que dice sobre los errores de la carta plana y el modo de corregirlos. Las efemérides del Sol contienen graves distracciones, entre otras, la de contar en el año bisiesto el mismo número de dias que en el comun.

La tercera parte de la obra de Enciso es muy interesante, y acredita á su autor como persona de gran laboriosidad, y de vastísima instruccion en Geografía. Contiene una descripcion de todas las tierras y costas á la sazón conocidas, ó sea una *Cosmographia por derrotas y alturas*, que debió ser muy consultada por los navegantes.

El segundo escritor de Navegacion en el órden cronológico, y primero entre los que hablaron del asunto con

conocimiento del mismo, fué Francisco Falero, portugués al servicio de España, que publicó en Sevilla, en 1535, un *Tratado del Esphera y del arte del marear: con el regimieto de las alturas: cõ algũas reglas nueuamēte escritas muy necessarias*. En él expone con método y claridad el Arte, librándolo de una de sus imperfecciones, puesto que habla ya con seguridad de la variacion de la aguja, y de sus distintos valores en diversos lugares de la Tierra. Discurre extensamente sobre el fenómeno; y, aunque sus racionios se resienten de la falta de observaciones y del estado en que se hallaban los conocimientos físicos, propone, para determinar el valor de la variacion, procedimientos y reglas que, al parecer, son originales y á los cuales, en principio, no hay nada de fundamento que objetar.

Dice Falero que *el piloto deve saber muy bien cartear: et lo mismo tomar el altura del sol y del polo muy precisamente*: lo que parece indicar que el uso y manejo de las cartas é instrumentos se adquirian en las escuelas de Náutica; y, suponiendo este conocimiento en los principiantes, les da *una instruciõ muy prouechosa* para ordenar y dirigir una derrota en los diversos casos que suelen ocurrir en la práctica; pero sus prescripciones no son, á mi juicio, tan prolijas como las necesitaban unos navegantes de cuya instruccion puede formarse cabal idea por este hecho notabilísimo, á saber, que el autor les da *Reglas para deprender á cõtár de guarismo en muy breue tiẽpo* ó, como diríamos hoy, para leer números enteros.

Habia, á la sazón, divergencia de pareceres sobre la extension del grado de círculo máximo de la Tierra; y es curioso y digno de mencionarse lo que sobre este punto

expone el autor, porque demuestra la confusion de ideas reinante entre los navegantes y los cosmógrafos acerca de la magnitud de nuestro globo. Dice así: *E para esto es de saber que toda la redondez de la tierra et agua contiene seys mil leguas: las quales repartidas por 360 grados que ay en todo el vniuerso caben á cada grado 16 leguas y dos tercios de legua: aunque algunos quieren que cada grado tenga 17 leguas justas: et otros 17 y media. et si ouiesse 17 leguas en cada grado auria en la redondez del mundo 6120. et si fuessen 17 y media auria en todo el vniuerso 6300 justas. E lo que mas á mí et á otros que lo han mucho examinado mas satisfaze es que sean 6000. mas cada uno puede en esto seguir la opinion que le pluguiere: porque nadie precisamente lo pudo averiguar, ni pienso que es posible hazerse: et conforme á esta opinion se ha de tener que vn grado por qualquiera meridiano ó círculo mayor tiene 16 leguas y dos tercios de legua como es dicho: et por paralelo menor no se guarda esta proporcion como adelante se declarará en el presente capitulo.*

Es lástima que Falero no dejase consignado en qué consistió el exámen que él y otros habian hecho de esta importante materia.

Las últimas palabras del párrafo que acabo de copiar, pudieran inducir á creer que Falero tenia ideas más exactas que sus contemporáneos acerca de las cartas. Pues no es así: porque, imbuido en todos los errores de su escuela, confunde constantemente el apartamiento de meridiano con la diferencia en longitud.

En resúmen, el tratado de Falero puede mirarse como el primero en que se expuso el Arte de Navegar con méto-

do y con claridad; y aunque, á pesar de estas condiciones, resultó poco adecuado á la instruccion de los navegantes, tengo por indudable que fué el libro de estudio de nuestros célebres cosmógrafos Pedro de Medina y Martin Cortés, de cuyos escritos paso á ocuparme.

..... *Viendo quán largos y peligrosos caminos por la mar hazen, y que pocos de los que nauegan saben lo que á la nauegaciõ se requiere....., porque ni ay maestros que lo enseñen, ni libros en que lo leã.....*, escribió Pedro de Medina su *Arte de nauegar*, que se imprimió en Valladolid en 1545.

Pocos libros han logrado la celebridad y buena acogida que el *Arte* de Medina, lo mismo dentro que fuera de la Península, y pocos autores han sido objeto de alabanzas más exajeradas y de censuras más injustas.

No fué Medina, como él dice de sí mismo, el *primero que arte de navegar aya escripto*, ni, como otros han dicho de él, el fundador del pilotaje teórico: fué, sí, un prolijo comentador de Falero, que, penetrado del estado y necesidades de los navegantes, supo hacer accesible la doctrina de la profesion á hombres sumidos en la más profunda ignorancia, presentando soluciones para todos los casos que podian ocurrir en la práctica; y, bajo este punto de vista, puede decirse que Medina fué el primer maestro del Arte de Navegar. Su libro fué aceptado en todas las naciones de Europa con el aprecio que merecia, y esto le basta y es justo título para su buen nombre y fama.

Incurrió Medina en dos errores que hicieron á su obra objeto de censura: el primero defender la bondad y exactitud de las cartas planas, despues que Enciso, tan poco

perito en la materia, habia hablado de sus imperfecciones; y el segundo dudar de—casi negar—la existencia é irregularidad de la variacion de la aguja, cuando ya Falero habia hablado de ambas cosas con plena seguridad. No tiene explicacion plausible la defensa que hace Medina de las cartas; pero son disculpables sus opiniones sobre la variacion, por no haber llegado á su conocimiento, á pesar de las diligencias que habia hecho, las pocas observaciones existentes acerca del fenómeno, y que serian, sin duda, las que movieron á Falero á no dudar de la realidad del mismo.

La pasion de Medina por los estudios náuticos, y el noble deseo de ser útil á su patria le movieron á perfeccionar su *Arte*; y, como resultado de sus desvelos, publicó en Sevilla, en 1552, un *Regimiento de Pilotos*, que no he podido ver, y, en 1563, un *Regimiêto de nauegaciô* que vale más que el *Arte de nauegar*, aunque de él no difiera esencialmente sino en lo relativo á las agujas, sobre las cuales, habiendo modificado el autor sus ideas, habla con mucha cordura.

En 1546 apareció en Sevilla una segunda edicion *enmendada* de la *Suma* de Enciso. El reconocido mérito de la tercera parte de esta obra es lo que pudo contribuir á que se agotase la edicion primitiva; pues, por lo demás, el *Arte del marear* quedó en la nueva edicion tan oscuro é imperfecto como en la anterior; sin que fuera parte para mejorarlo la sustitucion de las efemérides del Sol y de la tabla del *Regimiento de Estrella* con las que el autor tomó de Falero ó de Medina.

Con el mismo objeto que Medina, y seis años despues

que éste dió á conocer su *Arte*, publicó Martín Cortés una obra titulada *Breue compendio de la sphaera y de la arte d'nauegar*, impresa en Sevilla en 1551.

Tambien Cortés tuvo la pretension *de auer sido el p' mero que reduxo la nauegacion á breue cõpẽdio, poniẽdo p'ncipios infalibles y d'mõstraciones euidẽtes, escriuiendo pratica y theorica d' ella, etc., etc.*, lo cual no es cierto; y me parece fuera de toda duda que Cortés tuvo á la vista no solo la obra de Falero, sino tambien el *Arte* de Medina á quien aventajaba mucho en instruccion.

El *Breue compendio* de Cortés fué la obra predilecta de los marinos ingleses: ménos prolijo y completo que el *Arte* de Medina en lo que se refiere á la práctica ordinaria de la navegacion, le es muy superior en todo lo demas. Enseña á construir las cartas, de cuyo error habla con acierto y claridad, áun cuando no haga indicacion alguna sobre el modo de corregirlo ó de atenuarlo. En cuanto á la aguja náutica, admite, sin reserva alguna, la variacion y sus irregularidades; y, aceptando una ley del fenómeno no observada sino imaginada por Falero, trata de explicar ambas cosas, suponiendo la existencia de un punto distinto del polo del mundo y situado *fuera de todos los cielos contenidos baxo del primer móbile*, en el que reside *una virtud attractiua que attrahe assi el fierro tocado cõ la parte d' la piedra ymã....*: idea ingeniosa y que, áun cuando errónea, es, en mi opinion, el primer paso dado en la teoría del magnetismo.

Medina y Cortés son dos escritores que, completándose mutuamente, enseñaron á la Europa el Arte de Navegar, presentándolo de modo que fuese accesible á los pilotos; y

si bien es cierto que no corrigieron todas sus imperfecciones, tambien lo es que uno ú otro fijaron su atencion en ellas, y que ambos introdugeron las buenas prácticas en todo lo relativo á la construccion y exámen de las agujas, y á la determinacion de su variacion ó desvío del meridiano: cosas de grandísima importancia en la navegacion. Por lo demás, la general aceptacion que tuvieron los escritos de estos dos cosmógrafos, tanto dentro como fuera de España, es prueba suficiente de un reconocido mérito.

Mientras que Medina y Cortés se dedicaban á propagar el Arte entre los navegantes, otro cosmógrafo distinguido contribuia, por medio de la enseñanza, á fijar el procedimiento que debia seguirse para perfeccionar la navegacion astronómica. Hablo de D. Alonso Santa Cruz, persona de fecundo ingenio y de grande laboriosidad, cuyos escritos no llegaron á publicarse, por lo que algunos se han perdido: pero de la lectura de uno de los que se conservan inéditos, titulado *Libro de las longitudes.....*, se deduce que Santa Cruz fué el primero que trazó una carta de variaciones magnéticas, y que conocia todos los métodos que, en su tiempo, se empleaban para la determinacion de la longitud geográfica y los principios fundamentales de los que hoy se emplean, incluso el de las distancias lunares, ya propuesto por Werner. Todo, en el libro citado, está discutido con admirable sagacidad; y de esta discusion deduce el distinguido cosmógrafo, que para obtener resultados de confianza era indispensable construir instrumentos grandes y exactos, arreglar las tablas de los movimientos del Sol y de la Luna para un meridiano determinado, y rectificar la situacion de las estrellas. No es posible indicar

de un modo mas explícito la direccion que debia darse al estudio de la Astronomía práctica, como se le dió despues con la creacion de observatorios fijos.

No falta quien crea que Santa Cruz, conociendo los defectos de las cartas planas, llegó á construir algo parecido á una carta esférica ó reducida; pero á mí me parece que semejante creencia no se apoya en fundamento sólido; y, áun admitiendo el hecho como cierto, lo es igualmente que los navegantes lo desconocieron, y que Santa Cruz ignoraba completamente la teoría matemática de las cartas esféricas. Si realizó la construccion de alguna, sería por mero tanteo.

Ni los tratados de Falero, de Medina y de Cortés, ni las lecciones de Santa Cruz lograron que el Arte de Navegar saliese de la infancia. Afortunadamente, para disipar ciertas dudas de un navegante portugues, se dedica á su estudio el célebre Pedro Nuñez, profesor de la Universidad de Coimbra, y, examinando sus principios á la luz de las Matemáticas, crea el Pilotaje geométrico, discute con maestría algunos problemas del astronómico, forma una gran unidad con elementos que apénas tenian trabazon ni enlace, y produce un cuerpo de doctrina cuyo desarrollo dependió ya exclusivamente de los adelantos de las Ciencias matemáticas y físicas.

La obra de Nuñez, *De arte atque ratione navigandi*, impresa en Coimbra, primero en 1546, y despues en 1573, corregida de muchos errores que, *librariorum inscitia*, contenia la edicion primitiva, sobresale entre todas las de su siglo y forma época en la historia de la Náutica por su espíritu eminentemente geométrico, por el severo

exámen de todas las prácticas admitidas, y por ser la primera que dió á conocer la naturaleza de la línea del rumbo, cuya teoría es el fundamento de la Navegacion.

Ya era Nuñez conocido por su ingenioso método de subdividir la graduacion de los instrumentos astronómicos; por su solucion del problema del mínimo crepúsculo; y por otros escritos que le habian granjeado, con justicia, la reputacion de gran geómetra: confirmóla su Tratado de Navegacion, en el que no puede verse sin pena que, por una de esas inadvertencias á que están expuestos aún los hombres más eminentes, se limitase nuestro geómetra, para corregir los errores de la carta plana, á proponer la formacion de una tabla loxodrómica, legando á otros, por mera distraccion sin duda, la gloria de exponer la verdadera teoría de la curva de aquel nombre, y la de las cartas esféricas ó reducidas, que se desprenden sin gran esfuerzo de sus mismas consideraciones.

Las obras de Nuñez son las únicas de carácter científico que produjo la Península durante el siglo XVI. Con ellas terminó el breve período de nuestro magisterio en la Náutica; y, como si el génio matemático de Españoles y Portugueses se hubiese reconcentrado y agotado en el ilustre profesor, caimos en un profundo abatimiento científico que duró cerca de dos siglos, durante los cuales desdeñamos el estudio de las Ciencias matemáticas y físicas, nos inhabilitamos para seguir la senda trazada por nuestro célebre compatriota, y del rango de maestros descendimos al de discípulos de los mismos extranjeros á quienes habíamos enseñado los principios fundamentales de la Navegacion.

No obstante las desventajosas circunstancias en que

nos colocara nuestro inexplicable abandono, la afición á los estudios náuticos estaba tan generalizada entre todas las clases de la sociedad, que continuó produciendo obras muy apreciables; y si bien es verdad que en ellas no se habla de la corredera ni de las cartas esféricas ó reducidas, importantes perfeccionamientos introducidos en el Arte de Navegar, hasta más de medio siglo despues que ambas cosas eran de uso corriente entre los extranjeros, tambien lo es que nuestros Cosmógrafos, aprovechando algunos resultados astronómicos obtenidos fuera de la Península, y comentando, con más ó ménos acierto, las lecciones de Santa Cruz, los escritos de Nuñez y los de otros restauradores de las Ciencias, contribuyeron á mejorar las prácticas del Pilotaje.

Siento mucho que la corta extension de un discurso no me permita entrar en el análisis de todas las obras que constituyen nuestra literatura náutica desde Nuñez hasta fines del siglo XVII, que he procurado reunir con solicitud y estudiar con detenimiento; mas no pasaré adelante sin consignar aquí los nombres de D. Andrés de Poza (1), Diego García de Palacios (2), Pedro de Syria (3), Andrés García de Céspedes (4), Antonio de Nájera (5), D. Lázaro de Flores (6) y D. Antonio de Gaztañeta (7), que son los

---

(1) Tratado de Hidrografía. Bilbao, 1585.

(2) Instruccion náutica para el buen uso y regimiento de las Naos. Méjico, 1587.

(3) Arte de la verdadera navegacion. Valencia, 1602.

(4) Regimiento de navegacion. Madrid, 1606.

(5) Navegacion especulativa y práctica. Lisboa, 1628, y Madrid, 1669.

(6) Arte de navegar, navegacion astronómica, teórica y práctica. Madrid. 1673.

(7) Norte de la navegacion. Sevilla. 1692.

autores de las más notables, como una prueba del respeto que me inspiran la ilustracion de unos, el talento de otros y la laboriosidad de todos.

Así llegamos al siglo XVIII, en el que nuestros Marineros reivindicaron para nuestra patria el puesto de honor en la historia de las Ciencias náuticas, é inauguraron con sus importantes trabajos la época que puede llamarse, con toda propiedad, del renacimiento de los buenos estudios matemáticos y físicos en la Península.

## II.

Los antiguos astrónomos tuvieron idea muy imperfecta de la magnitud de la Tierra. Satisfechos con poseer el principio que sirve de base á su determinacion, no pusieron grande empeño en obtener datos seguros para la aplicacion del mismo, ni en proporcionarse medios adecuados á la importancia del problema: y tanto por esto cuanto por la dificultad de conocer exactamente la longitud de las antiguas medidas itinerarias, sus trabajos ó ensayos geodésicos, lo mismo que los de los astrónomos árabes, fueron completamente inútiles para la ciencia.

Ôcupados los modernos en investigaciones sobre el Sistema del Mundo, transcurrieron los siglos XV y XVI, sin que á nadie le ocurriese emprender la determinacion científica de la magnitud de nuestro globo: pues no merece tal nombre el tosco procedimiento empleado con tal objeto por Fernel, quien, por una extraña compensacion de errores, halló, sin embargo, un resultado muy aproximado al verdadero; y á principios del siglo XVII, mientras los astrónomos y los que no lo eran discutian apasionadamente

sobre el movimiento de la Tierra (1), Snell, con el objeto de conocer su magnitud, emprendió en Holanda la medición de un grado de meridiano: primera operación de esta naturaleza, ejecutada con medios y por procedimientos proporcionados, hasta cierto punto, á su dificultad é importancia.

El resultado, que se publicó en 1617, en una obra cuyo título es *Eratosthenes Batavus*, dió, como extensión del grado, 55.021 toesas.

Norwood, en 1635, y Riccioli, en 1651, llevaron también á cabo, el primero en Inglaterra y el segundo en Italia, la medición de un grado de meridiano; y, siguiendo casi los mismos pasos de Snell, hallaron respectivamente, como resultado de sus operaciones, 57.800 y 62.650 toesas.

La enorme discordancia de estas varias determinaciones dejó subsistente la incertidumbre sobre el tamaño de nuestro globo; pero avivó el deseo de conocerlo: y como el asunto era de tanto interés para la Navegación y la Geografía, la Academia de Ciencias de París promovió en 1669 una nueva medición de un grado de meridiano, verificada por Picard, quien dedujo que la extensión debía ser de 57.060 toesas. Este resultado, por las circunstancias que concurrían en Picard, por los medios de que dispuso, y por la delicadeza con que practicó las operaciones, fué reputado como de completa confianza; y en consecuencia se miró desde entonces como cosa averiguada la magnitud de la Tierra.

---

(1) Véase el apéndice núm. 1.

Todos los astrónomos creían, á la sazón, en la perfecta esfericidad de nuestro globo; pero en esto llega á Europa la noticia de una muy importante observacion hecha por el astrónomo Richer en su viaje á las regiones ecuatoriales: á saber, que la longitud del péndulo de segundos era menor en Cayena que en París; y tan extraña novedad, confirmada poco despues por otros observadores, reveló que los cuerpos pesan ménos en el ecuador que en las altas latitudes, é indujo á sospechar que la Tierra podria no ser exactamente esférica, ó que los grados de meridiano tal vez fuesen desiguales. Para averiguarlo, la Academia de Ciencias de París propuso la medicion del arco de meridiano que atraviesa la Francia: empresa que, aprobada por Luis XIV, fué encomendada al astrónomo Cassini en 1683.

Newton, en 1687, y Huyghens, en 1690, explicaron satisfactoriamente el fenómeno observado por Richer, presentándolo como una consecuencia de la rotacion de la Tierra y de la fuerza centrífuga que de dicha rotacion resulta: en cuya virtud la Tierra debe tener la figura de un elipsoide aplanado hácia los polos, y pesar los cuerpos en éstos algo más que en el ecuador; pero ésta teoría, que pareció confirmada con el descubrimiento del aplanamiento polar y de la rotacion de Júpiter, se hallaba en oposicion con las consecuencias inferidas de las operaciones geodésicas verificadas por Cassini.

En la medicion del arco de meridiano frances cometieron graves errores, que falsearon notablemente los resultados obtenidos, hasta el punto de que los valores de cada grado de meridiano disminuian conforme aumentaba la latitud correspondiente: de donde dedujo Fontenelle,

por un raciocinio vicioso, que la Tierra debía ser un elipsoide aplanado hácia los polos. Mas advertido por Cassini y por el mismo Fontenelle el error lógico de aquel razonamiento, invirtiéndose naturalmente la consecuencia, y se concluyó de los trabajos del primero, á tanta costa realizados, que la Tierra debía tener la figura de un elipsoide aplanado en torno del ecuador: lo cual estaba en completo desacuerdo con las consecuencias deducidas por Newton y Huyghens de la teoría de la fuerza centrífuga. Pero era tan grande y tan merecida la reputacion de Cassini, que los astrónomos ni áun sospecharon que hubiese error en sus determinaciones; y muchos adoptaron las consecuencias de éstas, y miraron como definitivamente conocidas la magnitud y la figura de la Tierra, tales como resultaban de los trabajos realizados en Francia.

La grande autoridad de Newton y de Huyghens, y la no ménos respetable de los astrónomos franceses, produjeron honda division en el mundo científico; y despues de perderse mucho tiempo en estériles disputas y en apasionadas discusiones, el mismo Cassini, cuyos errores habian sido la causa del conflicto, sugirió á la Academia de Ciencias de París el único medio de resolver la árdua cuestion de la figura de la Tierra: el de medir dos grados de meridiano en parajes muy distantes, uno bajo el ecuador y otro tan próximo al polo boreal cuanto fuese posible.

Aceptado por la Academia de Ciencias de París y aprobado por el Gobierno frances el proyecto de Cassini, se organizaron dos Comisiones: la una recibió el encargo de medir un grado de meridiano bajo el círculo polar ártico; y la otra el de practicar la misma operacion en el ter-

itorio de Quito, perteneciente al antiguo reino del Perú, que formaba entónces parte integrante de los dominios españoles. Por esta circunstancia hubo que solicitar el permiso de nuestro Gobierno para instalarse y operar en aquellas regiones; y éste al concederlo quiso, como era natural, que España tomase tambien parte en la empresa. Con tal fin se ordenó á los Comandantes y Directores de Guardias-marinas, «que eligiesen dos personas en quienes concurrieran, no solo las condiciones de buena educacion, indispensables para conservar amistosa y recíproca correspondencia con los académicos franceses, sino la instruccion necesaria para poder ejecutar todas las observaciones y experiencias conducentes al objeto, de modo que el resultado fuese fruto de sus propios trabajos, con entera independencia de los que hicieran los extranjeros.» La eleccion recayó en los guardias-marinas D. Jorge Juan y Don Juan García del Postigo; pero dilatándose la llegada de éste, que á la sazón estaba navegando, fué nombrado en su lugar D. Antonio de Ulloa, guardia-marina tambien.

El resultado de la campaña científica de nuestros marinos, que duró once años, desde 1735 hasta 1746, es el asunto de una obra, dividida en dos partes, que se imprimió en Madrid, y cuya publicacion empezó en 1748. La primera parte, escrita por Ulloa bajo el título *Relacion histórica del viaje á la América meridional.....* contiene la historia y sucesos del viaje, mapas, descripciones de paises y noticias de todo lo particular y notable que advirtieron los viajeros en el territorio por donde transitaron. La segunda, cuyo título es *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. M. en los reinos del Perú.....* corrió

á cargo de D. Jorge Juan, y contiene los trabajos científicos ejecutados por los dos jóvenes expedicionarios, ya separados, ya unidos, ya asociados á los académicos franceses.

Si interesante es, por más de un concepto, la primera parte, ó sea *Relacion histórica* de Ulloa, lo es mucho más la segunda, por el gran número de cuestiones científicas de actualidad que D. Jorge Juan analiza con el mismo aplomo, circunspeccion y sagacidad que emplea para exponer y discutir sus observaciones y experiencias, comparar el resultado de ellas con los que dieron las verificadas en Europa, y resolver la árdua cuestion de la magnitud y figura de nuestro globo. Con la nueva definicion y dimensiones de éste, que se acababan de obtener, procede en seguida al cálculo de una nueva tabla de partes meridionales que aplica á la práctica de la navegacion sobre el elipsoide terrestre, dedicando á tan interesante materia el libro noveno y último de la obra (1).

Nombrado D. Jorge Juan en 1751 Capitan de la Compañía de Guardias-marinas, se dedicó á mejorar la enseñanza que se daba en la Academia, y publicó en 1757 su *Compendio de Navegacion*, con el que dió al Arte un aspecto enteramente nuevo, sometiendo, como Nuñez, á un severo exámen todas sus prácticas, y corrigiendo las muchas y graves inexactitudes de que adolecian, y en las cuales nadie antes de él habia reparado.

Como esta obra, hoy muy poco leida, tiene el mérito de ser la que desterró las prácticas rutinarias, creo que debo ocuparme en examinarla con algun detenimiento, haciendo

---

1) Véase el apéndice, núm. 2.

notar aquello en que difiere de todas las que á la sazón eran conocidas.

Después de tratar con mucha extensión de la construcción de las cartas plana y esférica, explicando sus fundamentos, y de exponer el uso de ambas, tal como se había estilado hasta entónces, manifiesta los errores que se cometen en la resolución de algunos problemas, y propone métodos fáciles y exactos, practicables con solo reformar las líneas de rumbos trazadas en las cartas, y las cuales no servían más que para crear confusión y producir inexactitudes.

Al exponer el método de la *mediana paralela ó latitud media*, tal como lo empleaban todos los navegantes, demuestra sus errores, y prueba que la diferencia en longitud, deducida por él, es siempre menor que la verdadera. Y después de advertir los casos en que el error es despreciable, y aquellos en que puede ser de consideración, pasa á la determinación exacta de la diferencia en longitud por el método de las partes meridionales, y por el conocido teorema de Halley.

Después de explicar también el método que practicaban los marinos para reducir las derrotas compuestas á simples, demuestra que en general es erróneo, y que sólo en determinados casos producirá un resultado verdadero. Examina las circunstancias en que el error puede ser un máximo, y manifiesta que puede llegar hasta veinte minutos en la navegación de un día, y á muchos grados en la de cuatro ó seis.

El método que, desde muy antiguo, habían adoptado los pilotos para determinar la alteración producida por las

corrientes del mar, en el camino que se discurre hacer, era tan defectuoso, que daba errores hasta de  $4^{\circ} 21'$  en una derrota de solos cinco dias. Calcúlese, pues, la importancia de las modificaciones propuestas por nuestro autor, y perfectamente razonadas en su obra.

La teoría, construccion y uso del octante de reflexion, inventado pocos años ántes por Hadley, son objeto de estudio muy detenido, por resultado del cual corrige nuestro autor, no sólo la mala explicacion que daban de algunas propiedades del instrumento todos los autores que habian tratado de él, y que inducia á graves errores, particularmente sobre el movimiento que se le debe comunicar para conocer si se tiene ó no el plano del octante en el vertical del astro observado, sino tambien el método, esencialmente vicioso, empleado por los constructores ingleses para colocar los dos espejos perpendiculares al plano del instrumento, y que tan fatales consecuencias podia producir.

Y, bajando todavía más la mano á los detalles, explica el modo de llevar el diario en la navegacion; y al ciego tanteo que estaba en práctica para reducir á uno ó dos los varios rumbos y distancias que se corren en el tiempo de una guardia, tan expuesto á graves errores, sustituye un procedimiento exacto deducido del cálculo analítico.

El compendio de D. Jorge Juan prestó un señaladísimo servicio á los marinos, porque les acostumbró á trabajar con precision, y les dió á conocer las ventajas que resultaban de abandonar métodos antiguos de puro tanteo, por otros más conformes á los principios de la Geometría; pero

á los pocos años de publicado era ya insuficiente, porque los rápidos adelantos de las ciencias fisico-matemáticas y de las artes mecánicas, y las aplicaciones que de ellas se hicieron á la Navegacion, produjeron, en muy poco tiempo, métodos utilísimos enteramente nuevos. El famoso problema de las longitudes, que aún no se habia resuelto cuando escribió D. Jorge Juan, llegó á serlo por los relojes marinos en toda navegacion de un par de meses, y con la mayor generalidad por las distancias de la Luna al Sol y á las estrellas zodiacales, observadas con los excelentes instrumentos de reflexion que ya se construian á fines del siglo pasado; y el interesante problema de hallar la latitud, circunscripto al método de las alturas meridianas, se enriqueció con el procedimiento para deducirla por observaciones extrameridianas.

Con objeto de dar á conocer á nuestros marinos estas bellas aplicaciones de la ciencia, escribió D. José Mendoza y Rios su *Tratado de Navegacion*, que se imprimió en Madrid en 1787. Está dividido en dos partes: la primera de las cuales constituye un curso elemental y muy completo de Astronomía; y la segunda contiene toda la doctrina de la Navegacion geométrica y de la astronómica, expuesta de un modo que nada deja que desear.

El tratado de Mendoza granjeó á su autor grande y merecida reputacion como persona inteligente en la materia, como erudito y como matemático: lo cual equivale á decir que no sirvió para la gran generalidad de los marinos, y que sólo fué un libro de estudio y de consulta para los pocos que se hallaban en estado de leerlo. Mendoza, en efecto, no tuvo presente la extension de los conocimientos

matemáticos que, en su tiempo, adquirían los navegantes, ó no acertó á escribir para ellos; pero reparó superabundantemente esta falta, voluntaria sin duda, con su célebre *Coleccion de Tablas*....., producto de sus ingeniosas investigaciones, dirigidas á facilitar y mejorar la resolucion de todos los problemas de Navegacion y de Astronomía náutica, y principalmente el que trata de la determinacion de la longitud por medio de las distancias lunares, que logró reducir á inesperado grado de sencillez, sin riesgo de la exactitud razonable á que un navegante debe limitar sus aspiraciones.

El mayor elogio que puedo hacer de las *Tablas* de este sabio español, es decir que fueron desde luego universalmente adoptadas. Pues del ingenio con que están compuestas se formará idea cabal con solo saber que, despues de muy detenidamente examinadas por nacionales y extranjeros, se calificó de descuido del autor lo que, apurado más el asunto, ha resultado ser falta de perspicacia en los críticos y comentaristas.

Otra prueba del grande ingenio de Mendoza son las importantes modificaciones que introdujo en el círculo de reflexion, y que, realizadas por el gran mecánico inglés Troughton, pueden examinarse en un instrumento construido bajo su direccion inmediata, existente todavía en el Observatorio de Marina de San Fernando.

Mientras Mendoza estaba dedicado á la construccion, reforma y publicacion de sus Tablas, otros ilustrados oficiales de nuestra Marina se ocupaban con feliz éxito en perfeccionar el Pilotaje astronómico. Don Dionisio Alcalá Galiano presentó á los navegantes una solucion ingeniosa,

exacta y original del antiguo método de hallar la latitud por alturas extrameridianas de la Estrella Polar: método que desde luégo fue universalmente recibido, siglo y medio despues de haber sido abandonado, porque la solucion propuesta en tiempos anteriores por nuestros célebres cosmógrafos estaba destituida de todo carácter científico. El alférez de navío Don Francisco Lopez Royo, en una interesante *Memoria sobre los métodos de hallar la longitud en la mar.....*, discutió con inteligencia y habilidad los errores de que son susceptibles, dependientes de los que afectan á los elementos del cálculo. Don Gabriel Ciscar, en su *Explicacion de varios métodos gráficos.....*, introdujo una notable sencillez en las soluciones conocidas. Y Don José Luyando, en sus *Tablas lineales para resolver los problemas del Pilotaje astronómico.....*, simplificó aún más que Mendoza el cálculo de la longitud por observaciones de distancias lunares, conservando el mismo grado de exactitud.

Mas no era suficiente simplificar los métodos conocidos ni crear otros nuevos: lo indispensable era reformar la enseñanza de modo que, sin necesidad de grandes teorías ni de mucho aparato científico, pudieran los navegantes aprovecharse de la riqueza que habia acumulado un corto número de personas instruidas. Así lo conoció D. Gabriel Ciscar desde que, en 1788, fue nombrado Director de la Academia de Guardias-marinas de Cartajena; y, para conseguirlo, publicó un excelente tratado de Aritmética, otro de Trigonometría esférica y otro de Cosmografía, que despues le sirvieron de base para su incomparable *Curso de Estudios elementales de Marina*, dividido en cuatro partes, é impreso por primera vez en Madrid en 1803.

No conozco ningun tratado elemental más didáctico, ni de más amena exposicion, ni que, en igual volúmen, contenga tanta y tan sólida doctrina. Mencionaré únicamente, con verdadera admiracion por su sobresaliente mérito, la parte del mismo dedicada al Pilotaje: base de cuantos Tratados completos sobre el propio asunto se han publicado posteriormente en Europa y en América; y de los cuales solo difiere el de nuestro autor por la omision voluntaria de los procedimientos y artificios empleados en el exámen de todos los métodos conocidos, y para corregirlos ó simplificarlos, establecer reglas nuevas, modificar otras, y desterrar proposiciones innecesarias ó erróneas, admitidas como verdades geométricas por autores de nota: trabajo difícil y de gran mérito, que Ciscar tuvo que omitir por inaccesible á los cortos conocimientos matemáticos de las personas á quienes la obra estaba especialmente consagrada.

A pesar del ingenio y habilidad de Ciscar y de Mendoza, la determinacion de la latitud por dos alturas del Sol, y el intervalo de tiempo transcurrido entre ambas, era muy laboriosa, y no estaba al abrigo de fundadas objeciones: por lo cual ocupaba este problema la atencion de los geómetras y astrónomos más distinguidos. El astrónomo frances Delambre probó, con solidísimas razones, que se debia renunciar á los métodos indirectos, ó á todos aquellos en que entra la latitud de estima, ó en que se usa de latitudes supuestas; demostró que la práctica admitida de no llevar en cuenta la variacion de la declinacion del astro en el intervalo de las observaciones, y de emplear la declinacion correspondiente al instante que divide dicho

intervalo por mitad, puede producir en la latitud un error mayor que la expresada variacion de la declinacion; é hizo ver que ninguno de los métodos directos, propuestos por varios geómetras, era tan breve como la resolucion trigonométrica ordinaria: mas, al exponer ésta, incurrió en algunas inadvertencias que alteran la exactitud del resultado. La solucion discurrecida por Mendoza en la explicacion de sus Tablas tenia, entre otros defectos, el de dejar en ciertos casos al navegante en duda sobre la especie de su latitud, y expuesto á una incertidumbre de un grado en tan importante elemento. Y la propuesta por Mr. Dubourguet, capitán de navío de la marina francesa, adolecia de graves inexactitudes.

El estudio de los trabajos de Delambre, Mendoza y Dubourguet condujo á D. José Sanchez Cerquero á fijar su atencion en este interesante problema; y, despues de examinar y discutir con maestría los errores en que todos habian incurrido, presentó á los navegantes una solucion sencilla y de resultado exacto en todos los casos, que ha hecho innecesaria é inútil toda investigacion ulterior.

Los trabajos de nuestros Marineros para perfeccionar el Pilotaje ocuparán un lugar preferente en la historia de este ramo de las Ciencias náuticas. Don Jorge Juan completa su aspecto científico, y corrige todas las prácticas usuales á mediados del siglo pasado. Mendoza expone de un modo brillante los nuevos métodos, y los discute, analiza y simplifica del modo que es sabido. Luyando lleva la simplificacion á más alto grado. Galiano resuelve de un modo exacto y original el problema de la latitud por la

altura extrameridiana de la Polar. Ciscar examina con agudo ingenio todas las teorías y todas las prácticas, hasta las más triviales, y escribe un Tratado de Navegacion que, por el método, claridad y perspicua ilacion de ideas, jamás será anticuado. Sanchez Cerquero pone término á la controversia suscitada sobre el problema de la latitud por dos alturas. Y todos juntos imprimen al Pilotaje el carácter definitivo que ha adquirido hace más de medio siglo, y que tal vez ha de conservar perpétuamente.

No permanecieron ociosos los Portugueses durante el periodo que acabo de examinar: ni era de esperar que otra cosa sucediera; porque todo lo que se relaciona con los adelantos del Pilotaje es siempre objeto de preferente atencion en la patria de tantos y tan insignes navegantes.

Entre los bellísimos trabajos con que nuestros hermanos ilustraron la literatura científica, hay uno de suma importancia y trascendencia, que no debo dejar de mencionar, ya que los límites razonables de un discurso me impiden ocuparme de otros de ménos utilidad práctica. Hablo de la reforma y ampliacion de las efemérides astronómicas.

Tuvieron éstas por objeto primitivo proporcionar al navegante medios de obtener con prontitud su situacion en la mar; mas, poco á poco, fuéronse engrosando con varios artículos, útiles, en particular, al geógrafo y al astrónomo, y que llegaron á ser tambien necesarios al navegante, para facilitarle la aplicacion de los nuevos métodos discurdidos con aquel primordial objeto. La forma general de las efemérides era, sin embargo, tan imperfecta todavía á

finés del siglo pasado, que, para deducir de ellas resultados de la misma exactitud que los de las Tablas Astronómicas, habia que verificar, en la mayor parte de los casos, cálculos laboriosos. Era, á la sazón, profesor en la Universidad de Coimbra el célebre Monteiro da Rocha, cuyas Memorias astronómicas dieron gran celebridad á las efemérides que se calculaban en dicha Universidad, y granjearon á su autor el concepto de matemático distinguido y de astrónomo consumado. Pues á este esclarecido profesor se debe la primera idea de una reforma fundamental en las efemérides, que realizó en las de Coimbra en sus partes más esenciales, y cuyo desarrollo natural ha producido la forma que tiene hoy esta publicacion periódica, generalmente atribuida á los astrónomos ingleses.

La Escuela portuguesa coronó, pues, dignamente el edificio cuyos cimientos habia echado ella misma, y cuyas clásicas formas son obra casi exclusiva de los Marinos españoles.

### III.

El estado de la Arquitectura Naval era, á principios del siglo XVIII, simple resultado de tentativas y ensayos más ó ménos felices para probar las ventajas de una idea sugerida por la necesidad, ó remediar los inconvenientes que su adopción solia producir. La lentitud de sus adelantos, consecuencia necesaria de este procedimiento de puro tanteo, forma singular contraste con la rapidez de los mismos desde que la Mecánica se hubo constituido y perfeccionado, y se pudo así conocer que la buena fábrica y el expedito manejo de los Bajelos dependían de una discreta

aplicacion de los principios y leyes de dicho ramo de las ciencias matemáticas.

A mediados del siglo XVI empezó á cultivarse en Europa el estudio de la Mecánica, cuya doctrina se reducía hasta entónces á los trabajos del grande Arquímedes y á los conocimientos muy incompletos sobre las máquinas, que nos legaron los matemáticos de la escuela de Alejandría. Para enriquecer la ciencia, fué preciso que le consagrasen sus talentos los geómetras mas distinguidos (1); y que otros, de categoría inferior, intentasen utilizar los principios teóricos, descubiertos y demostrados por los primeros, para perfeccionar la construccion y manejo de las Naves, y explicar todos los movimientos de las mismas. La novedad del asunto y su misma considerable dificultad estimularon al célebre Huyghens, y á los Bernoulli, Mac-laurin y Bouguer á ensayar sus fuerzas en esta materia; y los resultados que obtuvieron nada hubieran dejado que desear, si á los grandes conocimientos teóricos y perspicacia suma de aquellos famosos matemáticos, hubiese acompañado la experiencia de las cosas de mar de que, desgraciadamente, carecian. Porque la falta absoluta de ésta fué causa de que todos juzgasen *á arbitrio de las operaciones del mar y de los marineros, atribuyéndoles hechos que jamás se han visto* (2), y de que adoptasen hipótesis de puro capricho y hasta destituidas de racional fundamento; de lo cual resultó lo que debia resultar: consecuencias absurdas y procedimientos de todo punto impracticables, que envol-

---

(1) Véase el apéndice, núm. 3.

(2) Prólogo del *Exámen Marítimo*.

vieron en densas tinieblas algunas verdades útiles, producto de colosales esfuerzos del génio.

El gran analista del siglo XVIII, Euler, se ocupó también del problema de la construcción y manejo de las Naves, y produjo, en 1749, su *Scientia navalis, seu tractatus de construendis ac dirigendis navibus*, que, si bien se resiente de la falta de conocimientos prácticos del autor, contiene sin disputa lo mejor y más completo que, en la parte especulativa, se habia escrito sobre tan complicada materia.

A los imperfectos resultados obtenidos por estos grandes matemáticos se reducian en la primera mitad del pasado siglo los conocimientos adquiridos sobre las aplicaciones de la Mecánica á la Navegacion, cuando D. Jorge Juan tomó el asunto por su cuenta, y demostró palpablemente, por la práctica de las cosas del mar que poseía, que no bastaba el más refinado análisis, sin el auxilio de la experiencia, para establecer sólidamente los fundamentos de una teoría que pudiese abarcar y explicar, en su conjunto y en sus pormenores, el intrincado sistema de movimientos á que está sujeta una Nave sometida á las acciones simultáneas del viento y de las olas. Las meditaciones del sábio marino español produjeron una reforma completa y radical en la teoría de la construcción y manejo de las embarcaciones; y el descubrimiento de graves errores cometidos por los eminentes geómetras que se habian ocupado de este asunto, y cuyas investigaciones se hicieron *para mares de delicias, no para los que pasan por encima de los narios, que los inundan y que los hacen perecer* (1).

---

(1) Prólogo del *Examen Marítimo*.

Los importantes trabajos de D. Jorge Juan están expuestos en la célebre obra cuyo título es: *Examen marítimo teórico práctico, ó Tratado de mecánica aplicado á la construccion, conocimiento y manejo de los navíos y demás embarcaciones*, impresa en Madrid en 1771. Consta de dos volúmenes, de los que el primero es un tratado completo de Mecánica racional (1), y el segundo una continuada y magnífica aplicacion de las teorías expuestas en el anterior al estudio del cuerpo de la Nave, de las fuerzas que pueden actuar sobre ella, de las resistencias y momentos que padece, de las *Machinas* que la mueven y gobiernan, y de la magnitud, figura y disposicion más convenientes de cada parte del Bajel, para que éste pueda resistir sin fracaso los tremendos lances que ocurren en el mar.

El asunto es, como se ve, tan complejo y difícil, que me sería preciso llenar muchas páginas si, para dar una idea del esmero con que está tratado y discutido, me ocupase en hacer un análisis minucioso de la obra: me limitaré, por lo tanto, á indicar el procedimiento seguido por el gran geómetra marino, extractando brevemente su parte expositiva: lo cual creo que será suficiente para que, áun las personas extrañas á la ciencia, conozcan y aprecien el fondo y mérito de la obra que á D. Jorge Juan caracteriza.

Lo primero que llamó la atencion de nuestro autor fué la falta de conformidad entre el andar de las Naves, tal como se deducia de la teoría, y el que resultaba de las experiencias. Bouguer habia calculado el máximo valor de la relacion entre la velocidad de la Nave y la del viento; y.

---

(1) Véase el apéndice, núm. 4.

segun ella, un Navío de los mas veleros, con todo su velámen y en popa ó con viento largo, casos que parecen indiferentes á Bouguer, no podia andar más que de tres á cuatro millas por hora, con un viento cuya velocidad fuese de 24 piés por segundo, cuando lo que realmente solia andar en semejantes circunstancias, era de nueve á once millas. Y para que la relacion de Bouguer produjese este andar, necesitábase atribuir al viento una velocidad de unos sesenta á setenta piés por segundo: casi la del huracan.

Al notar tan extraordinaria discordancia, creyó Don Jorge Juan que Bouguer habia cometido alguna equivocacion en sus cálculos; mas, examinados éstos y deducidas nuevas fórmulas, el resultado apénas discrepó del precedente. Pues segun ellas, para que un Navío, navegando de bolina, pudiese andar tan solo seis millas por hora, como andaban muchos en circunstancias ordinarias, era preciso que soplase el viento con velocidad de algo más de setenta pies por segundo, y suponer que el Navío llevaba todo su aparejo: cosa completamente irrealizable con viento tan furioso.

En vista de esto, determinó D. Jorge Juan practicar por sí mismo las experiencias necesarias para determinar la velocidad del viento y su relacion con la de las embarcaciones, y obtuvo los siguientes, tan notables como inesperados, resultados. 1.º Que cuando el viento corre de 18 á 20 piés por segundo, ya se ven las Naves, yendo á viento largo, precisadas á ir recogiendo velas, por temor de romper las vergas ó los masteleros: lo cual hacia de todo punto inadmisibile la condicion exigida por Bouguer de que pudieran llevar todo el velámen con un viento cuya

velocidad fuese de veinticuatro piés por segundo de tiempo. 2.º Que las embarcaciones, corriendo el viento largo ó fresco, andan casi lo mismo que el viento: cosa que debió sorprender á los que creían que la velocidad del viento era infinita respecto á la de la embarcacion. Y 3.º Que ya no podia pensarse en conceder más de veinticuatro piés de velocidad al viento, para que un Navío anduviese once millas por hora.

Estas experiencias no dejaron la menor duda sobre que la teoría de los géometras era falsa, ó, por mejor decir, los principios en que la teoría se fundaba: necesitábase, pues, examinarlos y discutirlos de nuevo: trabajo árduo, que nuestro autor emprendió y llevó á término feliz, obteniendo por resultado lo que nadie podia esperar (1). Porque, en primer lugar, halló que la fuerza del agua corriente, sobre una tabla expuesta á ella, era, en unos casos, cuatro, y en otros hasta ocho veces mayor que la admitida por los físicos; pues no solo depende la fuerza de la magnitud del área chocada, como hasta entónces se habia creído, sino de su mayor profundidad en el fluido: observacion de suma importancia, y que alteraba esencialmente todo lo hasta entónces calculado; y, en segundo, se convenció de que las resistencias no seguían la ley de los cuadrados de las velocidades de los flúidos y de los cuadrados de los senos de los ángulos con que estos inciden sobre las superficies, como se creia generalmente, sino más bien la de las simples velocidades y senos de los expresados ángulos.

---

(1) Prólogo del *Exámen Marítimo*.

Persuadido ya el autor del error que se padecía en lo concerniente á las resistencias, faltaba una teoría que representase fielmente los hechos por él observados; y tuvo que crearla y la creó en efecto, tomando por fundamento de ella la relacion entre la velocidad con que sale el agua por una abertura practicada en el vaso que la contiene, y el peso que soportára la superficie que la tapase, y halló la nueva é importante ley expuesta extensamente y con admirable claridad, en el libro 2.º del tomo I.

Confirmada la verdad de la nueva ley por experiencias en pequeñas superficies, fué necesario, para que las causas accidentales de variacion ó modificacion se revelasen con mayor claridad, comprobar su grado de exactitud por observaciones ó experimentos en grande escala; y, con este objeto, D. Jorge Juan la aplicó inmediatamente al andar de las Naves, y halló que éstas deben andar, segun su teoría, lo que realmente andan, tanto en popa como con viento largo y de bolina; y ¡sorprendente resultado! que no solo andan algunas con viento largo casi tanto como el viento, sino más que éste todavía: paradoja extraña en concepto de muchos, y que sin embargo resultó demostrada, no en los términos que lo creyó Bernoulli, esto es, de que se pudiese largar casi infinita vela, lo cual es un imposible en la práctica, sino en términos de hecho ó de lo que sucede con muchas embarcaciones.

Descubierto ya el error de principio, de donde procedía la diferencia entre las velocidades teóricas y las observadas en los Navíos, quedó tambien explicada la falta de correspondencia entre los hechos y todas las deducciones teóricas obtenidas por los géometras. Puesto que los fun-

damentos eran falsos, debian serlo tambien las consecuencias; y como á esto se agregaba el error en que se incurria creyéndose indiferente considerar al flúido en reposo y al cuerpo flotante en movimiento, ó al primero en movimiento y á éste en reposo, toda la teoría estaba viciada; y, por lo tanto, era indispensable una nueva y concienzuda exposicion de la misma, para corregir los absurdos que los falsos supuestos producian en los ángulos que debe formar la vela con el viento y con la quilla, en la accion y efectos del timon, en la deriva, en el aguante de vela, en el balance y cabezada, en suma, en todas las acciones y movimientos del Bajel, y en la disposicion, forma y dimensiones más adecuadas de las partes que lo constituyen.

Tales son las árduas cuestiones de que trata el *Examen Marítimo* de D. Jorge Juan: verdadero monumento científico, y modelo permanente de la marcha que debe seguirse para llegar á la explicacion de los fenómenos más complejos que puedan presentarse en el estudio de la Naturaleza.

El *Examen Marítimo* fué recibido en Europa con el aprecio que merecia; y Mr. Levêque, Hidrógrafo y profesor de Matemáticas en Nantes, publicó en 1783 una traduccion francesa de todo el Tratado, enriquecida con un breve comentario: lo cual contribuyó mucho á generalizar el conocimiento de la obra en todas las naciones marítimas.

Encargado D. Gabriel Ciscar de explicar en Cartagena un curso completo de Matemáticas, eligió como texto para las lecciones de Mecánica los dos primeros libros del *Examen Marítimo*; y, obligado á repasar cuidadosamente los cálculos y consideraciones metafísicas del autor, halló al-

gunos descuidos que no advirtió el traductor francés. Nuevos trabajos sobre la materia le convencieron de la necesidad que habia de conocer mejor esta sublime obra; y, ordenando los diversos resultados que, poco á poco, habia obtenido, á fuerza de asiduidad y de ingenio, comentando el libro de su célebre predecesor, se propuso hacer del *Exámen Marítimo* «un Tratado mucho mas extenso, cuyo estudio pudiesen emprender todos los que quisieran dedicarse á la Mecánica, con el objeto de aplicarla á cualquiera de los ramos á que se extiende esta ciencia casi universal.»

En el «*Exámen Marítimo* adicionado,» ofreció Ciscar al Rey «las primicias de sus estudios, y un testimonio del conato con que habia trabajado en el desempeño de su encargo;» y el extraordinario mérito de las adiciones y comentarios, que se publicaron en Madrid en 1793, y que forman el tomo I de la obra, basta para que todo español amante de las glorias nacionales deplore amargamente el conjunto de circunstancias desgraciadas que impidieron la publicacion de los tomos restantes, y produjeron luego la pérdida de los manuscritos que, como los del Tratado de Maniobra, tambien perdidos, eran, segun el parecer autorizado de un sábio (1) que logró examinarlos en vida del autor, un tesoro de ciencia y un monumento glorioso y de legítimo orgullo para nuestra patria.

---

He concluido, Señores, y era ya tiempo de concluir. Por grande que sea vuestra benevolencia, la he sometido

---

(1) El Sr. D. José Sanchez Cerquero.

á tan dura prueba, que toda la habré menester para que me perdoneis la monotonía y aridez de mi trabajo, y el desaliño inevitable de este pobre discurso. Dispensadme: pues, en mi posición, ni podía dejar de hablaros de la Marina española, bajo de algun aspecto considerada, ni, propuesto el tema, cabía desenvolverle en breve espacio. Fácil me hubiera sido amenizar el discurso refiriéndoos las heroicas empresas de nuestros intrépidos hombres de mar: de los que pasearon el estandarte real de España por todo el ámbito de la Tierra, y derramaron por doquier la luz bienhechora y santa, y la fecunda semilla del Evangelio; pero yo no he querido, ni aún intentado, cantar las glorias del hombre, que por sí solas se cantan y celebran, sino las del sábio, que se olvidan pronto y cuyos trabajos suelen no comprenderse ni ménos agradecerse nunca.

Aunque España y Portugal perezcan, y la dulce habla de Camoens y el varonil acento de Ercilla se amortigüen y extingan poco á poco, hay una cosa que no puede perecer ni olvidarse jamás: la importancia de los servicios prestados por los Marinos españoles y portugueses á la causa de la verdadera civilización del mundo: la fama de las atrevidas expediciones emprendidas y llevadas á término feliz, á impulso de la honra nacional y de la fé religiosa, por los habitantes de esta solitaria extremidad de Europa, que los mares Mediterráneo y Atlántico amorosamente ciñen y acarician. Y dignos son también de imperecedera memoria los ilustres Cosmógrafos que descubrieron y divulgaron los principios fundamentales de la Navegación; que prepararon con sus meditaciones y escritos aquellos viajes marítimos de índole legendaria; y cuyos libros,

¡vergüenza causa decirlo! yacen sepultados en el polvo de los archivos, si no es que alguno de ellos se ha perdido para siempre. Prescindamos por un momento de lo que estos hombres hicieron con la pluma: y el timon del marino quedará inerte; y la espada del conquistador no tendrá ocasion de brillar en remotas tierras y abrasados climas; y el celoso misionero no podrá lanzarse por océanos desconocidos, para llevar á pueblos sepultados en las tinieblas del error, la antorcha de la fé y los beneficios de la civilizacion y de las ciencias.

En todas partes y á todas horas se ensalzan las hazañas deslumbradoras del guerrero y los triunfos del osado navegante: iniquidad sería no consagrar en este modesto templo de las ciencias, y en ocasion como la presente, un recuerdo de gratitud y de respeto á los preclaros varones que pusieron su inteligencia al servicio de la misma noble empresa; puesto que, merced á ellos, se ha conseguido dominar el proceloso mundo de las aguas, contemplar de cerca la magnificencia de las obras de Dios y penetrar las maravillas de lo profundo!—Este deber he procurado cumplir en la escasa medida de mis fuerzas.—HE DICHO.

## APÉNDICE NÚM. 1.

---

Sobre el movimiento de rotacion de la Tierra. (Véase la pág. 21.)

---

El objeto de estos apuntes es dar una idea de la célebre controversia sobre el movimiento de la Tierra, que se enlazó despues con la no menos célebre acerca de la magnitud y figura de la misma, á las personas que no hayan podido dedicarse al estudio detenido de este complicado asunto.

La Astronomía fué la primera de las ciencias físicas que, al terminar la Edad Media, llamó la atencion de los hombres ilustrados, quienes pudieron estudiar en las obras de Hiparco y Ptolemeo toda la doctrina que la Europa heredó de la sábia antigüedad.

En el siglo XIII se advirtió que las tablas del Almagesto estaban en desacuerdo con las observaciones, y en el XIV se vió que tambien lo estaban las que el Rey D. Alfonso el Sábio habia hecho calcular en el siglo precedente: de lo cual se dedujo que los astros no obedecian á las leyes enunciadas por Ptolemeo, y que la ciencia no estaba en posesion del verdadero sistema del mundo.

A mediados del siglo XV, el Cardenal de Cusa resucitó la doctrina pitagórica del movimiento de la Tierra; la enseñó con aprobacion de los Papas Nicolás V, Calixto III y Pio II; y explicó con ella algunas de las apariencias celestes.

Juan Alberto Widmanstadt enseñó tambien, á principios del siglo XVI, la doctrina del movimiento de la Tierra, y la explicó en los jardines del Vaticano *al Pontífice Clemente VII; á los Cardenales, Franciotto Orsini y Giocanni Salviati; al Obispo de Viterbo, Gian Pietro Grassi; y á Matheo Coste*, médico del Papa.

Cellio Calcagnini, filósofo, poeta y astrónomo italiano, que falleció en Ferrara en 1541, publicó, algun tiempo ántes de su muerte, bajo los auspicios del Cardenal Ippolito d'Este, un folleto titulado: *Quomodo cælum stet, terra autem moveatur, vel de perenni motu terræ commentatio*; el cual se reimprimió en la edicion posterior que se hizo de todos sus escritos en Basilea, año de 1544.

En 1543, cediendo á las vivas instancias de Nicolás Schonberg, Cardenal de Cápua, y del Obispo de Culm, publicó Copérnico su inmortal obra *De revolutionibus orbium cælestium*, que dedicó al Papa Paulo III, y en la que expuso muy detenidamente el sistema astronómico de su nombre, y explicó con admirable claridad todas las apariencias observadas en los movimientos de los cuerpos celestes.

La buena acogida que los Pontífices y las personas eclesiásticas constituidas en dignidad dispensaban á los sostenedores de la doctrina pitagórica, prueba suficientemente que nadie hacia caso de los argumentos que, apoyados en el sentido literal de algunos textos de la *Biblia*, presentaban los adversarios de la teoría del movimiento de la Tierra. El mismo Copérnico juzgó tan poco atendibles las razones de estos impugnadores que no quiso detenerse á refutarlas á su vez, y despreció como temerarios sus juicios en materia de que solo pueden juzgar los hombres entendidos en matemáticas: porque *Mathemata mathematicis scribuntur*.

Mas Copérnico, que así hablaba de los adversarios de la nueva teoría, cuando se presentaban en terreno extraño á la ciencia, dió importancia á ciertas objeciones que se aducian, desde Ptolemeo, contra el movimiento de la Tierra, y se dedicó á desvanecerlas en su obra.

La principal de ellas, á juicio de Ptolemeo incontestable, es la siguiente: «Si la Tierra girase sobre su eje en veinticuatro horas, los puntos de la superficie adquirirían una velocidad inmensa; y de su rotacion nacería una fuerza de proyeccion que sacaría de su sitio y lanzaría por los aires hasta los cimientos de los edificios más sólidos.»

Copérnico no acertó á desvirtuar este argumento fundado en una errónea apreciacion de los efectos de la rotacion terrestre; pero fué un bien para la ciencia que él creyese haberlo conseguido con solo establecer una sutil y falsa distincion entre el movimiento *natural* y el movimiento *violento*, porque esta creencia equivocada le mantuvo felizmente en el camino de la verdad.

A los pocos años de publicado el tratado *De revolutionibus.....*, se ocupó incidentalmente de él nuestro compatriota el gran geómetra Nuñez, quien, con mayores y más sólidos conocimientos matemáticos que Copérnico, impugnó y corrigió algunos errores graves en que éste había incurrido al exponer, en el libro I de su obra, las teorías matemáticas que debían servirle en los sucesivos. Mucho contribuyó la impugnacion del geómetra lusitano á disminuir la reputacion de Copérnico como matemático; y tanto por esta circunstancia, cuanto por el poco aprecio que hizo de la doctrina del movimiento de la Tierra un hombre como Nuñez, se principió á mirar con desconfianza el nuevo sistema; y entónces se vió, como se ve ahora y como se

verá siempre, el influjo que, aún en las ciencias, ejerce la autoridad de un solo hombre; y que la mayor parte de las personas que con más calor ensalzan el espíritu de exámen y la libertad de pensar, apénas son otra cosa más que el eco de opiniones ajenas.

Muchas de las Universidades de Europa, siguiendo el ejemplo dado por la de Salamanca, adoptaron la obra de Copérnico como texto para la enseñanza: lo que en nada contribuyó á aumentar el número de los partidarios de las nuevas ideas; porque si estos alegaban la evidente falsedad del sistema de Ptolemeo, ámpliamente demostrada por su falta de conformidad con las apariencias del cielo y de correspondencia con las observaciones, en cambio no sabian dar solucion satisfactoria á ciertos argumentos de los adversarios, cuyo número se aumentó, por tal razon, con el de aquellos que, extraños á la ciencia, creian ver una contradiccion entre la doctrina del movimiento de la Tierra y el sentido de algunos textos de las *Sagradas Escrituras*.

Tal era el estado de las cosas, cuando *dos hombres eminentes del protestantismo* se alistaron en las filas de los adversarios del movimiento de la Tierra. Uno fué el gran astrónomo Tycho-Brahe, á quien la ciencia debió importantes adelantos y descubrimientos; y el otro Francisco Bacon, el autor de las tan conocidas obras, *Novum organum sive Indicia vera de interpretatione nature* y *De dignitate et augmentis scientiarum*.

El estudio de Copérnico persuadió á Tycho-Brahe de la inexactitud del sistema de Ptolemeo; pero no le persuadió igualmente de la completa veracidad del sistema copernicano. Y cediendo á la fuerza de algunos argumentos ideados en contra de ambos, se declara en conjunto adversario de los dos y defensor de uno y otro en parte; y crea así, tomando de ellos lo que le pareció más racional y admisible, el sistema de su nombre. Lo mismo que Copérnico, admitió Tycho que los planetas giran alrededor del Sol; pero, considerando el movimiento de la Tierra como un absurdo físico, la supone inmóvil é imagina que en torno suyo giran el Sol y cuantos otros cuerpos pueblan el firmamento: con lo cual destruyó la unidad y sencillez, que constituyen la belleza, y hasta la mejor prueba de verdad, del sistema copernicano. Mas como el suyo, aunque bastardo, explicaba tambien todas las apariencias celestes, y no estaba expuesto á las objeciones, en cierto modo, alarmantes, del de su predecesor, fué recibido con grande aceptacion en toda Europa.

La autoridad de Tycho y la reputacion de Bacon arrastraron y precipitaron en la senda del error á la mayor parte de los astrónomos; mas no por esto quedó desamparada la verdad, que tuvo tambien grandes é ilustradísimos defensores.

El inmortal Keplero, el primero que concibió la posibilidad de que existiese una ley general á que estuvieran sometidos los movimientos de todos los cuerpos celestes, comparó los dos sistemas que se disputaban la preferencia; y, juzgando que era una irregularidad en el de Tycho-Brahe el exceptuar á la Tierra de la ley comun á los demás planetas, se declara copernicano.

Copérnico, al exponer su sistema, creyó que la Tierra tenia un triple movimiento: ánuo ó de traslacion; diurno ó de rotacion sobre su eje; y otro, distinto de los anteriores, de que habla confusamente, y que él creia necesario para que se conservase el paralelismo del eje de rotacion. Keplero censuró á Copérnico por este movimiento supérfluo, que habia introducido en su teoría; y demostró que para nada se necesitaba, porque el paralelismo del eje de rotacion de la Tierra es consecuencia natural de la inercia de la materia.

Ademas, dueño Keplero del rico tesoro de observaciones que le habia legado Tycho Brahe, las examina y discute con paciencia sobrehumana y con sagacidad admirable; descubre las inmortales leyes que llevan su nombre; y con ellas condena á perpétuo olvido la teoría de los movimientos circulares, con sus excéntricos y epiciclos, que Copérnico habia conservado, siguiendo á Ptolemeo.

La suma sencillez del sistema copernicano, despues de estas importantes simplificaciones, no fué debidamente apreciada por los astrónomos, los cuales recibieron con frialdad, y hasta con desvío, los descubrimientos de Keplero; desconocieron su importancia; y no supieron utilizarlos para la defensa de la verdad.

El gran Galileo fué el que más contribuyó á divulgar la doctrina del movimiento de la Tierra. Convencido de la verdad del sistema copernicano, lo enseña, defiende y propaga en sus conversaciones y en sus escritos, fundándose en los buenos principios de la Mecánica, y en los argumentos de analogía que le suministraban sus propias observaciones; y esto le dió tanta celebridad, que su nombre llegó á ser objeto de general admiracion en Italia. Habiendo pasado á Roma en 1611, fué recibido por el Papa con inequívocas muestras de particular afecto; y los Cardenales, en cuyas casas exponia con plena libertad sus teorías, hablaban de él con tan verdadero entusiasmo que uno de ellos, el Cardenal del Monte, escribió al gran Duque de Toscana una carta en que se leen estas palabras: «Galileo, en los dias que ha estado en Roma, ha producido mucha satisfaccion, y creo que él tambien la haya recibido, porque sus invenciones, juzgadas por todos los hombres ilustrados y eminentes de esta ciudad, se ha visto que son, no solo muy verdaderas y reales, sino muy maravillosas. La antigua República Romana. para

honrar la excelencia de su mérito, le habria erigido una estatua en el Capitolio.»

Puede asegurarse que en esta época el triunfo de Galileo era completo. Sus doctrinas no hallaban oposicion en Italia sino entre las personas extrañas á la ciencia, que no habian podido oír sus explicaciones, y que, por tal motivo, las impugnaban con argumentos insensatos que no merecian el honor de la refutacion, y que el silencio hubiera desvirtuado completamente. Mas Galileo pensó de muy diverso modo; y, desoyendo los consejos de sus amigos, de los Cardenales, y hasta de los mismos Inquisidores, para que sostuviese sus doctrinas sosegadamente, dejase creer á cada uno lo que quisiera, y desistiese del temerario empeño de obligar á los demás á pensar y á creer como él, replicaba de viva voz y por escrito, y abusaba de una victoria obtenida sin gran esfuerzo, ultrajando á sus adversarios con palabras y conceptos impropios de un hombre de esmerada educacion, y que se glorificaba de frecuentar la sociedad de personas distinguidas.

Con esta conducta desatentada de Galileo, la controversia tomó un giro lamentable; y por una parte el amor propio ofendido, y por otra la intemperancia de lenguaje, produjeron escenas poco edificantes.

Galileo, al ver el resultado de su modo de replicar, quiso cortar la disputa; y, para ello, escribió una admirable carta á la Gran Duquesa de Toscana, en la que, con formas dignas de él y de la persona á quien se dirigia, discutió uno por uno todos los argumentos aducidos en contra de sus ideas, y probó de un modo concluyente que no habia razon alguna que autorizase á mirar como opuesta á los libros sagrados la teoría del movimiento de la Tierra. Con el mismo objeto dirigió tambien el carmelita Foscarini una notable carta al Padre Fantoni, General de la Orden, sosteniendo con brio y elocuencia, y con solidísimas razones, la misma doctrina; pero el remedio llegó tarde: las heridas inferidas por Galileo en el amor propio de sus adversarios habian llegado tan á lo vivo, que fué ya imposible restablecer la calma; y la discusion continuó extraviada, con detrimento de la moral y sin utilidad para la ciencia.

El ardor de aquella singular contienda creció hasta el punto de alterar el sosiego de las áulas y de otros lugares más respetables todavía; y los encargados de velar por su decorosa conservacion no podian mostrarse indiferentes á las consecuencias que se tocaban, y á las que podian temerse si las cosas continuaban del mismo modo. Creyóse, pues, necesario poner término á una controversia que no producía otra cosa más que espectáculos lamentables; y lo que se estimó más conducente al objeto, fué el célebre acuerdo de 1616, por el cual la Inquisicion ordenó á Galileo que se abstuviese de enseñar y defender la doctrina del movimiento de la Tierra,

porque era absurda y falsa en filosofía, y, cuando ménos, errónea teológicamente considerada.

La propension que tenemos á juzgar de los sucesos pasados, prescindiendo de las circunstancias que concurrieran á su realizacion y de la época en que se verificaron, ha provocado graves censuras en contra del decreto acabado de mencionar. Pero cuando uno se traslada con la imaginacion á los principios del siglo XVII, y, guiado tan solo por el deseo de depurar la verdad, examina detenidamente los antecedentes del asunto, para lo cual va ya publicado cuanto puede ambicionarse, adquiérese el convencimiento de que la severidad de aquella medida fué tan solo aparente, ó que no tuvo más objeto que el de cortar de un modo definitivo los frecuentes escándalos producidos por la controversia y el amor propio enconados, y circunscribir la discusion al círculo de las personas doctas, capaces de comprenderla y de discurrir en provecho de la ciencia; mas no dificultar el estudio formal y circunspecto del punto en tela de juicio. Y si alguna duda quedase sobre esto, la desvanece completamente el exámen de gran número de hechos subsiguientes, entre los cuales me limitaré á citar como los más notables: la reserva que se guardó sobre las particularidades de las actuaciones; la afectuosísima entrevista de Galileo con el Papa, á los quince dias de habersele notificado el acuerdo de la Inquisicion; la omision de la palabra *enseñarla* en la certificacion que dió á Galileo el Cardenal Belarmino; la completa libertad de controversia que se permitió á los hombres de ciencia y en los centros del saber, no obstante la prohibicion, para la generalidad de las personas, de los libros que versaban sobre ella; la publicacion de *Il Saggiatore*, dedicado por Galileo al Papa Urbano VIII; las audiencias confidenciales que el mismo Papa concedia á Galileo para oír sus explicaciones sobre la teoría del movimiento de la Tierra, y de las que salian tan contentos y satisfechos uno de otro, que llamaron la atencion en Roma las distinciones de que era objeto el gran filósofo; el silencio absoluto de la Inquisicion cuando Wendelin determinó la disminucion de la oblicuidad de la eclíptica, creyéndola progresiva: fenómeno que contradice expresamente, de un modo que excluye toda interpretacion, el versículo 22 del capítulo VIII del *Génesis*; la prudente circunspeccion con que todos reconocieron que la ciencia no estaba constituida, y esperaron que sus progresos conciliarian, como, en efecto, ha sucedido, la disminucion observada, si era real. con el sentido íntimo del texto citado; el empeño de un eclesiástico tan ortodoxo como Gassendi en examinar las pruebas de la verdad del sistema copernicano; y, finalmente, la constancia del mismo Galileo en sus estudios, por resultado de la cual publicó en 1632, y con licencia de las autoridades eclesiásticas, sus admirables *Diálogos*, en los que probó con-

cluyentemente la insuficiencia del antiguo sistema, expuso todas las razones favorables al nuevo, y desvirtuó todas las que se aducian contra el mismo, ménos la que se fundaba en la fuerza de proyeccion, que, al parecer, debía desarrollar la rotacion de nuestro globo en los puntos situados en su superficie: objecion que preocupó á todas las inteligencias, hasta que se supo calcular el efecto de la fuerza centrífuga producida por la rotacion de la Tierra.

Conociendo Galileo que no daba solucion satisfactoria al argumento Aquiles de sus adversarios, buscó con afan un fenómeno tangible entre los que, á su juicio, podia producir la rotacion de la Tierra, y creyó hallarlo en las mareas, que consideró como consecuencia de dicha rotacion y prueba concluyente de la misma: pero como la teoría es insostenible, la habilidad y esfuerzos que empleó para defenderla en el último de sus *Diálogos* fueron estériles, y solo sirvieron para deslucir el mérito de una de sus mejores producciones y quebrantar su autoridad en estas materias, á lo que tambien debió contribuir la desgracia, que lo fué para Galileo, de ser contemporáneo de un hombre tan eminente como Descartes, cuya inmensa y merecida reputacion llenaba la Europa, y cuyo injusto é irrespetuoso desden hacia el filósofo italiano, le honran poco á los ojos de la posteridad.

La publicacion de los *Diálogos* fué origen de graves disgustos para Galileo. Porque las ironías de que están sembradas las páginas de esta obra son tan punzantes, y á veces tan groseras, y las alusiones á la persona del Pontífice tan transparentes (\*), que dieron ocasion al célebre proceso y á la no ménos célebre retractacion del ilustre filósofo; mas no á su encarcelamiento en los calabozos de la Inquisicion, como lo aseguran algunos escritores nacionales y extranjeros. Y de este supuesto encarcelamiento,—suceso de todo punto falso, como lo ha probado clara y concluyentemente Tiraboschi en su *Storia de la letteratura italiana*—; y del destierro de Galileo de Roma, para el que, como ha probado el mismo Tiraboschi, hubo otras causas distintas de la

(\*) Uno de los interlocutores de los *Diálogos* es *Simplicio*, á quien hace repetir Galileo, para ridiculizarlo despues hasta la saciedad, las mismas dudas del Pontífice Urbano VIII, y probablemente las mismas palabras de que éste se servia para exponerlas, en las frecuentes audiencias confidenciales que concedia á Galileo para oír sus explicaciones acerca del sistema copernicano.

Así procedia Galileo con un Papa que era su íntimo amigo; que le dispensaba toda clase de consideraciones; que habia concedido una pension á su hijo Vicente para recompensar el mérito del padre; y que, hablando de Galileo al gran Duque de Toscana, le decia: «Hemos recibido con paternal afecto á nuestro querido hijo Galileo: su gloria brilla en el Cielo, y su reputacion llena la Tierra: en él se reúnen el mérito de las letras y el de una piedad sincera. Que la abundancia de nuestros buenos deseos le acompañe en su patria.....»

simple defensa del sistema copernicano; y de confundir una censura de la Inquisición con una decisión formal de la Iglesia Romana, se ha deducido que esta Iglesia tiene condenado el sistema copernicano como herético y como falso. Esto no es cierto: la Iglesia Romana jamás ha pronunciado semejante declaración; y si Cassini era *le devot Italien qui n'ose se déclarer copernicien, et qui revient sans cesse au système de Ptolémée* (\*), Bianchini, cuyas observaciones proporcionaban nuevos argumentos en favor del sistema copernicano, y cuyos escritos sostenían su verdad, era *Sanctissimi Domini Papæ Prælati Domesticus* (\*\*).

La retractación de Galileo no interrumpió ni un solo instante el estudio de la doctrina del movimiento de la Tierra: los discípulos y amigos del gran filósofo continuaron siendo objeto de distinciones en Roma; Gassendi escribió *De motu impresso a motore translato*, y, con buenas experiencias, excluyó de la controversia el argumento anticopernicano deducido de la caída de los cuerpos; y el Padre Fabri, gran penitenciario de Roma, como si quisiese excitar á los astrónomos á perseverar en el estudio de la cuestión, manifestándoles que el proceso de Galileo había sido contra el hombre y no contra el filósofo, publicó un escrito cuyo resumen es que, si se sostenía el sentido literal de los textos de la *Biblia*, relacionados con el movimiento de la Tierra, era porque este movimiento no estaba plenamente demostrado: pero que, si llegaba á serlo, no habría inconveniente en admitir la inteligencia en el sentido figurado. Faltaba, en efecto, una prueba concluyente de dicho movimiento, que obligase á admitirlo sin reservas; porque, hasta entonces, no militaban otras en favor suyo sino la fácil explicación de las apariencias celestes, y las de analogía con otros planetas, que se deducían de recientes observaciones. Y así se continuó hasta 1687: año memorable en la historia de las ciencias, porque en él publicó Newton su grande obra *Philosophiæ naturalis Principia Mathematica*, en la que expuso la teoría de la gravitación universal, de la que es consecuencia necesaria é indeclinable el movimiento de la Tierra alrededor del Sol.

Cuando se consideran la sencillez de la teoría de Newton y la claridad con que la expuso aquel inmortal autor, llega uno á creer que debió ser aceptada tan pronto como fué conocida; mas, discurriendo así, nos olvidamos del influjo que en los hombres ejerce el principio de autoridad, y de la resistencia que el hábito de seguir opiniones generalmente admitidas opone siempre aun á la más irresistible evidencia.

---

(\*) Delambre, *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. II, p. 784.

(\*\*) *Astronomische Nachrichten*, núms. 248 y 249. *On the rotation of Venus, by the Reverend T. J. Hussey*. Altona, 1834.

Descartes, geómetra consumado y pensador profundo, concibió la grande idea de referir á una sola ley todos los fenómenos del Universo, y se aventuró á dar solucion al problema más árduo que el mundo material puede presentar á la consideracion de un filósofo. Su sistema, que no ha explicado de un modo satisfactorio ningun fenómeno, ni contribuido al establecimiento de una sola verdad, y que con igual ductilidad podia aplicarse al sistema de Copérnico que á los de Ptolemeo y Tycho, habia cautivado de tal modo á los hombres más distinguidos de Europa, y estaba tan arraigado en las inteligencias, que fué preciso más de medio siglo de colosales esfuerzos para que cediese el puesto á la verdad. Y no fué la Iglesia Romana la que sostuvo la lucha defendiendo la causa del error: sino los matemáticos más eminentes los que se declararon adversarios del principio de la atraccion universal. Huyghens y Leibnitz, dignos rivales de Newton, hablaron de la teoría del gran geómetra inglés con el más soberano desprecio. Los hermanos • Bernoulli, geómetras de primer orden, la rechazaron constantemente. El ilustre Euler fué tambien en los primeros años de su brillante carrera defensor de la teoría de Descartes. Y Clairaut y D'Alembert titubearon algun tiempo entre el error y la verdad. Y ¡cosa notable! mientras la Iglesia permanecia en silencio y dejaba libre el campo de la controversia á los geómetras, y cuando los más ilustres de éstos negaban la teoría de la atraccion ó dudaban de ella, aparece en escena Buffon, persona de escasísima instruccion en Matemáticas, sosteniendo la integridad de la teoría, y asegurando que en ella estaba contenida la regla invariable de los movimientos de los cuerpos celestes, y que la sencillez de la causa triunfaria por fin de la complicacion como infinita de los efectos.

Hechos de naturaleza ménos abstracta, como los erróneos resultados obtenidos por Cassini en su medicion del arco de meridiano de Francia, concurren tambien á retardar el triunfo de la doctrina de Newton, indicando, en contra de las conclusiones de la misma doctrina, un aplanamiento ecuatorial en nuestro globo; pero despues de corregidos y de comparados con los valores de los grados de meridiano medidos en Laponia y en el Perú, contribuyeron á confirmar el aplanamiento polar, y á desvanecer para siempre las dudas y objeciones contra las teorías del movimiento de la Tierra y de la gravitacion universal.

## APÉNDICE NÚM. 2.

---

Sobre la expedición geodésica al Perú. (Véase la pág. 25.)

---

No es posible, sin un detenido estudio, apreciar el mérito de los trabajos científicos, de muy diversa índole, ejecutados por los jóvenes marinos que tan dignamente representaron á la madre patria en la memorable expedición al antiguo reino del Perú; pero la importancia misma de aquellos trabajos pide imperiosamente que se haga de ellos, en esta coyuntura, algo más que una simple alusión.

La obra cuyo título es *Observaciones astronómicas y físicas, hechas de orden de S. M. en los reinos del Perú*, donde se hallan comprendidos, está escrita por Don Jorge Juan, y consta de nueve distintos libros.

El primero contiene las observaciones verificadas en Quito para determinar la oblicuidad de la eclíptica; la descripción del instrumento con que se hicieron; y un cuidadoso estudio del mismo para conocer su excentricidad, y la corrección, dependiente de ella, que debía aplicarse á los ángulos observados.

La pequeña altura á que el Sol, contemplado desde el centro de Europa, se eleva sobre el horizonte en la época del solsticio de invierno, es causa de que la refracción de la luz, incierta é irregular entónces, influya desfavorablemente en la determinación de la oblicuidad de la eclíptica; pero, no sucediendo lo mismo en Quito, por hallarse situada esta ciudad casi en el Ecuador, decidieron los expedicionarios aprovechar las favorables condiciones de la localidad, é iniciaron sus trabajos con la investigación muy minuciosa y esmerada de tan importante elemento del sistema solar. Con la oblicuidad observada y el lugar del Sol en la eclíptica, deducido de las tablas de *La Hire*, á la sazón en uso, calcularon tablas de la declinación del Sol, y de ellas se sirvieron en el curso de sus operaciones para la determinación de la latitud y del tiempo.

El libro segundo contiene las latitudes geográficas de gran número de puntos, determinadas en el transcurso del viaje, y una breve descripción del cuadrante de círculo con que se ejecutaron las observaciones. El método seguido constantemente es el de la altura meridiana del Sol y de cierto núme-

ro de estrellas, cuyas posiciones tomaron de la *Historia cœlestis*, publicada por Flamsteed en 1725.

El libro tercero contiene las longitudes geográficas de un número considerable de lugares, determinadas también en el curso de la expedición, por medio de los eclipses de Luna y de los satélites de Júpiter. Para obtener tiempo, se sirvieron del método de las alturas correspondientes del Sol; y, para corregir la hora media de las alturas, de la misma fórmula que hoy está en uso.

Las determinaciones de latitud y longitud, consignadas en estos libros segundo y tercero, fueron hechas en virtud de órdenes especiales, dictadas por el Gobierno español, para perfeccionar la geografía de aquellos remotos países, y contribuir á la seguridad de la navegación.

El libro cuarto está dedicado á la exposicion de las experiencias y resultados obtenidos acerca de la dilatacion y contraccion, debidas á la variacion de temperatura, de la toesa de hierro pulido — medida fundamental de los expedicionarios—; y del acero; cobre batido; laton forjado y pulido; laton fundido, batido y pulido; vidrio y piedra.

Pocos y muy vagos eran, á la sazón, los conocimientos que se tenían sobre esta importante materia. Picard decia haber observado que el frio comprimía las piedras y metales: de suerte que, en la longitud de un pié, dichos cuerpos perdían un cuarto de línea. *La Hire* daba como resultado de sus experiencias que la longitud de una toesa de hierro, de ocho líneas de grueso en cuadro, aumentaba en el estío, con respecto á la que tenía en invierno, cuando helaba, en dos tercios de línea. Y Newton, como resultado de las suyas, que *Virga ferrea, pedes tres longa, tempore hyberno in Anglia brevior est, quam tempore æstivo, sexta parte lineæ unius, quantum sentio*.

De estas experiencias solo se infería que los metales variaban de longitud segun la temperatura á que estaban sometidos; pero ni de ellas ni de otras posteriores se deducia nada respecto de la alteracion absoluta de los mismos. Mairan, uno de los astrónomos franceses que defendieron la realidad del aplanamiento ecuatorial de la Tierra, fué el primero que, en un apéndice á su Memoria sobre la longitud del péndulo, publicada en 1720, dió á conocer algunos resultados de dilatacion absoluta; y los expedicionarios estuvieron á punto de emplearlos. Afortunadamente Mr. Godin quiso cerciorarse de su exactitud, y halló otros tan distintos, que juzgó necesario repetir cuidadosamente las experiencias; y, despues de conferenciar sobre el asunto con Don Jorge Juan, ambos convinieron en verificar las contenidas en este libro.

El procedimiento difiere mucho del que hoy está en uso y del que se empleaba á fines del siglo pasado; pero la delicadeza y esmero con que traba-

jaron los observadores garantiza la bondad de unos resultados que, por otra parte, tienen el mérito de ser, según creo, los primeros dignos de confianza, registrados en la ciencia, sobre dilatación absoluta de los cuerpos.

El libro quinto contiene las observaciones barométricas hechas en el curso de la expedición, y los resultados deducidos de las mismas.

Estos son: 1.º que la altura barométrica média al nivel del mar es la misma en la zona tórrida que en Europa: de lo que dudaban los físicos; 2.º que las diferencias de alturas barométricas de un día á otro, en un mismo lugar, son mucho menores en las regiones ecuatoriales que en altas latitudes: de lo que no había ántes completa seguridad; 3.º que no existe diferencia de nivel entre las aguas que bañan las costas septentrional y meridional del istmo de Panamá: como se creía generalmente; y 4.º que la ley de Mariotte sobre la dilatación del aire, regía lo mismo en la zona tórrida que en la templada. Contiene además este libro las elevaciones absolutas y relativas, sobre el nivel del mar, de un considerable número de puntos, determinadas con el objeto de reducir á dicho nivel la medición de la meridiana, por lo difícil y costoso que era ligar los triángulos con el mar, á causa de la disposición de los montes y bosques de aquel territorio.

El libro sexto comprende las experiencias hechas para determinar lo que se llama vulgarmente velocidad del sonido; los resultados de las mismas; y sus aplicaciones á varios casos de geometría y de navegación.

Derham, según vemos en una interesante Memoria publicada en el número 313 de las *Transacciones filosóficas de la Sociedad Real de Londres*, había conseguido, con juiciosas y repetidas experiencias, dar solución satisfactoria á casi todas las dudas de los físicos sobre la velocidad del sonido; pero había dejado sin resolver las siguientes:

1.ª Si la velocidad es la misma en cualquiera elevación sobre el nivel del mar.

2.ª Si es la misma yendo el sonido de arriba hácia abajo que de abajo hácia arriba.

3.ª Si es la misma en todos los climas.

4.ª Si se trasmite ó no en línea recta.

Quito, por su mucha elevación sobre el nivel del mar, era localidad á propósito para el exámen de la primera de estas cuatro cuestiones; y, por hallarse bajo el Ecuador, lo era asimismo para el estudio de la tercera. Verificadas, pues, las experiencias, obtúvose por resultado que la velocidad del sonido en Quito es la misma que se observa en Europa.

El libro séptimo, dedicado expresamente á investigar la extensión del grado de meridiano contíguo al Ecuador, es un Tratado de Geodesia dividido en tres secciones. La primera contiene la medida geométrica, según las

observaciones de Don Jorge Juan; la segunda, la misma medida segun las de Don Antonio de Ulloa; y la tercera, la determinacion astronómica de la amplitud de todo el arco medido, con el valor definitivo del grado.

Comparando este resultado con el que dieron las observaciones hechas bajo el círculo polar y con los que publicaron Cassini y La Caille en *La Méridienne de Paris vérifiée*, se viene á parar simplemente á esta conclusion: «que la Tierra no es exactamente esférica, y que el radio del Ecuador es mayor que el semi-eje;» mas en la hipótesis de que la figura sea la de un elipsoide, da Don Jorge Juan una fórmula original para determinar la relacion de sus diámetros, de la que deduce importantes corolarios: entre otros, la fórmula de Maupertuis para calcular el exceso del rádio del Ecuador sobre el semi-eje.

Es de sumo interes el libro octavo, que versa sobre las experiencias de longitud del péndulo, y los resultados deducidos de las mismas.

Consistia el péndulo en un hilo de pita, en cuya extremidad inferior se suspendia el peso oscilatorio, de la forma de doble cono; y de un aparato auxiliar, perfectamente ideado y dispuesto, para medir la longitud desde el punto de suspension del hilo hasta el centro de gravedad del duplo cono citado. Pero, determinada ya la longitud, faltaba todavía averiguar la distancia de los dos centros de gravedad y oscilacion del mismo péndulo: problema difícil, y que por mucho tiempo preocupó á los expedicionarios.

Huyghens, en su tratado *De Horologio oscillatorio*, habia hallado la distancia del centro de gravedad al de oscilacion en «una esfera que oscila sobre un punto de su superficie, y en un cono que lo hace sobre su vértice,» y habia tambien demostrado que las distancias del centro de gravedad al de oscilacion, en péndulos que solo se diferencian por la longitud del hilo, están en razon inversa de las distancias del centro de gravedad al punto de suspension: mas esto, que era lo conocido, no daba la solucion del problema de actualidad, que consistia en hallar la distancia entre los centros de oscilacion y de gravedad del péndulo empleado en las experiencias.

Sin libros que consultar, é ignorando lo que en Europa pudiera haberse escrito sobre el asunto, encargóse Don Jorge Juan de la resolucíon del problema, y la obtuvo completamente satisfactoria, determinando la distancia entre los centros de gravedad y de oscilacion en la esfera, el cilindro, la pirámide y otros cuerpos, y tambien el centro de oscilacion de un cuerpo disminuido de otro menor y el de un cuerpo compuesto de otros dos, puestos uno sobre otro: y de aquí dedujo luego lo que, en la práctica, levanta el centro de oscilacion del cuerpo el hilo con que se suspende, y lo que el del duplo cono estaba más bajo que el de gravedad.

Combinando Don Jorge Juan de un modo conveniente las experiencias

hechas por él mismo en el Guarico, por él y por Mr. Godin en Quito, por Don Antonio de Ulloa y Mr. Bouguer en la cumbre del Pichincha, por Maupertuis en Laponia y por Mr. Godin en París, confirma experimentalmente la ley de Newton acerca de la acción de la gravedad, y determina la relación de los diámetros de la Tierra, sobre cuya discordancia con la que resulta de las medidas geométricas practicadas en la superficie de la misma, discurre con aplomo y discreción.

Las fórmulas, á la sazón conocidas, para rectificar la elipse y hallar la periferia de los meridianos terrestres, no servian más que en el caso de arcos pequeños de la curva; porque, aplicadas á todo un cuadrante, las series eran tan poco convergentes, que la operación, ó cálculo numérico, resultaba impracticable. Para evitar este inconveniente, ideó Don Jorge Juan un nuevo método de rectificar la elipse, que expone con extensión y claridad en las páginas 337 á 344 de la obra.

El libro noveno y último es un Tratado de Navegación sobre el elipsoide terrestre, cuyas dimensiones han sido determinadas en el libro precedente.

### APÉNDICE NÚM. 3.

---

Sobre los progresos de la Mecánica desde el Renacimiento hasta mediados del siglo XVIII. (Véase la pág. 35.)

---

Las profundas investigaciones de Don Jorge Juan sobre construcción naval, y manejo y gobierno de los bajeles, someramente expuestas y analizadas en la tercera parte del discurso precedente, no pueden apreciarse en su justo valor, sin recordar el estado de la Mecánica en los tiempos en que nuestro autor escribía, y los esfuerzos intentados para perfeccionar esta tan importantísima rama de las ciencias matemáticas en épocas anteriores. Como ampliación, pues, de lo dicho en el lugar citado, no consideramos ocioso agregar las siguientes aclaraciones y breves apuntes sobre materia tan vasta y tan estrechamente conexiónada con el tema principal de nuestro discurso, concerniente al origen y progresos de la Náutica peninsular, hispano-portuguesa.

Arquímedes trató de la palanca y del centro de gravedad; calculó la pérdida de peso que experimentan los cuerpos cuando se les sumerge en un

fluido; y resolvió importantes y difíciles cuestiones referentes á la posicion y estabilidad de los mismos cuerpos.

Entre los escritores de Mecánica que produjo el siglo XVI, ocupa el primer lugar el italiano Guido Ubaldi, quien publicó en 1577, bajo el título *Mechanicorum libri sex*, un tratado que, entre muchos errores, contiene alguna doctrina sólida y juiciosa. En él, siguiendo Guido á los antiguos géometras, aplicó la teoría de la palanca al estudio de algunas máquinas, y especialmente al de las poleas, cuyas combinaciones examinó cuidadosamente.

A Ubaldi siguió Stevin, ingeniero de los Países Bajos, y primer sabio que enriqueció la Mecánica con nuevas é importantes verdades. Pues determinó con toda exactitud las condiciones de equilibrio entre las fuerzas que solicitan á un cuerpo situado en un plano inclinado: problema en que habian fracasado todos los géometras anteriores á él, y sin cuya resolucion eran imposibles nuevos adelantos en la Mecánica; resolvió gran número de problemas dependientes del anterior, é hizo uso de la composicion de las fuerzas, aun cuando no llegó á conocer que empleaba un principio general; examinó y determinó la presion que ejercen los flúidos sobre la superficie de los vasos que los contienen, tanto en el caso de ser la superficie horizontal, como en el de ser vertical ó inclinada; y descubrió y explicó, teórica y experimentalmente, la famosa paradoja hidrostática, hoy universalmente conocida.

Despues de Stevin, apareció el génio creador de Galileo, asombrando á sus contemporáneos con magníficos é importantes descubrimientos. Su tratado *Della Scienza Mechanica*, publicado en 1592, y otros escritos posteriores, comprenden la teoría matemática de la palanca, del plano inclinado y del tornillo; un estudio completo sobre las máquinas, que contiene ya en germen el principio, más tarde denominado, de *las velocidades virtuales*; la ley de la caída de los cuerpos; la determinacion de la trayectoria que éstos describen cuando son lanzados oblicuamente: problema en que hizo uso del principio de la composicion de las fuerzas, aunque sin denominarlo ni demostrarlo; el resultado de sus observaciones y experiencias sobre el isocronismo de las oscilaciones del péndulo; la explicacion teórica, aunque en varios puntos errónea, de este isocronismo; un detenido exámen de la naturaleza de los flúidos, que le condujo á demostrar la paradoja de Stevin y otras singularidades de la misma clase; la idea de la *ley de continuidad*, que Galileo sostuvo y empleó en sus especulaciones sobre los fenómenos del movimiento; y estudios originales acerca de la resistencia de los cuerpos sólidos.

Torricelli, discípulo y amigo de Galileo, agregó á los numerosos descubrimientos de su maestro otros no menos importantes, de los que citaré tan

solo los dos siguientes, que son fundamentales: la determinacion de la velocidad con que sale el agua por una abertura practicada en el vaso que la contiene; y la evaluacion de la presion atmosférica que, confirmada con las experiencias de Pascal, abrió el camino para multitud de descubrimientos, y condenó á perpétuo olvido el famoso principio del *horror al vacio*, que tan pernicioso influjo habia ejercido en los adelantos de la ciencia, y ante el cual el mismo Galileo habia inclinado su altiva frente.

El gran geómetra Descartes figura tambien en la historia de la Mecánica. Este hombre extraordinario sospechó antes que Torricelli el peso del aire y su accion para sostener los líquidos en tubos cerrados por una de sus extremidades; pero como no sometió su idea á la piedra de toque de la experiencia, no pudo elevarla á principio, como lo hizo Torricelli, á quien, por esto, corresponde el honor del descubrimiento.

Descartes tomó por fundamento de la Estática el mismo principio que habia establecido Galileo, á saber: que el esfuerzo necesario para imprimir á un peso dado una velocidad determinada, es el mismo que se debe emplear para comunicar á otro peso múltiplo del primero, el mismo submúltiplo de la velocidad que éste adquirió. Y en la Dinámica fué el creador de la teoría y leyes del movimiento; porque áun cuando en los racionios de Galileo está implícitamente contenido el principio de la disposicion de la materia á perseverar en estado de reposo ó de movimiento rectilíneo y uniforme, la primera enunciacion clara y distinta de esta ley se halla en los escritos del filósofo francés.

Descartes habló con acierto de la fuerza centrífuga, y señaló su verdadera causa. Mas, al exponer las leyes del choque de los cuerpos, se apoyó en un principio falso, á saber: «que la cantidad de movimiento permanece constantemente la misma en el Universo.» Fúndase, para admitir esta proposicion, en la inmutabilidad de la Naturaleza Divina, sin advertir que no es bastante el reconocer esta inmutabilidad, si no se demuestra que la conservacion de la misma cantidad de movimiento en el Universo es una consecuencia necesaria de ella; y esto no puede hacerse, porque es cosa sabida que la cantidad de movimiento, tal como Descartes la entendia, varía continuamente de un instante á otro. Así es que cuando el gran filósofo, confiado en sus ideas metafísicas, procede, en virtud del principio mencionado, á determinar las leyes del choque de los cuerpos, llega á resultados falsos, y de tal modo contradictorios y destituidos de analogía y mútuo enlace, que, á los ojos de cualquier matemático, presentan todos los caracteres del error. Y no se concibe cómo pudo éste ocultarse á la penetracion de un hombre tan familiarizado con las teorías y especulaciones geométricas; porque, es muy de notar que, entre los errores de este filósofo, el de que se

trata es el que más discuerda con el gran génio matemático que desplegó en sus bellísimos trabajos sobre diversos puntos de las ciencias exactas y, especialmente, en su admirable creacion conocida bajo el nombre de *Geometría analítica*.

Las leyes que regulan el choque de los cuerpos permanecieron en el estado de confusion en que las dejó Descartes, hasta que, por excitacion de la Sociedad Real de Lóndres, se ocuparon de ellas, con resultado satisfactorio, en 1668 y 1669, primero Wallis, despues Wren y, finalmente, Huyghens. A este géometra se debe tambien el conocimiento de la verdadera relacion entre la longitud del péndulo y el tiempo de sus mínimas oscilaciones; la aplicacion del mismo á los relojes, que Galileo habia dejado incompleta; el modo de corregir las imperfecciones de éstos, haciendo oscilar el péndulo entre dos láminas cicloidales; y la determinacion del centro de oscilacion de un péndulo compuesto, ó la longitud del péndulo simple cuyas oscilaciones son de igual duracion que las del primero. Este problema fué el más difícil de cuantos se resolvieron antes del descubrimiento del cálculo infinitesimal; y en él desplegó Huyghens extraordinarios recursos de ingenio.

Los últimos años del siglo XVII y los primeros del XVIII son memorables en la historia de las ciencias matemáticas por los importantes descubrimientos de Newton y de Leibnitz; por el nuevo aspecto que el primero de estos dos grandes ingenios dió á la Mecánica en su inmortal obra *Philosophie Naturalis*; y por la célebre controversia, iniciada por el segundo, sobre la medida de la fuerza de los cuerpos en movimiento: controversia que ofrece uno de los hechos más notables en la historia de los conocimientos humanos, como lo es, en efecto, el ver á los más distinguidos géometras divididos en dos parcialidades, disputando durante treinta años acerca de las verdades de la ciencia, y oponiendo demostracion á demostracion, hasta que D'Alembert les hizo ver que unos y otros tenian razon en tomar como medida de la fuerza una expresion que era exacta en determinadas circunstancias, y que unos y otros incurrian en error, atribuyendo á proposiciones, ciertas tan solo en casos particulares, una generalidad que no tenian.

Los sucesores de Newton y de Leibnitz continuaron enriqueciendo la Mecánica con descubrimientos ó aplicaciones importantes. Juan Bernoulli simplificó la Estática, empleando de un modo explícito el principio de *las velocidades virtuales*, y descubrió el de *la conservacion de las fuerzas vivas*, que facilita la solucion de muchos problemas de Dinámica, y sirvió de fundamento al excelente *Tratado de Hidrodinámica*, publicado en 1738 por su hijo Daniel.

Euler, poniendo en accion todos los recursos de su gran talento, auxiliado por una laboriosidad extraordinaria, se encargó de formar un cuerpo

de doctrina con todo lo que se sabia sobre la ciencia del movimiento; y en 1736 publicó un *Tratado de Mecánica*, en dos volúmenes, modelo de investigación analítica.

Jacobo Bernoulli trató de un modo más directo que Huyghens el problema de hallar el centro de oscilacion; y el procedimiento empleado por Bernoulli condujo á D'Alembert á descubrir el principio sencillo y general de Dinámica, que lleva el nombre de este gran geómetra.

El estudio de un problema, á primera vista insignificante, condujo al descubrimiento más notable que se ha hecho en Dinámica. Segner, profesor de matemáticas en Gottinga, publicó en 1755 una sucinta disertacion, cuyo título es *Specimen novæ theoriæ turbinum*; y los geómetras vieron con asombro cómo del estudio de los movimientos del juguete llamado peon ó trompo, se desprendia la teoría de los *ejes principales de rotacion* de un cuerpo, cuyas bellas propiedades investigó Euler con la maestría y claridad que son el carácter distintivo de todos sus escritos.

El curioso descubrimiento de Segner llamó despues la atencion de D'Alembert, quien lo utilizó para explicar satisfactoriamente el fenómeno de la precesion de los equinoccios y nutacion del eje de la Tierra.

Despues de los trabajos de Arquímedes, Stevin, Galileo, Torricelli y Pascal, la Hidrostática se miró como una parte ya constituida de la Mecánica; pero la Hidrodinámica presentaba todavía serias dificultades. Torricelli habia dado los primeros pasos en el estudio del movimiento de los flúidos: asunto que tambien trató con su habitual sagacidad el gran Newton; mas esta materia no fué presentada de un modo sistemático y riguroso hasta que Daniel Bernoulli publicó, casi medio siglo despues, su importante *Tratado de Hidrodinámica*. D'Alembert siguió á Bernoulli; y, con la profundidad que distingue todas las producciones del geómetra frances, se ocupó de la resistencia de los flúidos; y Euler, en una série de escritos, simplificó las teorías de la Hidrodinámica, presentando la doctrina bajo una forma estrictamente analítica, y deduciéndola de la resolucion de dos ecuaciones diferenciales de segundo orden.

Bastan estas indicaciones para comprender cuál era el estado de la Mecánica cuando Don Jorge Juan se propuso escribir su célebre *Exámen Marítimo*.

## APÉNDICE NÚM. 4.

---

Sobre el Exámen Marítimo de Don Jorge Juan. (Véase la pág. 37)

---

La obra, á que este apéndice se refiere, consta de dos volúmenes: uno propiamente teórico, y que constituye un verdadero *Tratado de Mecánica racional*; y otro de carácter más práctico ó con aplicacion á la Marina.

En la tercera parte del discurso precedente hemos ya dicho lo necesario para dar idea de las difíciles materias que son objeto principal del tomo segundo: mas del primero dijimos muy poco; ni hubiéramos podido decir más entónces, sin truncar el natural desenvolvimiento del tema con una digresion larga é inoportuna. Y, sin embargo, la importancia del libro y el deseo de completar el anterior apéndice, piden de consuno que subsanemos aquella omision voluntaria. Así lo haremos á continuacion en los más breves términos posibles.

Consta, pues, el primer volumen de la obra de Don Jorge Juan, de dos distintas partes ó libros: dedicado el primero á la Mecánica de los cuerpos sólidos, y el segundo á la de los flúidos.

La materia del libro primero está distribuida en nueve capítulos.

Despues de exponer en los tres primeros, con método y claridad, las leyes generales y particulares del movimiento; el modo de hallar la resultante de cualquier número de fuerzas que actúan sobre un cuerpo; el de descomponer una de estas en otras que produzcan el mismo efecto que ella sola; y la doctrina del centro de gravedad, pasa el autor, en el capítulo cuarto, á tratar de la rotacion de un sistema de cuerpos libres ó ligados entre sí, ó del acto de girar el sistema sobre un punto ó eje cualquiera móvil ó inmóvil: de donde deduce la teoría del Péndulo y la de las Palancas con mayor generalidad y en términos más satisfactorios que cuantos otros autores habian ya tratado del mismo asunto; pues, respecto del Péndulo, demuestra que la fórmula por aquellos deducida para determinar su longitud no siempre es aplicable sin error, y que solo *tiene cabimento* cuando cada uno de los cuerpos que forman el Péndulo está *como reunido* en un punto de la *misma línea* que pasa por el de suspension; y, al hablar de las Palancas, discute, por primera vez, creo, la magnitud del esfuerzo que sufren sus fi-

bras, los casos en que pueden resistir ó romperse, y la figura que deben poseer para que sean igualmente fuertes en todos sus puntos y secciones.

La teoría de la *Percusion* es casi toda original, y se halla expuesta de manera que, juntamente con las fórmulas ya conocidas, deduce nuestro autor otras muchas enteramente nuevas que expresan los múltiples y notables efectos del choque de los cuerpos, y resumen con fidelidad los diversos resultados obtenidos por la experiencia.

Los físicos que se habían ocupado en investigar *a priori* lo que la fricción altera el movimiento de los cuerpos en contacto con otros cuerpos ó superficies, ni estaban acordes entre sí, ni con lo que en muchos casos la experiencia les enseñaba. La discordancia procedía de suponer unos la fricción proporcional á la componente, normal á la superficie de contacto, de la fuerza que impele al cuerpo, con entera independencia de las escabrosidades de éste; y de admitir otros, por consecuencia de hipótesis caprichosas sobre la naturaleza de las escabrosidades, que de ellas dependía exclusivamente el efecto de la fricción. Meditando sobre el asunto, Don Jorge Juan concluyó que los efectos combinados de la expresada fuerza normal y de las escabrosidades, en nada esencialmente se diferencian de los que resultan en el choque de dos cuerpos cuando, *rompiéndose las primeras partículas, quedan clavados uno en otro*; y en esta gran semejanza y casi identidad de principios funda su nueva teoría de la *fricción*, cuyas deducciones corrobora asimismo la experiencia.

En el capítulo noveno y último de este primer libro, dedicado al estudio de las Máquinas, nuestro autor considera el efecto que en ellas debe producir la fricción: punto difícil de la teoría, omitido por completo, ó defectuosamente tratado, por cuantos escritores en la materia le habían precedido, y que él examina y dilucida de un modo por extremo satisfactorio.

El libro segundo trata de los flúidos, y está dividido en trece capítulos.

Todo es notable en este libro: el ingenio con que se examina y discute la insuficiencia de las antiguas teorías y se establecen las bases de las nuevas; la juiciosa aplicacion del análisis matemático al desenvolvimiento de éstas; el tino y circunspeccion con que el autor habla de los géómetras y físicos que habían obtenido resultados diferentes de los suyos; y el número de verdades que, por primera vez, aparecen en la ciencia y dan un nuevo aspecto á esta parte de la misma.

Reconocida la inexactitud de la ley de las resistencias, admitida por los géómetras, y la ineficacia de los esfuerzos hechos hasta entónces para obtener la expresion analítica de las mismas, tuvo Don Jorge Juan que crear una teoría que representase fielmente los hechos por él observados; y tomando como fundamento de ella la relacion entre la velocidad con que sale el agua por una abertura practicada en el vaso que la contiene. y el peso

que debería soportar la superficie que la tapase, dedica el capítulo segundo á la determinacion de la fuerza con que, en el movimiento, actúan los flúidos contra una diferencial de superficie, en todos los casos de movimiento horizontal, vertical y oblicuo, con distintas direcciones y ángulos de incidencia.

Mirábase como incontestable que el esfuerzo que debe aplicarse á una superficie cuando se mueve en un flúido en reposo, es el mismo que aguanta cuando la superficie está en reposo y el flúido se mueve y la choca: y que, para pasar del primer caso al segundo, bastaba suponer que el flúido tenia la misma velocidad que el cuerpo flotante, considerada en sentido contrario. Planteado de este modo el problema de las resistencias, era forzoso admitir que la gravitacion de las partículas del flúido permanecia siempre perpendicular á la superficie de éste; pero como el movimiento del flúido procede de su desnivelacion, no es lícito admitir la expresada perpendicularidad cuando el flúido se mueve. Esta consideracion excitó á nuestro autor á examinar separadamente los dos casos mencionados, y le condujo á la deducccion de nuevas fórmulas, necesarias para determinar, no solo el esfuerzo con que actúa el flúido cuando éste se halla en reposo y la superficie en movimiento, sino tambien el que ejerce cuando él está en movimiento y la superficie en reposo, y cuando se mueven á un tiempo el flúido y la superficie.

Del capítulo segundo se desprenden, como otros tantos corolarios, los siguientes, hasta el octavo inclusive, dedicados á determinar las fuerzas con que, en el movimiento, actúan los flúidos contra superficies planas, y, en general, contra cualesquiera superficies y cuerpos; las resistencias horizontales y verticales que padecen éstos; lo que las desnivelaciones del flúido alteran las resistencias; y las dimensiones y figura que deben tener las líneas y superficies para que, movidas en el flúido, padezcan la máxima ó mínima resistencia. En estos capítulos está perfectamente desenvuelta la nueva teoría de las resistencias, distinguiendo siempre el caso de moverse el cuerpo de aquel en que se mueve el flúido. Y los resultados son tan nuevos como inesperados, puesto que resulta demostrado que las resistencias no siguen la ley de los cuadrados de las velocidades, como creian todos los autores, sino antes bien, la de las simples velocidades, aunque no de un modo riguroso: porque varian y dependen de la figura y disposicion de las superficies impelidas en los flúidos, y, deben considerarse, en general, como funciones de la densidad de éstos, del área chocada, de su profundidad en el flúido, y de la velocidad y del ángulo de incidencia con que se chocan el flúido y la superficie.

Euler y Bouguer, al determinar los momentos que padecen los cuerpos

flotantes cuando giran libremente sobre un eje que pasa por su centro de gravedad, y la velocidad angular con que giran ó oscilan los mismos cuerpos, prescindieron enteramente de la resistencia del fluido, fundándose en la corta cantidad de éste que el cuerpo separa, y en que su accion es casi insensible, en razon de la pequeña velocidad angular que el cuerpo adquiere, como sucede con la accion del aire en las oscilaciones de los Péndulos. Pero el caso es tan diverso, cuanto que los Péndulos oscilan, en efecto, con más perfeccion ó regularidad sin la resistencia del aire, al paso que la oscilacion de los cuerpos flotantes en los flúidos no puede verificarse sin la resistencia de éstos: distincion muy oportuna é importante, en la cual se apoya nuestro autor para deducir nuevas fórmulas, que modifican esencialmente los resultados hasta su tiempo conocidos.

No vaya á creerse, por todo lo dicho, que el *Exámen Marítimo*, aunque obra de extraordinario y reconocido mérito, se halla exento de pequeños lunares que dificultan su estudio, y hasta desvirtuan en algo la importancia de los resultados en él contenidos. Capítulos enteros comprende que, á juzgar por el desaliño del estilo y por cierta confusion en las ideas y en los cálculos analíticos, debieron pasar á la imprenta sin la más ligera revision. Hay algunos problemas mal planteados, y otros en que se prescinde, en el curso de la resolucion, de alguna condicion esencial apuntada por el mismo autor, y expresamente consignada en los enunciados. Y tambien se ve algun juicio desfavorable de los resultados obtenidos por otros geómetras, que el célebre Marino no habria emitido, si hubiese podido hacer del asunto más profundo y maduro exámen. Mas de nada de esto hay que maravillarse.

Porque á lo difícil del asunto á que Don Jorge Juan logró aplicar el análisis matemático, con mas acierto que ninguno de los geómetras sus predecesores, se agrega la precipitacion inevitable con que debió escribir, hija de las múltiples y muy extrañas ocupaciones que sobre él pesaban, y que no se concibe cómo le dejaban una hora de tranquila libertad para dedicarse al estudio, ni mucho menos para revisar los borradores en que iba, como á ratos perdidos y en momentos de inspiracion, consignando sus fecundos pensamientos. Y á ningun matemático puede causar extrañeza que Don Jorge Juan, trabajando en condiciones tan desfavorables, y sin una persona de su talla al lado con quien consultar sus dudas y vacilaciones en el árduo exámen de las doctrinas de hombres como Newton, los Bernoulli, Euler y Bouguer, claudicase tambien como claudicaron estos insignes matemáticos; y que, alguna vez, creyendo acertar y poner en claro la verdad, se deslumbrase con los falsos resplandores del error, y se equivocase lastimosamente.

La opinion de Císcar sobre el mérito de Don Jorge Juan y la importancia de sus obras, y en particular del *Exámen Marítimo*, tenemosla por muy

sensata y acertada. Ningun autor de su tiempo le es superior en conjunto; pero al estudiarle, débesele estudiar con juicio y discernimiento, recordando la época en que escribió, el cuerpo fantástico de doctrina que representaba las aplicaciones de la Mecánica á la Navegacion, y las inmensas dificultades con que luchó para elevar al rango de *ciencia positiva* el que solo era *arte* de construir y manejar las Naves. Prestarle asenso en todo sin muy detenido exámen, sería insensatez; ligereza imperdonable despreciarle por anticuado; y, relegarle á perpétuo olvido porque alguna vez se extraviase en sus conjeturas, cálculos y deducciones finales, constituiría notoria injusticia: porque debe tenerse presente que la crítica, sobreexcitada por el mezquino deseo de percibir una mancha allí donde el entusiasmo y la generosa admiracion solo habian visto ántes resplandores y claridades, hallará siempre defectos no solo en el *Exámen Marítimo* sino en las obras de Newton, de Laplace y demás sobresalientes genios á quienes la humanidad debe todo cuanto sabe en punto á ciencias físico-matemáticas, y á quienes, por lo mismo, estamos obligados á tributar no fanática admiracion, pero sí profundísimo respeto.

# CONTESTACION

AL DISCURSO ANTERIOR

POR EL ILMO. SEÑOR

DON ANTONIO AGUILAR Y VELA,

ACADEMICO DE NUMERO.

---

Señores:

MUCHO tiempo há, veintiocho años nada ménos, que un oscuro catedrático de la Universidad de Santiago recibia del Gobierno de S. M. encargo y órden de trasladarse al Observatorio de Marina, de la ciudad de San Fernando, con objeto de estudiar la Astronomía teórico-práctica, bajo la direccion del primer astrónomo de aquel célebre Establecimiento científico. El astrónomo á quien aludo, ya conocido en tan remota fecha por su claro talento, profundo saber, é importantes trabajos é investigaciones científicas, era el Sr. D. Francisco de Paula Marquez, á quien hoy galardonais con el justo premio que sus afanes y sobresalientes cualidades merecen; y el catedrático de la insigne Universidad compostelana, su discípulo agradecido, y amigo muy querido desde entónces, el que en este momento le saluda á nombre vuestro, le felicita y se congratula por su ingreso en esta Corporacion, y tiene al mismo tiempo la honra y el placer de presentároslé.

¿Pero cómo se explica la singular anomalía de que el discípulo apadrine hoy al maestro? ¿de que figure ya entre los individuos más antiguos de la Academia quien nada vale, y de que hasta hoy no haya tomado asiento en sus escaños, quién hubiera podido tomarle con sobrados títulos entre los mismos fundadores? La solución de esta dificultad es muy sencilla.

Por un capricho de la suerte, y por fortuna ó por desgracia mia, de la tranquila posición de discípulo del señor Marquez, pasé sin merecerlo ni desearlo, á la más comprometida, y mucho más difícil de desempeñar, de Director del Observatorio de Madrid. A vuestro seno me llamásteis en seguida, no por mi valer científico personal, sino exclusivamente por razón del cargo oficial que yo desempeñaba. Y os olvidásteis en la apariencia del Sr. Marquez, limitándoos á designarle como sócio corresponsal vuestro, porque el Sr. Marquez, encariñado con el Observatorio de San Fernando, prefirió vivir allí, en algun modo oscurecido, aunque muy útilmente consagrado al cultivo de la Astronomía, á venir á Madrid, y ocupar mi puesto, que él únicamente hubiera podido desempeñar con aplauso y lucimiento, y con honra verdadera del país.

Los años no pasan ociosos ó sin ocasionar continuo y terrible estrago en nuestras filas, conforme van trascurriendo; y si en el desdichado mortal, que vive para vivir, dejan estampada su huella, ¿qué no harán en el hombre que vive para trabajar, que se consagra en cuerpo y alma al cultivo y servicio de la ciencia, y cuyo cerebro se encuentra en estado continuo de preocupacion y tirantez? Sucumbió en esta lucha intelectual, agobiado de fatiga,

nuestro inolvidable compañero D. Manuel Monteverde; y poco faltó para que no sucumbiera tambien por aquel entónces el Sr. Marquez. El quebranto de su salud le obligó á separarse de la Direccion del Observatorio de San Fernando, y á buscar en Madrid el reposo necesario para recuperarla. Y, ya en esta capital, la Academia creyó que de ningun modo podia colmarse mejor el vacío que en su seno habia dejado el fallecimiento tan sentido del ilustre general Monteverde, como eligiendo para llenarle al señor Marquez.

Hasta qué punto fué en esta ocasion acertada la eleccion de la Academia, pruébalo, prescindiendo por de pronto de toda otra clase de antecedentes, el notable discurso «Sobre el origen y progresos de la *Náutica* hispano-portuguesa,» que nuestro nuevo compañero acaba de leer: discurso en la forma muy sencillo; pero tan nutrido de sana erudicion y de doctrina, y tan abundante en apreciaciones prudentes y atinadas sobre el mérito de algunos escritores y célebres cosmógrafos, y sobre ciertos puntos difícilísimos de la ciencia, que asombra la cantidad de lectura que esto supone, las horas de reflexion consiguientes, y el buen juicio y discernimiento de su autor. Y principalmente nos asombra á los que de cerca conocemos al Sr. Marquez, y sabemos que su erudicion no tuvo nunca nada de postiza, ni se limitó jamás á recordar unos cuantos nombres propios y á enumerarlos con habilidosa pompa en ocasion oportuna: cuando, por el contrario, es la cualidad sobresaliente de su carácter una cierta timidez, que le obliga á desconfiar de cuanto discurre y dice, si ántes no lo ha meditado muy despacio; y comprobado repetidas

veces, compulsando para ello los documentos concernientes al asunto, más antiguos, respetables y auténticos. Por eso sus opiniones no siempre concuerdan con las de otros autores, de mucha nombradía, pero acaso no tan concienzudos, y de seguro más arrebatados en sus apreciaciones y juicios; y por eso las conclusiones en su discurso contenidas, aunque no fuesen todas absolutamente verdaderas, siempre serán muy atendibles, como fruto de largas vigili-  
as, de penoso estudio y de muy detenida análisis y profunda meditación.

Yo bien quisiera, Señores, añadir algo al contenido de este discurso: comentar algunos de los puntos en él tratados: resumirle por lo ménos en breves frases. Pero á nada de esto alcanza mi limitado entendimiento. La fama de nuestros cosmógrafos y matemáticos, Medina, Cortés, Alonso de Santa Cruz, Nuñez, D. Jorge Juan, Mendoza, Cerquero y otros, cuyas obras con tanto acierto y minuciosidad ha examinado el Sr. Marquez, poniendo en su discurso de relieve lo mucho bueno que contienen, los defectos inevitables de que tambien adolecen, y los gérmenes fecundos de saber en varias de entre ellas esparcidos, aquella bien conquistada fama, repito, nada ganaria con los deleznable materiales que yo podria aprontar para cimentarla, despues de los, con tanta diligencia, acopiados y ordenados con este objeto por nuestro nuevo compañero. ¿Y qué comentario cabe de un discurso, al cual acompañan cuatro interesantísimos apéndices, dos consagrados á reivindicar para España la honra científica que en varios conceptos conquistó para ella nuestro sábio marino D. Jorge Juan, honra de que en el extranjero se nos priva con estudiado silencio, cuan-

do no con injusticia más notoria todavía. y otros dos á relacionar los estudios de la Astronomía náutica con los de la Astronomía general y de la Mecánica? Pues pensar en resumir el discurso del Sr. Marquez sería notable insensatez: que no se compendia lo que ya se nos da cuidadosamente condensado; ni es factible abreviar un escrito donde no hay palabra que huelgue, ni pensamiento que en más breves frases pueda formularse. Con los materiales reunidos por el Sr. Marquez, su discurso debiera servirle de prólogo á un verdadero libro que versase sobre el mismo asunto: á la *Historia crítica de la Náutica española, considerada bajo el aspecto científico, astronómico y matemático*. ¡Cuán importante servicio prestaría á su país si, rompiendo con su modestia, se decidiese á redactarle y á entregarle despues á la estampa!

El único recurso que me queda para salir del grave compromiso en que me veo, es el de completar el trabajo del Sr. Marquez, refiriéndoos, en términos muy sucintos, lo que él de propósito ha callado, ni decorosamente podia decirnos; pero que no obstante conviene publicarlo, porque redundará en honra de la Nación: la parte que ha tenido en el adelantamiento de la *Náutica española*: ó el modo como supo corresponder á la confianza que en él depositara el ilustre Sanchez Cerquero, sacándole del estrecho recinto de un barco y trasladándole, joven todavía, al más ámplio horizonte del Observatorio de San Fernando.

En la mar se templan los hombres de acero, que propiamente merecen el dictado de marinos; pero se templan con el fuego que dentro de los Observatorios astronómicos se prepara y arde constantemente. Para ser buen marino

no bastan las cualidades del héroe: corazón tranquilo en la más deshecha borrasca, cuando Cielo y Tierra se juntan, y la Naturaleza parece que experimenta un último y supremo paroxismo: si esto bastara, nunca España hubiera dejado de ser la primera nación marítima del mundo! Al corazón debe unirse la inteligencia, cultivada por el estudio; al mucho valor individual, el mucho saber, heredado de los antiguos; á las altas dotes de mando, la experiencia y la pericia necesarias para saber lo que se ha de mandar, é inspirar ilimitada confianza á los que han de obedecer.

¿Por qué, si no, calificamos de heroicas y casi de supernaturales las antiguas exploraciones náuticas de los griegos á las costas del Mar Negro, de los fenicios á las de España, y de los cartagineses á las occidentales del Africa y septentrionales de Inglaterra? —Pues el último patron de un barco contrabandista se burla en los tiempos actuales de las dificultades de semejantes correrías!

¿Por qué, muchos siglos despues, los portugueses consideraron el problema de la circumnavegacion del Africa como de muy difícil y casi imposible solucion, y como asunto de honra nacional, y la historia celebra el triunfo que tras mil afanes alcanzaron como digno de eterna fama?—Pues en las dificultades del viaje apenas existe, muchos años há, armador alguno en Europa que repare en lo más mínimo al espedir sus naves de vela á las costas y mares procelosos de Asia, tripuladas á veces por una veintena de hombres!

¿Por qué era loco Colon, y tanto ó más loco Magallanes, al emprender aquellas célebres exploraciones, con la proa siempre al occidente, que á sus más bravos compañe-

ros estremecian y acobardaban? — Y hoy, miles de naves cruzan el Atlántico y hienden las aguas del Pacífico, sin que nadie se preocupe de saber quién las manda, ni advierta nadie que en estas arriesgadas correrías haya nada de extraordinario! Como que lo extraordinario, en efecto, sería ahora lo que tres siglos há parecía inevitable: que no vuelva á España quien, tras la huella de Magallanes, abandone el puerto amigo, entre en lucha con los vientos y las olas, y se proponga dar la vuelta al Mundo.

Esta tan notable diferencia de resultados y apreciaciones es, sin duda alguna, debida á muy distintas causas: á la mejor construccion y mayor solidez de las naves; á los progresos verificados tambien en el arte de manejarlas; al estudio minucioso y racional de las indicaciones de la brújula; al uso frecuente de la corredera y al más complicado y difícil del sextante y del cronómetro; y al conocimiento cada día más minucioso de los mares por donde ha de transitarse, resumidos en multitud de mapas: á los progresos, en fin, de la Arquitectura naval, de la Mecánica, de la Física terrestre y de la Hidrografía. ¿Y no entra por algo en ello el cultivo y adelantamiento en los dos últimos siglos de la Astronomía teórica? Entra por tanto, que no se concibe cuál sería, tras violenta y prolongada borrasca, la suerte de una Nave, como perdida en las soledades del Océano, léjos de todo punto conocido de referencia, si la Astronomía no acudiera en auxilio suyo, y le señalara en el Cielo, como en un espejo, el lugar de la Tierra donde se encuentra.

Las dificultades que para esto ha sido preciso vencer, apénas se conciben aún despues de ya vencidas y dominadas.

Depende nuestra situacion sobre el haz de la Tierra, la de una nave en la mar, de dos coordenadas geográficas: de la *latitud*, ó distancia angular al ecuador, y de la *longitud* ó distancia de nuestro meridiano á otro meridiano de posicion conocida. Cuando sin cambiar de longitud varía la latitud de la nave, varía el aspecto del Cielo, y en la mayor ó menor altura meridiana sobre el horizonte del Sol y de las estrellas, advertimos el cambio de latitud. Pero cuando ésta permanece invariable, y nos movemos á lo largo de un *paralelo*, ni el Sol ni las estrellas varian de altura, ni nada nos advierte, por de pronto, que mudamos de lugar, que nos acercamos á la ansiada playa, ó que corremos con los ojos vendados á estrellarnos contra un escollo. Lo que trascurre mientras así, como á ciegas, vamos navegando, es *esto* que llamamos *tiempo*; y lo que en el Cielo varia con mayor rapidez en el curso del tiempo, es la situacion de la Luna, ó la distancia aparente de este luminar al Sol, y á los planetas, y á las estrellas, que por do quier centellean en el firmamento. La Luna, ha dicho con este motivo un célebre autor, desempeña las veces de manecilla de un inmenso reloj, cuyo cuadrante es el Cielo, y en el cual las horas, los minutos y los segundos se hallan indicados por los demas astros que en el mismo Cielo resplandecen. Dénsese, pues, al marino digno de este nombre, al estudioso y diligente *oficial de derrota*, los elementos necesarios para determinar su latitud y longitud, ó los medios suficientes para deducir la primer coordenada de la mera observacion de las alturas de los astros, meridianas ó extrameridianas, y la segunda de las distancias de la Luna al Sol ó á las estrellas; y si la nave resiste

al embate de las olas, la borrasca pasará, y en cuanto comience á restablecerse la bonanza, continuará hendiendo las todavía mal tranquilas aguas, sin desviarse nunca del proyectado camino por donde fuere menester que se dirija.

Pero la dificultad está en proporcionar al navegante los elementos de observacion y de cálculo necesarios para esto, y en proporcionárselos, sobre todo, bajo una forma sencilla y utilizable con prontitud y facilidad. Porque no debemos olvidar dos cosas. Primera: que el aspecto del Cielo, la distribucion y distancias relativas de los astros, y las posiciones de sus principales planos de referencia—del ecuador y de la eclíptica,—varian sin cesar. Y segunda: que la ley de estas variaciones tan múltiples, y que unas con otras se combinan y eslabonan, es sumamente complicada, y apenas definible en términos bien precisos y concretos. Con advertir al marino lo que dentro de breve intervalo de tiempo acaecerá y podrá observar en el Cielo, nada se le enseña que pueda serle de utilidad, transcurrido aquel intervalo; y con darle la clave del misterio, que año tras año, y siglo tras siglo se va desenvolviendo en el espacio, ningun auxilio eficaz se le habrá prestado tampoco, si la clave se le dá escrita en idioma de muy difícil lectura é interpretacion, ó formulada en términos propiamente sibilíticos, y que solo los iniciados en los profundos arcanos de la ciencia se encuentran, no sin trabajo y pérdida de tiempo, en aptitud de comprender. Y la pérdida de tiempo no de meses ó dias, pero ni de horas, ni de minutos, es incompatible con las necesidades apremiantes de la navegacion. en circunstancias críticas, y con el buen desempeño

de su deber por el marino celoso, en todas ocasiones. A bordo de un barco combatido por las olas, el matemático debe desaparecer y dominar en absoluto el marino; y la ciencia de nada serviría entonces, si no poseyera el don de trasformarse y de convertirse en arte: ménos que en arte todavía; en simple y como mecánica rutina.

Yerra por lo comun el vulgo cuando se figura y dice que, sabiendo el marino manejar el sextante y leer en un cronómetro, sabe cuanto necesita hasta en los casos más apurados. Instrumentos preciosos son ambos; pero sin el auxilio de la Astronomía de ninguna utilidad los dos. ¿Para qué le sirve al oficial de derrota el sextante? Para *tomar* la altura de un astro sobre el horizonte, ó medir la distancia angular entre dos astros comprendida: mas si no sabe *qué* astros son los observados, *cuándo* los observó, y *cuáles* entonces sus posiciones en el Cielo, tanto valdria que no se molestase en observarlos. Pues el cronómetro gracias si le revela la *hora* del puerto de donde partió, ó del meridiano á que se refiere; y con este solo dato, sin conocimiento de la hora local, ó correspondiente al punto del globo donde la nave se encuentra, ningun resultado que le sea útil puede deducir. El sextante y el cronómetro le son, sí, de absoluta necesidad para averiguar dónde se encuentra: cuál es su latitud, inferida de la observacion de alturas meridianas ó extrameridianas de los astros: y cuál la longitud, por la comparacion de la hora local, determinada tambien por la observacion directa del aspecto del Cielo con la del meridiano de partida, que el cronómetro le marca ó debiera marcarle. Porque si el cronómetro experimenta alguna avería, y su movimiento diurno se altera y descompone,

ó es distinto en mar que en tierra, entonces el problema se complica, la dificultad aumenta, y no hay más remedio que consultar aquel otro reloj, cuya manecilla es la Luna, pero cuyo mecanismo es tan complejo y tan difícil de entender. Con el sextante y el cronómetro hay que combinar á bordo otro instrumento mucho más delicado y precioso todavía, que ningun artista hubiera sabido por sí solo fabricar, y que procede del concurso inteligente y cooperacion eficaz de multitud de sabios: una tabla astronómica, efemérides minuciosas, ó *almanaque náutico*, que sirva de clave para comprender é interpretar lo que en la bóveda celeste puede ocurrir en cualquier momento.

La Náutica, pues, como noble profesion considerada, exige de la Astronomía tres cosas muy distintas: estudio preliminar y continuo, muy escrupuloso, de los fenómenos celestes; consignacion de los resultados obtenidos en fórmulas matemáticas, dimanadas, á ser posible, de una sola ley; y conversion de estas fórmulas en tablas de fácil manejo y de aplicacion directa á los principales problemas de la navegacion. O en otros términos, como á mediados del siglo XVI decia ya nuestro cosmógrafo Alonso de Santa Cruz, oportunamente citado, con este motivo, por el señor Marquez: *Para resolver el solo problema de las longitudes en la mar, es indispensable construir instrumentos grandes y exactos, arreglar las tablas de los movimientos del sol y de la luna para un meridiano determinado, y rectificar la situacion de las estrellas.*

La nacion que en el siglo acabado de citar campeaba al frente de las más poderosas y civilizadas, que habia dado á las demás las primeras lecciones racionales del Arte

de navegar, y cuya bandera flotaba orgullosa y envidiada en todos los mares, no fué, sin embargo, la primera que oyó las amonestaciones de Santa Cruz, y que procuró realizar sus útiles consejos. A tiempos felices y gloriosos sucedieron en España dias sin término de abatimiento; desvaneci6se nuestra supremacía en mar y tierra; y concluy6 nuestra influencia material é intelectual en todas partes.

Francia é Inglaterra fueron las naciones que mejor y más pronto comprendieron la importancia y sentido íntimo de las palabras de Santa Cruz: Inglaterra, sobre todo, merced al espíritu utilitario de su carácter. Si para que la navegacion prospere es menester que progrese primero la Astronomía, comencemos, dijeron los ingleses, por crear un Observatorio, dotémosle de los mejores instrumentos que sea posible adquirir, y consagrémosle principalmente al estudio de aquellos fenómenos celestes que con el Arte de navegar se encuentran más inmediata y estrechamente relacionados. En este sentido se redactó el decreto de creacion del Observatorio de Greenwich, que tuvo la gloria de firmar Cárlos II, por el año 1675: muy poco despues de comenzado á edificar el de París por órden de Luis XIV, con aspiraciones no tan bien definidas, ó mucho más vagas y generales.

¡Suerte feliz la del, en su origen, modesto Observatorio de Marina, erigido en el parque de Greenwich, y hoy el primer Observatorio del Mundo! Suerte debida, no tanto á la decidida proteccion que siempre la ha dispensado el Gobierno y al respetuoso cari6no de la nacion inglesa, cuanto al sobresaliente mérito de sus directores sucesivos:

de Flamsteed, primero; de Halley, luégo; y poco despues de Bradley, de Maskelyne, y de Pond; y por último de Airy, que cuenta ya cuarenta años de servicios, inapreciables en todos conceptos, al frente de aquel Establecimiento.

Y vuelvo á mi tema, apartando la vista con dolor de la contemplacion de glorias estrañas.

¿Por qué la nacion inglesa impera tiempo há sobre la ámplia superficie de los mares? —Muchas y grandes razones políticas y económicas habrá que sirvan para explicar este hecho incuestionable: no es de mi incumbencia averiguarlas; pero á quienes en ellas exclusivamente reparen, suplícoles que adviertan y tengan tambien en consideracion estas dos un poco estrañas coincidencias: primera, que con el predominio creciente y supremacía del poderío marítimo inglés, concuerda la proteccion dispensada en aquel país á los estudios astronómicos; y, segunda, que la Marina española sucumbió al mismo tiempo que se miraron con indiferencia y abandono aquellos estudios, y que cuando se ha pensado en regenerarla, ha sido menester pensar asimismo sériamente en fomentar el cultivo de las Matemáticas, de las Ciencias físicas y naturales, y como complemento de todas de la Astronomía.

A los reinados de Fernando VI y Cárlos III corresponde la época del renacimiento naval de España; y á la misma época, de actividad y movimiento en nuestros arsenales, la de fundacion de nuestros Observatorios.

Fué el primero de los creados el de Cádiz, por el año de 1754, siendo D. Jorge Juan director de la Academia de Guardias marinas, y con el objeto, si no exclusivo, prefe-

rente, de coadyuvar á la educacion científica de aquellos jóvenes; de familiarizarlos con el conocimiento de los cielos; de enseñarles algo más de lo que el rudo marinero aprende con la práctica; y de poner á los más sobresalientes en estado de desempeñar aquellas comisiones, de índole parecida á la que el mismo D. Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa habian ya desempeñado en el Perú, que el Gobierno creyera oportuno conferirles.

Pero las condiciones de la localidad no eran á propósito para que aquel modesto Establecimiento prosperase; y en 1793, siendo Mazarredo Comandante general del Departamento, y Director de la citada Academia de Guardias marinas D. Cípriano Vimercati, uno de los sábios italianos que acompañaron á Cárlos III cuando este Rey vino de Nápoles á ocupar el trono de España, se puso la primera piedra del actual Observatorio de San Fernando, en lugar perfectamente elegido.

Hasta el año de 1799 no pudo trasladarse el Observatorio de Cádiz á San Fernando: en época por cierto bien infeliz, de malestar en el interior y de lucha devastadora en toda Europa, que bien pronto salvó los Pirineos y se esparció por toda la Península. Los esfuerzos para organizar el nuevo Establecimiento, que su primer Director, el teniente de navío D. Rodrigo Armesto, y su inmediato sucesor, capitan de fragata, D. Julian Ortiz Canelas, desplegaron con grande entusiasmo, apenas dieron resultado alguno satisfactorio, ni era factible que le dieran. La guerra que España se vió obligada á sostener contra los ingleses, primero, y contra los franceses, luégo, y el quebranto de fuerzas y aniquilamiento consiguiente del país, se avie-

nen muy mal con el apacible ejercicio de la inteligencia, y la prosperidad y florecimiento tan difíciles de alcanzar de la Astronomía.

Pasaron años, y llegó el de 1822, en el cual hizo, por fin, cargo de la Direccion del Observatorio D. José Sanchez Cerquero: la persona más competente y más idónea en todos conceptos que para esto podia hallarse en España. Pero Sanchez Cerquero encontró el Observatorio desmantelado, ó provisto, á lo sumo, de instrumentos que, ni por la forma, ni por las condiciones de instalacion, podian serle de ninguna utilidad. Fué preciso encargar otros nuevos á Inglaterra: un péndulo de confianza, que no existia; un anteojo meridiano, ó de *pasos*; un *círculo mural* de grandes dimensiones, y hasta una pequeña ecuatorial para las observaciones extra-meridianas: instrumentos que fueron contruidos por excelentes artistas, como Jones, que habian ya trabajado para los Observatorios de Greenwich y de Carington, y que por lo mismo se hallaban en aptitud de cumplimentar los encargos y pedidos que se les hiciesen. — Ni se limitó á esto Sanchez Cerquero, ni hombre de tan claras luces, y tan empeñado en salir adelante con la noble empresa de dotar á España de un buen Observatorio Astronómico, podia contentarse con tan poco.

Para adquirir los instrumentos bastábale la proteccion del Gobierno; y para instalarlos acertadamente, estudiarlos y ponerlos en estado de prestar servicio, no necesitaba auxilio de nadie: mas ¿quién los manejaría despues? ¿Quién, atendiendo á sus prescripciones, sabria utilizarlos? ¿Quién más tarde los heredaría, y trasmitiria á las generaciones sucesivas la esperiencia adquirida y tradiciones científi-

cas del Observatorio? —Sanchez Cerquero tuvo el tino y la suerte de asociar á sus trabajos á hombres como Montejó, Hoyos y Marquez, nuestro nuevo compañero, y unidos los cuatro, y cooperando cada cual en su esfera; y, conforme sus diferencias de edad y de aptitudes lo permitian, alcanzaron la gloria de inaugurar los trabajos del Observatorio en 1833, publicando al propio tiempo los primeros resultados obtenidos, que fueron acogidos en los demás Observatorios y centros de ilustracion de Europa con aplauso y verdadera satisfaccion.

Por las causas que someramente dejo apuntadas, España no pudo contribuir en tiempo oportuno á los progresos de la Náutica por el estudio directo y minucioso de los fenómenos celestes; pues á fines del siglo pasado y principios del corriente, época de la fundacion del Observatorio de San Fernando, era ya un poco tarde para entrar en liza con este noble objeto. Pero el tiempo miserablemente perdido, hasta sin conciencia de que se perdia, podia en algun modo rescatarse, contribuyendo á divulgar la ciencia, y facilitando, sobre todo á nuestros navegantes, los medios ó elementos astronómicos necesarios para orientarse en alta mar, para determinar la longitud y latitud, ó señalar en cualquiera circunstancia *el punto en la carta*. Y á este fin se encaminó la disposicion tomada por Cárlos IV, mandando publicar con toda premura un *Almanaque náutico*, ó efemérides anuales para uso de los marinos, que reemplazase en España el de la *Connaissance des temps*, publicado en Francia desde el año de 1679 por Picard: las con mayor justicia renombradas *Efemérides* de Coimbra del célebre Monteiro de Rocha; ó la *Guia* del marinero inglés

(*British Mariners' Guide*), que á excitacion del astrónomo Maskelyne comenzó á imprimirse en Lóndres en 1763, y que en breve se convirtió en *The Nautical Almanac*, cada día más apreciado, y del cual se tiran todos los años 20.000 ejemplares: número enorme, si se atiende á la índole muy especial del libro, y que nos revela simultáneamente la influencia de la Astronomía en la Navegacion, ó el auxilio eficaz que presta la Ciencia al Arte, y hasta dónde llega tambien el poderío naval de la Gran Bretaña.

Curioso por demás y consolador es repasar los 86 volúmenes de que actualmente consta la coleccion del Almanaque Náutico de San Fernando, desde el primero, publicado por Vimercati en 1792, que consta de 200 páginas en 8.º, hasta el último correspondiente al año de 1877, por el discípulo y sucesor del Sr. Marquez, nuestro socio correspondiente, D. Cecilio Pujazon, que comprende 518 páginas en 4.º mayor. Y no solo se diferencian estos libros por el tamaño: por lo que más se distinguen es por el contenido y por el modo de redaccion, ó manera de proceder al componerlos.

Apremiado Vimercati por la falta de tiempo, falta de brazos auxiliares, y falta de todo, ménos de buena voluntad, inteligencia y entusiasmo, solo pudo cumplimentar las órdenes dictadas por el Gobierno, tomando, por regla general, del *Nautical Almanac* lo que juzgó más necesario y oportuno para componer su libro, con la única y muy natural precaucion de referir por interpolacion al meridiano de Cádiz las posiciones de los astros que en el original se hallan referidas al de Greenwich. Su trabajo directo se limitó, por de pronto, al cálculo de los fenóme-

nos dependientes de la paralaje lunar. Pero á los dos años de inaugurada, la publicacion española comenzó á revestir verdadero carácter original ó propio, á prescindir por completo de los trabajos análogos verificados en otros países; y á derivar de la fuente comun, de la ley de la atraccion universal, y de los principios fundamentales de la Astronomía teórico-práctica, las consecuencias y aplicaciones en ella contenidas. Y así lo demuestra el hecho tan elocuente de que nuestro Almanaque Náutico para 1792 contenga ya las posiciones del planeta, por entonces recién descubierto, *Herschel* ó *Urano*, que en el *Nautical Almanac* no figuraron hasta el año de 1793.

Adquirió el Almanaque español nueva importancia, desde que en 1822 Sanchez Cerquero se encargó de la Direccion del Observatorio de San Fernando, y en este concepto de la composicion y publicacion en tiempo oportuno de aquel libro. Los diversos trabajos de tan célebre astrónomo, que el Sr. Marquez ha tenido buen cuidado de mencionar en su discurso, casi todos encaminados á mejorar y facilitar la práctica de la navegacion, en el Almanaque fueron poco á poco apareciendo: en el de 1826 la «Memoria sobre el modo de hallar la latitud por medio de dos alturas del Sol, observadas fuera del meridiano, y el intervalo de tiempo transcurrido entre ambas;» en el de 1828 las «Nuevas fórmulas para calcular la aberracion de los planetas en longitud y latitud;» en el de 1829, la «Memoria sobre el uso de las alturas circunmeridianas del Sol y de las estrellas para la determinacion de la latitud;» en el de 1830, las «Fórmulas nuevas para el cálculo de la aberracion en longitud y latitud de los cometas;» y en los de

1830, 1831 y 1832 la «Memoria sobre el cálculo de los eclipses sujetos á paralaje.» El crédito del Almanaque aumentó rapidamente, como ya queda dicho, con la publicacion en sus páginas de estos trabajos, complementarios de su principal contenido; y por ellos, y por otros, tambien muy interesantes, insertos en *La Correspondencia Astronómica* del baron de Zach, Sanchez Cerquero mereció la señalada honra de ser nombrado miembro de la Sociedad Real Astronómica de Lóndres.

Pero el almanaque de San Fernando no conquistó el puesto honroso que en la literatura científica ocupa en la actualidad, ni llegó á competir en todos conceptos con las publicaciones análogas de otros paises, con el *Nautical Almanac* inglés, el *Jahr-buch* de Berlin y las modernas Efe-mérides americanas de Washington, hasta que, siendo Director del Observatorio el Sr. Montojo y primer astrónomo el señor Marquez, éste se encargó de la composicion y publicacion del libro. El Sr. Marquez sometió á una revision completa y análisis muy curiosa, todas las fórmulas, coeficientes y tablas dimanadas de la Mecánica celeste y basadas en los resultados de la observacion, que para componer el Almanaque deben emplearse; y encontró que no todos podian utilizarse con ilimitada confianza y sin enmienda: que, por ejemplo, en las tablas de Lindenau, arregladas al meridiano de Seeberg, y necesarias para el cálculo de los movimientos de los planetas Mercurio, Venus y Marte, existian errores de importancia; de mayor cuantía y trascendencia aún en las de Bouvard, correspondientes á los grandes planetas Júpiter, Saturno y Urano; y que hasta en las fórmulas propuestas por Bessel para el cálculo de la

*precesion* y determinacion de los lugares aparentes de las estrellas, habia *algo* mal interpretado y aplicado por todos los astrónomos hasta entónces; algo que irreflexivamente se omitia ó despreciaba como infinitamente pequeño, y que, sin embargo, no era permitido despreciar sin error sensible en los resultados. La rectificacion de las tablas de Lindenau y de Bouvard, indispensable desde que se habia perdido la confianza en ellas, proporcionó á nuestro compañero enorme trabajo, apénas conocido; pero el descubrimiento que hizo del error que se cometia en la aplicacion de las fórmulas de Bessel, le conquistó en cambio el aprecio de los astrónomos extranjeros: de sábios como Airy, director del observatorio de Greenwich, que se apresuró á confesar la ofuscacion que en este punto habia él hasta entonces padecido, y á disponer la rectificacion de los Catálogos de estrellas ya publicados por aquel Observatorio, de conformidad con lo advertido por el astrónomo español.

Data del año 1855 la gran reforma introducida en el Almanaque Náutico por el Sr. Marquez á consecuencia de sus anteriores investigaciones; y en el prólogo de los volúmenes correspondientes al mismo año, al de 1857, y, mejor todavía, al de 1870, se hallan consignadas las bases y fundamentos de la reforma. Por algo os decia yo, poco ántes, que era curiosa, y al propio tiempo consoladora, la inspeccion de los 86 volúmenes de la coleccion de aquel libro: curiosa, porque demuestra cómo una obra tan humilde en sus comienzos, puede desenvolverse y perfeccionarse poco á poco, á fuerza de inteligencia y de constancia; y consoladora, porque nos persuade con tan sencillo como elocuen-

te lenguaje, de que todavía es factible la regeneracion científica de la Patria.

Desde que el problema de la composicion del Almanaque pudo considerarse como plena y satisfactoriamente resuelto, gracias á la cooperacion que le prestó el malogrado astrónomo D. Enrique Alcina, preocupóle al señor Marquez otra cuestion más importante todavía, y de más difícil solucion; la de reformar el Observatorio, completarle y mejorarle, hasta ponerle á la altura de los primeros del mundo civilizado: pensamiento que abrigaba ya Montojo, de completar la obra iniciada en 1822 por su antecesor y respetado maestro Sanchez Cerquero.

Los instrumentos adquiridos por éste en aquella época, inmejorables entonces, se habian hecho viejos en pocos años, ménos que por el uso y por los estragos del tiempo, por los considerables adelantamientos de la Mecánica y de la Optica. Empeñarse en observar en 1860 con el antejo de pasos y círculo mural de Jones, admiracion de los astrónomos en 1830, era empeñarse en perder lastimosamente el tiempo y el trabajo que en las observaciones se emplease: si estas habian de competir en exactitud con las verificadas en el extranjero, y servir para los progresos futuros de la ciencia, menester era que el material de observacion se renovase, poniendo á los astrónomos españoles en estado de luchar con los de otros paises, siquiera con armas iguales. Ni aún el local de observacion, limitado y estrecho, podia conservarse intacto. O habia que renunciar al estudio práctico de la Astronomía, ó era menester levantar un nuevo templo donde pudiera rendirse decoroso culto á la divina Urania.

Bien persuadido de esta necesidad el Sr. Marquez, se consagró con actividad febril á idear y proporcionarse los medios de satisfacerla. Acude al Gobierno exponiendo las razones científicas, y hasta de conveniencia nacional, que en pro de la reforma militaban, y pidiendo los recursos materiales indispensables para llevarla á cabo en breve término; y el Gobierno aprueba sus planes y promete facilitarle cuanto fuere necesario para realizarlos. Y, despues de consultado el Sr. Airy, encarga á los artistas de Lón-dres, Throughton et Sims, Brunner, de París, y Repsold, de Hamburgo, un círculo meridiano que compite con el de Greenwich en dimensiones y finura de construccion; una hermosa ecuatorial cuyo objetivo mide 12 pulgadas de diámetro; y varios teodolitos: instrumentos todos de primer órden y dignos de los célebres artistas cuyos nombres llevan. Con ellos, y despues de reformado y completado—mejor fuera decir, de reconstituido—el antiguo Observatorio, la Marina española, representada en ésto por el señor Marquez, consiguió erigir sobre la solitaria colina de San Fernando un verdadero monumento astronómico, que en elegancia, riqueza y adecuada distribucion de sus partes, puede ponerse en parangon con los mejores de su especie en el extranjero.

A ejemplo de lo en otro tiempo ejecutado por Sanchez Cerquero, Marquez no se limita á ensanchar el área del Observatorio, á poblar sus diversos compartimientos de aparatos selectos, y á enriquecer con afan su ya muy copiosa biblioteca; sino que, advirtiendo cómo las fuerzas le van poco á poco abandonando, y temeroso de que en breve plazo le falten por completo, se rodea de inteligentes coo-

peradores, á los cuales transmite su entusiasmo, y aquella porcion de ciencia y experiencia que es de suyo transmisible; y crea, por último, dentro del mismo Observatorio un *Curso de estudios superiores* de Astronomía y de ciencias afines y auxiliares, con aquel noble objeto que D. Jorge Juan se propuso realizar en el primitivo Observatorio de Cádiz: con el de fomentar en los jóvenes de la Armada la afición al estudio, desenvolver por completo sus diversas aptitudes, y ponerlos en situacion de honrar á la Patria con el desempeño de lejanas y muy difíciles comisiones científicas; y tambien, si es que en su mente no fué el objeto principal, con el de formar un plantel de astrónomos, donde con acierto pudiera reclutarse en lo sucesivo el personal del Observatorio de San Fernando. —Sábía determinacion esta última, que asegura para siempre la suerte de la Astronomía en España, de la cual han de recogerse con el tiempo abundantes y sabrosos frutos, y que, despues de empleados algunos años en realizarla, ha permitido al señor Marquez abandonar materialmente el Observatorio, sin que los trabajos del Establecimiento se interrumpian ni comprometan: porque su espíritu ha quedado allí, como encarnado en el espíritu y modo de ser y de proceder de sus antiguos subordinados y numerosos discípulos.

Concluyo, Señores, y con mayor motivo que el señor Marquez, pidiéndoos como él me dispenseis la molestia y el fastidio que he debido causaros con la lectura de este pobre discurso, que ni siquiera tan pretencioso nombre merece. Nuestro reglamento exige que en solemnidades como ésta, alguien conteste al saludo del nuevo compañe-

ro, y le presente á la Corporacion. Cualquiera de vosotros hubiera podido suplirme con ventaja. Pero nadie tenia obligacion de hacerlo como yo, ligado como estoy con el Sr. Marquez por una antigua é inextinguible deuda de gratitud.—HE DICHO.