

# BOLETÍN

DE LA

**SOCIEDAD GEOGRÁFICA DE MADRID.**

---

## DISCURSOS

LEIDOS

**ANTE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES**

EN LA RECEPCION PÚBLICA

DE

**D. JOAQUIN BARRAQUER Y ROVIRA,**

EL DIA 1.º DE MAYO DE 1881.

---

### **Discurso de D. Joaquin Barraquer y Rovira.**

Señores: Persuadido de lo escaso de mi valer científico, y embargado el ánimo de respetuosa gratitud hácia este Ilustre Cuerpo que me honra, cual nunca pensé merecer, elevándome hasta él, me presento á recibir la noble insignia que ostentais en vuestros pechos, ese codiciado premio capaz de colmar las más altas aspiraciones, símbolo de merecimientos excelentes. Mostrarme digno de distinción tan singular, es deber de honor que me propongo cumplir mientras dure mi vida, consagrandome al estudio la suma de mis débiles fuerzas: más porque recelo que esto no sea bastante para ponerme á la altura de la misión de la Real Academia, he de invocar hoy de todas veras, como lo hago confiado, vuestra sabia indulgencia, de cuyo alcance juzgo que es la mayor prueba mi presencia en este lugar.

Entiendo, señores, que si exaltáis mi nombre, es para demostrar una vez más vuestra constante solicitud por el cultivo de la Geodesia. Apenas lograba España dar comienzo á los trabajos que, de consuno con los que realizan todas las naciones civilizadas, se dirigen al conocimiento matemático del Globo, y son base científica de la Geografía, cuando ya de entre los oficiales facultativos del ejército que tuvieron la gloria de iniciarlos, dos preclaros varones llegan, precedidos de su fama, á ocupar esos sitios. Sus obras ilustran los anales de la ciencia patria; y si la muerte nos arrebató temprano á uno de ellos, defraudando esperanzas halagüeñas, vemos aún al otro, por fortuna, entre nosotros. Seguir, procurando imitarles, por la senda que trazaron; y cuando no lo hubiera conseguido, cual fué mi anhelo, perseverar con ahinco durante más de veinte años en la colosal empresa: hé aquí los únicos títulos que me es dado alegar á vuestra benévola consideración. Por este motivo, aunque entre los numerosos ramos conexiónados con mi profesión de ingeniero del ejército, hubiera encontrado diversos temas para acatar el primer precepto de los Estatutos, he creído procedente, y hasta obligatorio, que mi pobre peroración versara sobre el gran problema que resuelve la Geodesia; sin estas circunstancias, fuera vana presunción mia solicitar vuestra atención disertando sobre una materia que, si por su creciente importancia y asombroso desarrollo, es origen de profundas especulaciones, ya en actos solemnes, como este, trataron elocuentes y autorizados labios.

Pero ante todo, cumplo grato deber dedicando un respetuoso recuerdo al ilustre Académico cuya vacante me habeis llamado á ocupar. Fué el Excmo. Sr. *Don Antonio Terrero* militar de raras prendas: procedente del Cuerpo de Artillería pasó al de Estado Mayor, en el que dirigió durante muchos años la enseñanza; su mérito y laboriosidad le hicieron acreedor á honrosas distinciones, entre ellas la de ser nombrado Vocal de la Junta consultiva del Mapa de España. En su larga carrera supo hermanar las acrisoladas virtudes del soldado con la modestia del sabio; y si la ciencia tuvo en él un hijo predilecto, y la Academia un firme apoyo, el ejército español

vió abrirse con su muerte un hueco más en las filas de aquellos veteranos, cuya veneranda memoria despierta en mí un sentimiento inefable.

Volviendo á mi asunto, y como quiera que la convicción de la propia insuficiencia no puede ser parte para eludir la grave responsabilidad que sobre mí pesa, ni menos justificaria el que me abandonase al desaliento, ántes bien debe avivar, si cabe, mi ardiente voto de corresponder á la insigne merced que me confirió vuestro sufragio, voy á exponeros algunas sucintas consideraciones sobre el importantísimo papel que representa el péndulo en la investigación de la figura de la Tierra, evitando penetrar en los campos de la Astronomía y de la pura Física más de lo que me sea indispensable.

Difícil sería encontrar en el rico tesoro de nuestro saber fisico-matemático un problema de más transcendental importancia, y á cuya solución se haya dedicado el hombre con mayor empeño y perseverancia de ingenio, que el de la figura y tamaño de la Tierra. Intimamente relacionada la figura matemática con las leyes materiales del movimiento, en la historia del problema se ve retratada la índole y el estado de progreso que en el transcurso de los tiempos alcanzó una gran parte de las ciencias que llamamos de observación. Si, estudiando paso á paso el desarrollo de los trabajos geodésicos que generaciones de sabios acumularon, se medita sobre los caracteres y se investigan los orígenes de los mil obstáculos vencidos, pesando los sacrificios y desvelos que supone la adquisición de un dato ó de un perfeccionamiento teórico, el ánimo queda suspenso ante tantos y tan nobles esfuerzos, y depúrase el criterio al beber en los pasados errores provechosa enseñanza. Mas en cambio de tales afanes, ¡cuán valiosos no son los frutos recogidos! Mídase, si no, el abismo que separa á la observación científica de la simple contemplación; la enorme distancia entre el ignorante que, refiriendo á sí, por un sentimiento exclusivo, cuánto le muestran los falaces sentidos, da rienda suelta á la caprichosa fantasía que le pinta una bóveda celeste sólida y transparente, espléndida corona de disco terrestre, y el observador moderno que, guiándose por principios

fijos y provisto de medios adecuados, prosigue en la tortuosa, pero segura senda, que le conduce al descubrimiento de las más pequeñas irregularidades de la figura del Planeta.

Dibújanse distintamente dos períodos en la historia de la Geodesia, señalados por una radical evolución del pensamiento. Caracteriza al primero, en realidad rudimentario, ó si que-  
reis, preparatorio, la ausencia del procedimiento experimental: época en que la verdad de los hechos se forja en la mente, no se busca en el severo exámen de los hechos mismos; en que las apariencias bastan para apoyar opiniones aceptadas *à priori*; fué, en una palabra, el período de las autoridades personales; y sólo cuando hace dos siglos se asentaron las inquebrantables bases de la filosofía natural, cuando proclamados la observación y los experimentos como autoridad científica, surge, atrevido y potente, el espíritu moderno, adquirió el problema su genuino aspecto, su majestuosa grandeza. Tan memorable conquista no habia de realizarse en un dia, ni ser obra solo de un hombre; muchos vinieron á depositar su piedra, uno el que coronó el edificio: este monstruo de ingenio, asombro de los nacidos, se llamó NEWTON; la clave que trabó materiales dispersos son sus inmortales *Principios de la atracción universal*. Ya indisoluble lazo da unidad á los fenómenos naturales de movimiento que son manifestaciones diversas según los mismos principios; la figura de la Tierra deja de ser un hecho aislado, y de objeto estéril se convierte en dato para fecundas investigaciones astronómicas y físicas que, conexionando unos tenidos ántes por independientes y descubriendo la existencia de otros, estrechan más y más las distancias entre estos ramos de la ciencia: que nunca puede erigirse en meta del saber el conocimiento de una magnitud ó forma, porque estas no son sino indicios con que la naturaleza nos convida incesantemente á inquirir sus leyes.

Escasas, y aún más que escasas, inciertas, son las noticias que llegaron hasta nosotros acerca de los conocimientos geodésicos en épocas primitivas; algún ambiguo texto da pié para conjeturas más ó ménos verosímiles, pero el origen histórico, propiamente dicho, no se remonta más allá de la antigua Gre-

cia. A seguida de las fábulas homéricas, vense brotar del genio especulativo de los filósofos diversos y peregrinos conceptos sobre la constitución del Universo y la figura de la Tierra: todas las opiniones tuvieron sus adeptos; dieron pasto á largas é inútiles controversias, para caer luego en el desprecio y en el olvido. Aunque parece que la escuela jónica enseñaba la *redondez* de la Tierra en el sentido de la *esfericidad*, asoma francamente esta noción exacta en boca de los pitagóricos, los cuales, fuera por tradición ó porque con las hipótesis que se debatían, ó mejor dicho, con los pareceres que en su tiempo habían sido motivo de disputa, no alcanzasen á explicarse algunos fenómenos, predicaban la supuesta analogía entre la ideal bóveda del Firmamento y la forma *globosa* de la Tierra. Euxodio de Gnido, el discípulo del *divino* Platón, y después el gran Aristóteles, aseguran que la figura esférica es un hecho; para el primero, las desiguales alturas de una estrella observada simultáneamente desde varios lugares manifiestan la convexidad uniforme de la superficie terrestre; Aristóteles la concluye de la tendencia natural de la materia hácia el centro común de todo el Universo, que se declara en las aguas (1); y por más que no les fuera posible evidenciarla, aquél descubrió el fundamento de las actuales mediciones de arcos de meridiano terrestre, y Aristóteles dió clara muestra de sagacidad consumada al columbrar la acción de la causa eficiente. Un paso más, y se entraba en el fértil terreno de la observación que descansa en la medida; este le iniciaron Eratóstenes y el estoico Posidonio, aunque, á decir verdad, sin comprender su transcendencia, puesto que ambos se propusieron únicamente valuar el tamaño de la Tierra, en el supuesto de la perfecta *esfericidad*. ¡Y cómo nó, si eran menester todavía diez y siete siglos para reconocer su inexactitud! En vano se buscaría en este largo intervalo progreso alguno tocante á la cuestión concreta de la figura: ni en la escuela de Alejandría, templo de las ciencias durante diez siglos, ni entre los platónicos de Atenas, ni después en la floreciente Bagdad, *ciudad de la paz*,

---

(1) *De Cælo*, L. II.

donde los árabes, ávidos de saber, custodiaban los preciosos despojos de la catástrofe dictada por el fanatismo de Omar, ni en la escuela del Cairo que su riquísima biblioteca avaloraba, ni, por último, en las de Córdoba y Toledo, que, aunque por breve espacio, pusieron á nuestra España á la cabeza del mundo intelectual, ninguno se descubre; y cuando fenecida la Edad Media se presentan síntomas precursores de la regeneración científica, el célebre médico de Enrique II de Francia, reanuda los ensayos de medición de arcos de meridiano en el mismo punto de adelantamiento en que los hicieron los alexandrinos y los árabes del Asia.

Un deplorable espíritu científico dominaba por entonces en Europa. Fomentada la indiferencia, más aún, el menosprecio hacía el estudio de las cosas naturales, veíase lo maravilloso contrapuesto victoriosamente á lo real y frecuente, que se tenía por fútil, y erigidas en verdades inconcusas, bajo la égida de temibles instituciones, los conceptos más absurdos y extravagantes; las obras de Aristóteles, del *Maestro*, ántes anatematizadas, contenían doctrina indiscutible; cualquier innovación era crimen ó locura; inventábanse agentes imaginarios y especiales, ó más bien, palabras vacías de sentido, para explicar los fenómenos que quedaban así sin correlación alguna, y cuando no, se apelaba al cómodo y siempre provisto arsenal de las causas ocultas; lo que hoy entendemos por *Método*, era absolutamente desconocido (1): fruto amargo de este estado había de ser la intolerancia en todas sus manifestaciones. Mas era llegado el momento de que la inteligencia empezase á reivindicar sus sagrados derechos, oponiéndose á los fueros de la autoridad impuesta, que arrogante decretaba sobre las leyes naturales; había sonado la hora en que la *física vil* se iba á

---

(1) J. F. W. HERSCHEL. *Discurso sobre el estudio de la filosofía natural*. Traducido por D. Jerónimo del Campo. Madrid, 1845.

Pinta el autor con vivos colores el estado científico de aquellos tiempos, y exclama: «Si la lógica de aquella bárbara época puede con razón definirse: el arte de hablar ininteligiblemente sobre cosas que se ignoran, debe considerarse su Física como una reflexionada preferencia de la ignorancia al saber en materias de experiencia y de uso cotidiano.»

convertir en fuente de la *noble ilustración*. Aparece la colosal figura de Galileo. Heraldo de la nueva era, en él se estrellaron las pasiones que la preocupación y la ignorancia alimentan; y al hacerlo, sublimaron su memoria. Y no era para menos el someter á pura crítica experimental las opiniones de Aristóteles, declarando que la Naturaleza es el único libro infalible.

Observa Galileo el oscilar de la lámpara del templo, y en su acompasado movimiento piensa descubrir un exacto isocronismo: tal fué el hecho sencillo, y al parecer trivial, de que germinó en su mente privilegiada el poderoso medio de investigación, ensalzado justamente con el epíteto de *escrutador nobilísimo de las cosas naturales* (1), ese instrumento admirable, y sin par por su sublime y típica sencillez; el péndulo, en fin. Aunque no era dable á Galileo alcanzar toda la importancia de su descubrimiento, le cree útil para medir la frecuencia del pulso, para la música, y especialmente de aplicación ventajosa en todas aquellas observaciones en que hubiese necesidad de apreciar pequeños intervalos de tiempo. Con el nombre de *reloj físico* lo empleó ya en los experimentos sobre el libre descenso de los graves, estudiando así este fenómeno por medio de otro inmediato efecto de la gravedad; experimentos que le sirvieron para fundar la ley de la aceleración, que Varro y el veneciano Benedetti habian pretendido poco antes demostrar sólo por razonamientos (2). Ofrecióle la torre inclinada de Pisa acomodada proporción para este objeto, y más de una vez fué el célebre monumento mudo testigo del escarnio que el populacho hacia del inventor. ¡Qué ajeno estuvo Galileo de que en el péndulo poseia, no una, sino dos pruebas incontestables del movimiento de rotación de la Tierra! ¡Cuán léjos de que esta rotación se manifestaba también en el fenómeno del descenso libre de los graves! ¡Cómo pudiera prever que si el anteojo le transportaba hasta los recónditos

---

(1) A. MAYER, *Dissertatio Physico-mathematica de deviatione et reciprocatione penduli*. Gryphiæ, 1767.

(2) J. B. BENEDICTI. *Diversarum speculationum math. et phys. liber*. Taurini, 1585.

ámbitos de los espacios estelares, el humilde reloj físico era sonda para explorar nuestro Globo, foco de luz que penetra á través de su masa, balanza que lo pesa, espejo do se refleja su figura!

Empieza el péndulo en manos de algunos astrónomos á cumplir su misión como *compás del tiempo*, bajo la forma más sencilla: un pequeño cuerpo muy denso, suspendido de un hilo flexible. Riccioli, comparando la duración de las oscilaciones de péndulos de distintas longitudes, obtiene la del que oscila en un segundo; Tycho-Brahe, Hevelius, Kircher, Mersenne y Mouton lo emplean también, contando de memoria las oscilaciones. Esta manera de proceder, á más de muy propensa á errores, era enojosa por la necesidad de mantener, con repetidos impulsos, el movimiento del péndulo, y su adopción, á pesar de este inconveniente, demuestra que el compás del tiempo sustituía en algunos casos con ventaja á las máquinas de reloj hasta que Huygens dió al mundo su grande invento. El descubre los defectos de isocronismo, que no apreció Galileo; funda la teoría de los centros de oscilación, intentada en vano por Roverbal y Descartes; encuentra la reciprocidad de los ejes de suspensión y de oscilación, y obtiene la curva del isocronismo teórico, imaginando un ingenioso artificio para realizarlo. La combinación de las fuerzas de gravedad y centrífuga le conduce al péndulo cónico, con cuya aplicación, si consigue la ventaja de que el reloj señale las unidades de tiempo sin sacudidas, en cambio no indica los momentos por golpe, como cuando el regulador oscila en un plano.

Cual sucede con tantos descubrimientos, se ha puesto en duda el derecho de prioridad del péndulo: unos suponen que ya en el siglo x los árabes se sirvieron de él para medir el tiempo (1); otros atribuyen al suizo Justo Birge la primera aplicación del péndulo á la máquina de reloj; quién dice que Sanctorius, á principios del siglo xvii, utilizó el primero

---

(1) DELAMBRE. *Astronomie du moyen-âge.*

para este objeto la propiedad del isocronismo (1). Lo seguro es que Galileo, en el ocaso de su vida, hizo, acompañado de su hijo, algunos ensayos sobre el empleo de un aparato, en el cual figuraba el péndulo, y que propuso para medir el tiempo á bordo un sector metálico, oscilando libremente sobre un eje central, y también que Hevelius intentó construir un indicador de segundos; pero parece que nadie, antes de Huygens, poseyó la idea que hace del péndulo el regulador de la marcha del reloj. Así la historia señala, y con justicia, á este grande hombre como primer inventor en la relojería de precisión y su obra célebre (2) es la limpia patente con que de derecho entra el péndulo en el palenque científico.

Admitiase todavía la exacta esfericidad de la Tierra, que ningún dato experimental, ninguna consideración teórica repugnaban; todas las mediciones geodésicas se habian dirigido á deducir el tamaño, y aunque ya se manifestaban crecidos desacuerdos entre resultados hipotéticamente comparables, la imperfección de los instrumentos consentia que se atribuyesen tan sólo á los errores de observación. Al péndulo estaba reservado entablar la cuestión de la figura, acusando la inexactitud de la hipótesis de esfericidad.

Con vuestra venia, señores, vuelvo por breves momentos la vista hácia atrás para recordaros cómo se venía preparando este gran acontecimiento. Eudoxio y Aristóteles, apoyándose en diferentes indicios, afirman la esfericidad de la Tierra, y aunque no la demuestran, esta opinión prevalece; las concepciones de ambos estriban en un mismo íntimo fundamento: la acción de la fuerza de gravedad. De un supuesto implícito sobre la dirección de esta fuerza y algunas consideraciones geométricas muy sencillas, se dedujo el procedimiento puramente geodésico, y no hubo dificultad en aplicarlo desde luego á la medición de arcos de meridiano terrestre, puesto que sólo se trataba de apreciar magnitudes lineales y angulares, con

---

(1) T. YOUNG. *A course of lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts*. London, 1807.

(2) *Horologium oscillatorium*, 1673.

más ó menos aproximación. Pero no podía salir el problema de este punto de vista estacionario, sin mejorar la hipótesis; y para esto era indispensable poseer nociones claras y precisas de Física y Mecánica, y medios de observación suficientes para analizar los orígenes de la figura; entónces llegaría á ser fecunda la sutil conclusión de Aristóteles. Dirige Galileo su atención al libre descenso de los graves, al efecto más tangible del agente universal, causa de la figura, y funda la Dinámica. La desigual energía de la fuerza de gravedad en la superficie terrestre, que la observación de este fenómeno hubiera podido descubrir con el tiempo, la revela en breve plazo la lámpara oscilante. Galileo no inquiere cómo el péndulo en reposo y en movimiento es trasunto de esta acción; no ve el grave que cae continuamente sin salir de una pequeña curva, ni á la fuerza encadenada con una magnitud lineal, medida de su intensidad; se detiene ante el isocronismo, que le ofrece una propiedad inestimable. Merced al ingenioso escape, Huygens hace del reloj físico el medidor del tiempo. Aunque importante, el péndulo reviste todavía un carácter secundario; pero bien pronto habia de erguirse independiente: esclavas tuyas eran las agujas indicadoras, y tal vasallaje no podia permanecer desatendido en cuanto se observara la marcha de un reloj en lugares de muy distinta latitud geográfica; entónces aquéllas pondrian de manifiesto la diferente intensidad de la fuerza que regulaba, en cada uno, sus movimientos. Y esto fué lo que sucedió: marcha Richer á Cayena á efectuar observaciones astronómicas, y queda atónito ante el retraso de su reloj de péndola, y tanto, que «apénas podia dar crédito á sus ojos (1).» ¿Previeron los astrónomos y geodestas la existencia del fenómeno? Cierto es que antes del viaje de Richer se habia insinuado en el seno de la entonces joven Academia de Ciencias de París, la posibilidad de que las pesas de un reloj *pesasen menos* á medida que éste se colocase en lugares más próximos al Ecuador; pero sin que se le diera más valor que el de

---

(1) HUMBOLDT. *Cosmos*.

una simple conjetura. Cuando, pasados cinco años desde el regreso de Richer, se hizo público lo que él había observado, dudóse de su realidad, porque las observaciones de Picard en Uraniburgo, comparadas con las hechas en París, en varios puntos meridionales de Francia, en Lóndres y en el Haya, no lo confirmaban unánimemente; y por esta razón se intentaba cohonestar las anomalías con imaginarios efectos de temperatura y de rarefacción del aire ambiente, antes que asentir á una disminución regular en la fuerza de gravedad, que Picard más que otro alguno se obstinó en negar todavía durante mucho tiempo (1). El asombro de Richer es prueba incontestable de que ignoraba la conjetura ó la juzgó inverosímil; y en cuanto á Huygens, él mismo confiesa que nada sospechó, al decir (2): «No veo otra razón para explicarlo sino porque bajo el Ecuador pesen menos los cuerpos que en otros países que se alejen de él;» añadiendo: «Reconocí, así que me comunicaron este fenómeno, que la causa podría referirse al movimiento de la Tierra.» Poco despues que Richer, Halley, en la isla de Santa Elena, y Varin, Deshayes y Glos (3) en la misma Cayena, se aperciben del fenómeno, que luego confirman más y más otras observaciones en la Martinica, Brasil, Portobello, en el reino de Siam y en distintos lugares de las costas de Africa.

Ven la luz los inmortales *Principios*, proclamando que el movimiento de rotación de la Tierra era la causa de la desigual energía de la gravedad en la superficie bajo dos aspectos: por la fuerza centrífuga que modifica las acciones de la atracción, y porque la figura del Globo en conjunto, supuesta la

---

(1) HUMBOLDT. *Cosmos*.

(2) *Traité de la lumière*, où sont expliquées les causes de ce qui luy arrive dans la reflexion et dans la refraction, et particulièrement dans l'étrange refraction du cristal d'Islande. Avec un *Discours de la cause de la Pesanteur*. Par M. Christian HUYGENS, Seigneur de Zeelhem. Leide, 1690.

(3) «Cassini les habia dado instrucciones especiales, porque se dudaba de si el acortamiento del péndulo de segundos, observado en Cayena por Richer, era una verdad, ó provenia de errores de observacion.» DELAMBRE. *Histoire de l'Astronomie moderne*.

homogeneidad de la masa y un primitivo estado de fluidez, debe ser la de un esferoide de revolución achatado por los polos del eje, exigida por las leyes del equilibrio. Acójense desde luego en Inglaterra con entusiasmo las ideas newtonianas, y esto hace que algunos sabios, como Keill y Friend, procuren extenderlas por análogos principios á diversos fenómenos físicos y químicos; no así en el Continente, donde se recibe la nueva teoría con prevención y hasta con soberano desdén; mas la Verdad habia hecho oír sus acentos, y su triunfo era inevitable: el proceso de la razón que se inició en Galileo estaba fallado. ¡Cuánto tiempo, sin embargo, habia de durar la inútil apelación de esta sentencia! Empiezan por calificar á Newton de visionario, estimando que recurría á una causa oculta, á él, que depuró la filosofía natural de cuestiones extrañas, y reprobaba el abuso de sistemas y de hipótesis aventuradas; y esto, ¿quiénes con más vehemencia? los admiradores del sistema cósmico de Descartes, aquellos que sin duda acomodaban mejor á su inteligencia los artificiosos torbellinos, que por su vaguedad nada explicaban, que las leyes sencillas y concretas de la atracción; sin atender á que al rechazarla por misteriosa, admitian sin escrúpulo la no menos misteriosa causa de los pretendidos torbellinos.

En cuanto á la parte que pudo caber á Huygens en los orígenes de la teoría matemática de la Tierra, no há lugar á duda alguna: defensor primero del sistema cósmico de Descartes, cuyos puntos oscuros intentó en vano esclarecer, pretende luego perfeccionarlo, y presenta á la Academia de Ciencias de París un trabajo, en el cual trata de explicar la gravedad en la superficie terrestre por el esfuerzo de una materia etérea que, girando en cada capa esférica alrededor del Globo en todos sentidos, empuja hácia él á los cuerpos que no siguen este movimiento. No consta en parte alguna que Huygens tuviera idea del achatamiento terrestre antes de leer los *Principios* de Newton (1); y de tenerla propia es preciso convenir con

---

(1) Delambre, á quien su cargo de Secretario perpetuo de la Academia de Ciencias de París facilitó tener á la vista los documentos auténticos, afirma que hasta

Delambre, en que fuera muy singular su silencio, guardado por mucho tiempo, sobre un descubrimiento tan bello. En el Apéndice al *Discurso sobre la causa de la gravedad*, impreso en 1690, Huygens no acepta la atracción newtoniana, porque «no se explica por ningún principio de mecánica, ni reglas de movimiento.» Respecto á la universalidad de esta fuerza, dice: «Hacia tiempo que habia imaginado que la figura esférica del Sol podria haberse producido de la misma manera que creo se produjo la de la Tierra, pero no habia extendido la acción de la gravedad á tan grandes distancias como del Sol á los planetas, ni de la Tierra á la Luna.» Y añade: «No habia pensado tampoco en esa diminución regular de la atracción relacionada con los cuadrados de las distancias.»

Siguiendo la suerte reservada á los grandes hombres que se adelantan á su siglo, cuando no es ya posible tachar á Newton como innovador audaz, se le moteja de plagiario, procurando amenguar su mérito. Nadie puede poner en duda que los estudios de Galileo sobre el descenso de los graves y la trayectoria de los proyectiles oblicuamente lanzados, la teoría de las fuerzas centrales de Huygens, y en general los progresos de las Matemáticas y de la Mecánica, iban preparando el descubrimiento del sistema del mundo; que Bacon y Copérnico, Keplero y Borelli, Halley, Rømer y tantos otros tuvieron ya nociones sobre la atracción y sus efectos, y Roberto Hook más precisas que otro alguno; pero la universalidad de la fuerza, la expresión de sus acciones, la concepción que lleva impresa el sello de peregrino talento, pertenecen por entero á Newton. ¿Por qué, si no, casi todos sus contemporáneos, incluso el gran Leibnitz, se alzan contra la *novedad*, cuando se publicaron los *Principios*, y no antes? Y por otra parte, ¿cómo explicar que Huygens, estando de acuerdo en las consecuencias generales sobre la figura terrestre, rechace en absoluto la atracción newtoniana? Era que el prestigio de Des-

---

Newton nadie habia hablado todavía del achatamiento terrestre, y dice expresamente «no he visto estampada con anterioridad esta palabra en ninguno de los documentos de la Academia.» *Histoire de l'Astronomie moderne.*

cartes tenía ofuscadas las inteligencias, sobreponiéndose todavía los primores de la imaginación á testimonios materiales; era que con un postrer esfuerzo libraban á banderas desplegadas su última batalla las escuelas antiguas, lucha decisiva entre el genio que con osadía crea un mundo ideal, y el prudente, aunque no menos profundo, que se dirige, apoyado en la observación, á sorprender los secretos naturales. Los cartesianos vencidos, mas nunca convencidos, persisten en que Newton debió gran parte de su gloria á Descartes, á aquél cuya grandeza no le impidió decir, hablando de las obras de Galileo (1), «que no encontraba en ellas nada que admirar, y muy poco de que hubiese deseado ser autor,» y se complacen en decir que la doctrina de Newton había de ser efímera: ¡menguada conjetura, digna de reprobación!

Aún van más lejos los que sostienen que en la antigüedad se poseyeron ya noticias cabales sobre la atracción universal de la materia, después desconocidas, fundándose en textos ambiguos, algunos de autenticidad sospechosa, interpretados bajo el punto de vista de los conocimientos actuales. Con solo abrir aquellas obras que se encomian por clásicas, descubrimos á través del tejido informe de heterogéneos asuntos que constituía primitivamente la Física, un espíritu divorciado con la observación é incompatible con la ciencia moderna. Anaxágoras, y con él otros muchos filósofos, creen que los astros experimentan una tendencia hácia la Tierra, centro de sus movimientos, y esto es todo; para Platón, la tierra es centro atractivo únicamente de las cosas de su misma naturaleza, como sucede con cada uno de los cuatro elementos; Aristóteles distingue los dos *apetitos* absolutos que clasifican á los cuerpos en graves y leves, y dice que la fuerza de gravedad es tanto mayor, cuanto más cerca está el cuerpo del centro de la Tierra, que lo es del Universo, y que la velocidad de caída de los graves es proporcional á sus masas; Hiparco, por el contrario, juzga que esta fuerza está en relación directa con la distancia; y Ptolomeo renueva el sistema de Platón, asegu-

---

(1) *Lettres de DESCARTES*. T. II.

rando la existencia de las cuatro regiones en las cuales propenden á reconcentrarse los respectivos elementos. Mas ¿á qué fatigarse en buscar lo que no se pudo conocer en épocas ignorantes de los principios del movimiento? Esto no obsta para que algunos autores de nota, apasionados de lo antiguo, sólo por su condición de tal, á quienes ciega la ilusión de la distancia en tiempo, más engañosa y difícil de desvanecer que la del espacio, opinen, extremando su juicio, que nada ó poco se debe á los modernos, y llegue alguno hasta consignar «que lo poco que hizo Newton, pudo aprenderlo de otros (1).» Y ¿cuáles, en sustancia, el fundamento de muchas aseveraciones semejantes? De que el pitagórico Empédocles, por ejemplo, celebra, en poético arranque, la *amistad* y la *discordia* que, contra puestas, tienden naturalmente á reunirlo todo y á disiparlo todo, manteniendo así el orden en el Universo, infiere un famoso escritor (2), que estas expresiones denuncian paladinamente á las fuerzas de atracción y centrífuga; porque Pitágoras al extender sus vagos ensueños de armonía al curso de los astros, menciona que si distintas cuerdas músicas han de estar unísonas, deben ser sus tensiones proporcionales á los cuadrados de sus longitudes, aseguran otros que conoció sin duda alguna la variación de intensidad de la fuerza atractiva en relación íntima con los cuadrados de las distancias. ¡Ah, señores! La sana crítica de la historia de las ciencias há menester de sólidas razones para asentar sus fallos; si la actividad de privilegiadas inteligencias produjo en la antigüedad, y esto no es dudoso, creaciones grandiosas hasta en el error; si la doctrina del Renacimiento, al romper la más odiosa de las cadenas, se mostró altanera y un tanto ingrata hácia las escuelas antiguas, no hay derecho para atribuir á éstas, sin palmarias pruebas, los más valiosos adelantamientos de los tiempos modernos. La Ciencia rechaza el adagio del rey filósofo, en el sentido de negación del progreso indefinido: que no es muestra este progreso comparando tiempos relativamente

---

(1) DUTENS. *Recherches sur l'origine des découvertes attribuées aux modernes.*

(2) FRERET. *Mém. de l'Acad. des Inscript.* T. XVIII.

próximos, puntos cercanos de una oscilación del entendimiento humano, el cual, si yació adormecido durante algunos períodos, fué para despertar luego vigoroso, recuperando de súbito y con usura el tiempo de su letargo, y cual ninfa inerte recibir prisionero, con nueva forma, gérmen de futura vida, lanzándose despues, ya libre, á regiones no exploradas, cuya existencia ni siquiera acertó á vislumbrar.

La esfericidad del globo, la que pareció verdad durante veinte siglos, la creencia ajustada á rancias ideas de perfección, que tanto influyeron, aunque no siempre favorablemente, en el desarrollo de la astronomía, quedaba desvanecida por la mágica palabra del egregio filósofo inglés, naciendo así el problema de la figura investido de su carácter fisico-matemático. Ganoso estaba el mundo científico de que las observaciones pusiesen á prueba la nueva teoría, y esperábanse, por lo tanto, con impaciencia los resultados de la medición de arcos de meridiano, que Domingo Cassini dirigia á la sazón en Francia. Llega el momento anhelado, y créese, á causa de una singular paradoja, que aquéllos confirman la hipótesis newtoniana; mas en breve una sencilla consideración geométrica conduce á la conclusión opuesta, que Cassini acepta sin titubear un momento (1), porque los recientes trabajos geodésicos eran dignos, á su entender, de completo crédito. La figura terrestre fué para Cassini y sus admiradores la de un esferoide alargado hácia los polos: ni las observaciones con el péndulo, ni el achatamiento de Júpiter, ni la libración, ni las leyes de la hidrostática les hacen desistir de esta opinión, sino que, por el contrario, partiendo siempre de que la figura alargada es un hecho patente, buscan razones en su apoyo. La medición del arco en el paralelo de Brest, con que Cassini de Thury creyó decidir la cuestión (2), recrudece la disputa; se forjan

---

(1) *Mém. de l'Acad. des Sciences de Paris*, 1713.

(2) *Mém. de l'Acad. des Sciences de Paris*, 1735. Cassini de Thury, refiriéndose á la forma alargada hácia los polos, dice con muy poca oportunidad: «Cette découverte si utile aux sciences et à la navigation, et en même temps si glorieuse à la France, sera due à l'Académie.»

nuevos sistemas favorables á la hipótesis francesa, y alguno de estos trabajos merece ser premiado por la Academia de Ciencias de París (1). Templadas ya algun tanto las pasiones, llega á manos de Godin la Memoria sobre la aberración, que el *modelo de los observadores*, el eminente Bradley, habia leído algunos años ántes en la Sociedad Real de Lóndres; Godin saca de este trabajo importantes consecuencias, y aboga con Maupertuis porque se efectúen operaciones geodésicas en condiciones propias para la ilustración del asunto. La Academia de Ciencias de París, dando muestra inequívoca de sus elevadas miras, toma la iniciativa y obtiene los medios para llevar á cabo las expediciones al Perú y á Laponia, que habian de asentar definitivamente la consecuencia general de la figura, según los principios newtonianos, poniendo término á la famosa controversia que duró cerca de medio siglo, y que vale á un autor francés (2) el calificativo de *escándalo científico*. Y al llegar á este punto me apresuro á consignar un nuevo tributo de admiración á la gloriosa memoria de los dos primeros geodestas españoles, de aquellos eminentes oficiales de nuestra Armada, D. Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa, que tan alto pusieron y mantuvieron su nombre en las apartadas regiones ecuatoriales.

Desde que, reconocida la mutua dependencia entre la figura del globo terráqueo y la fuerza de gravedad, las mediciones con el péndulo se dirigieron al objeto geodésico, se echó de ver el exquisito esmero que requerian. Según la opinión de Huygens, las indicaciones de sus *autómatas* en diferentes lugares era el medio mejor de conocer las intensidades relativas de la gravedad, pareciéndole de menor importancia las acciones que podrian producirse en la máquina sobre el movimiento oscilatorio del regulador, que los errores anejos á la medida de la longitud del péndulo. Sin embargo, por los inconvenientes que llevaba consigo el exclusivo empleo del reloj de péndola, y creyendo atender á la necesidad de eliminar los

---

(1) J. BERNOULLI, *Essai d'une nouvelle Physique céleste*. Paris, 1735.

(2) MONTFERRIER, *Dictionnaire des mathématiques*.

efectos de temperatura, pues se comprendía que de no tenerlos en cuenta, las indicaciones del reloj ántes fueran termométricas que de tiempo ó de fuerza, se aceptó también el aparato especial de péndulo ó *péndulo de comparación ó de experimentos*, que oscilando libremente, sometido sólo, en lo posible, á la gravedad, tuviese una forma sencilla, y con el cual se podrian lograr determinaciones absolutas y relativas.

Antes de las expediciones al Perú y á Laponia se poseian pocas y muy imperfectas observaciones con el péndulo, y efectuadas en su mayor número en lugares relativamente próximos entre sí y al Ecuador, se apreciaban «insuficientes para dar la seguridad de que por toda la superficie terrestre, la gravedad disminuye del Polo al Ecuador (1).» Investigar este punto era una parte interesante del programa científico de los expedicionarios, y los resultados que obtuvieron, aunque muy erróneos todavía (2), superaron en precisión á cuantos se conocian. Bouguer, con el llamado péndulo simple, hace observaciones en varios lugares, entre ellos el monte Pichincha, en el cual, según él, debía resultar la longitud del péndulo de segundos más pequeña que en otro cualquiera del globo; y por otras, en Quito, pretende averiguar si existen irregularidades en el movimiento de rotación de la tierra. Por su parte Godin y La Condamine, midieron también la longitud del péndulo de segundos: aquél, con un aparato de Graham, y el segundo por medio de un péndulo de dos metros de longitud, y siguiendo el método de *concursos ó coincidencias* que Mairan había ideado y empleó el primero, aunque se suele atribuir equivocadamente á Borda. Nuestros sabios compatriotas cooperan con los franceses en algunos trabajos de péndulo, y efectúan de por sí unos muy notables en Quito, también con el llamado péndulo simple, y guardando inusitadas precaucio-

(1) MAUPERTUIS, *La figure de la terre*.

(2) *Histoire de l'Acad. des Sc.*, 1735. Los académicos que fueron al Perú confiesan que «era imposible responder de una décima de línea en la longitud del péndulo de segundos.»

nes (1). Por el mismo tiempo, Maupertuis, y Clairaut, en Laponia, estudiaban la fuerza de gravedad y hacían curiosos experimentos con péndulos de diversas sustancias.

La importancia de estas memorables expediciones no estriba principalmente en los resultados inmediatos que de ellas se obtuvieron, sino en que al poner éstos de manifiesto la irregularidad de la figura terrestre y sus causas, al descubrir que su investigación implica cuestiones tan complejas, demostraron la necesidad de una solución progresiva, que la análisis y la observación de consuno habían de realizar. Vióse desde luego que la figura elipsoidal de revolución que suponía la homegeneidad de la masa, en un estado primitivo de fluidez, quedaba desmentida por los valores numéricos deducidos de las mediciones de arcos terrestres. Movidos los autores por el laudable deseo de llegar á una solución suficiente, tratan en vano de acordarlos entre sí, y con los que daban los trabajos hechos casi simultáneamente en Francia, dentro de otras hipótesis de figura. Las observaciones sobre la fuerza de gravedad acusaban también un desacuerdo: con la disminución de latitud geográfica decrecía sin duda alguna la longitud del péndulo de segundos; pero sin guardar la ley prescrita por cualesquiera de las elipses meridianas determinadas por cada combinación de dos arcos. Léjos, pues, de haberse alcanzado un conocimiento, al que fuera lícito imprimir el sello de definitivo, ofrecía el problema de la figura un aspecto muy complicado; achácanse las anomalías, en su mayor parte, á las modificaciones que la dirección y energía de la gravedad debían experimentar por las diversas contextura y densidad de la masa del globo; y porque la influencia del Chimborazo sobre la plomada no correspondió con lo que podía esperarse

---

(1) *Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. Mag. en los reinos del Perú*, por D. JORGE JUAN y D. ANTONIO DE ULLOA. Madrid, 1748. Entre otros muy curiosos detalles, mencionan «que al aproximarse al aparato se cubrían la boca lo mejor que permitía la precisión de haber de respirar, para que el aliento no interrumpiese las oscilaciones, y en esta conformidad notaban cuando el péndulo y el reloj de péndola fenecían una vibración unánimes.» D. Jorge Juan fué el primero que aplicó el célebre teorema de Clairaut.

del volúmen y figura de la montaña, se cree probable la existencia de grandes cavidades internas. Además, como los incrementos de intensidad de la gravedad de uno á otro lugar se separasen ménos de los teóricos que los correspondientes de los valores lineales de los arcos terrestres de iguales amplitudes, esto indujo á pensar que, en general, las irregularidades en la distribución de la masa próximas á la superficie, eran muy influyentes en las mediciones de arcos, porque desviaban la dirección de la plomada, pero que sus efectos sobre la intensidad de la gravedad resultaban relativamente pequeños. Este orden de consideraciones, desarrollando ante los ánimos dificultades formidables, produjo en un principio natural desaliento, é hizo temer que por los procedimientos geodésicos conocidos no se podría lograr bastante aproximación.

Si los adelantamientos científicos alcanzados á mitad del siglo pasado pusieron de relieve tamañas dificultades, en ellos mismos se debían buscar nuevos elementos para vencerlas ¡Tal es la índole de las investigaciones experimentales! Cada obstáculo que surge para la consecución de un objeto, es veneno fecundo de conocimientos que le engrandecen; y al mejorar la hipótesis, se extienden los límites del problema propuesto: cuando iluso piensa el hombre asir la verdad para contemplarla frente á frente, sólo encuentra entre sus manos un girón del manto que la vela, y al volver de su sorpresa la ve lejana y creciendo en majestad y belleza.

Breve fué este momento de vacilación, presagio de nuevos progresos. Juzgóse con acierto que convenía precaver en lo sucesivo un origen de frecuentes errores, cual es la predisposición que nos inclina hácia todo aquello que parece regular y sencillo; que las hipótesis, si son admisibles mientras no se oponen abiertamente á los hechos, nunca tienen derecho á ser la última palabra de los problemas naturales, y que por esto, si de la figura esférica se pasó á la elipsoidal de revolución, á su vez no confirmada por las observaciones, ¿era acaso lógico, decían, esforzarse en cohonestar definitivamente los recientes datos dentro de otra supuesta figura? No habia caído en olvido

el desenlace de la polémica entre Newtonianos y Cassinistas: el rudo desengaño aconsejaba circunspección, tanto con respecto al grado de confianza que se debía atribuir á resultados de mediciones, cuanto en sacar consecuencias que podrían pecar de temerarias; comprendióse que éstas no eran rigurosamente aplicables sino á las localidades y en las circunstancias en que se hicieron las observaciones, y que, por lo tanto, para fundar un conocimiento aproximado de la figura terrestre, era indispensable, ante todo, apoyarse en gran copia de datos recogidos en muy distintas regiones de la superficie.

Triunfaban al cabo las ideas de Newton: Bouguer, el último académico apóstol del cartesianismo, se convierte en propagador de la nueva doctrina. Con la ley universal de la materia, Newton había indicado en la análisis infinitesimal la piedra de toque que la avalora; él no la utiliza en la determinación de la figura de la Tierra, y se vale de un medio indirecto, que sólo su ingenio prodigioso basta á suplir. Desde entónces, esta teoría no había adelantado ni un paso; pero á seguida de los trabajos en el Perú, comienza la no interrumpida serie de investigaciones de Clairaut, Maclaurin, Euler, Alembert, Lagrange, y del gran Laplace, que la elevan á su mayor generalidad, demostrando que la figura elipsoidal conviene con las condiciones del equilibrio de una masa flúida, poco diferente de una esfera, formada por capas cuya densidad siga una ley cualquiera, y animada de un movimiento de rotación uniforme alrededor de un eje invariable.

Colocado ya el péndulo por Bouguer en el lugar que como instrumento geodésico le señaló Newton (1), le vemos concurrir con las mediciones de arcos terrestres á valuar el achatamiento, con importancia creciente, al par que se perfeccionaban las teorías de Huygens y los medios para vencer la esencial dificultad: reducir las observaciones hechas con el péndulo físico al caso del ideal ó simple.

No esquiva Bouguer esta dificultad, ántes la acomete, y

---

(1) *Principia*, L. 3. «Et certius per experimenta pendulorum, deprehendi possit »quam per arcus geographice mensuratos inmeridiano.»

francamente se esfuerza en vencerla. Consistía en los dos principales extremos: conocer la longitud del péndulo de experiencias y la duración de un número de oscilaciones isócronas y en el vacío. Apercebido de la incertidumbre que cabía en el primero, iba, según su propia frase, directamente al objeto, dando al hilo de pita de su péndulo una determinada longitud. No satisfecho por completo con el llamado péndulo simple, tanto porque temía irregulares cambios en ésta, cuanto por el recelo, hartamente justificado, de que el punto fijo durante el movimiento oscilatorio no correspondiese con el de suspensión, propone y prefiere el aparato conocido por *péndulo invariable*. Respecto á la reducción al vacío, se limitó á calcularla por la disminución que ocasionaba el medio en el peso del péndulo. No quiere esto decir que Bouguer desconociese la teoría del movimiento á través de los flúidos, ni los numerosos experimentos en que se fundaba, no podía ignorar los que Riccioli, Deschales, Frénicle, Mariotte y Lahire habian efectuado sobre el fenómeno primordial del libre descenso, ni que Newton, al dar forma al asunto, elevándole á grande altura por sus aplicaciones inmediatas á la astronomía física, á la náutica y tantos ramos de la industria, considerada ya como orígenes de la resistencia al movimiento, además de la inercia, la adherencia del flúido al cuerpo sólido, su cohesión, tenacidad, y el rozamiento producido; Bouguer sabía todo esto, tenía noticia de las curiosas investigaciones sobre la ley de resistencia, efectuadas por Hawksbee y Desaguliers, y también de que Leibnitz distinguía en la resistencia total del medio las partes absoluta y relativa; lo que juzgó fué que dentro de cada oscilación del péndulo tales causas no influirían más allá de una millonésima parte de la duración, y que aun repetidas y acumuladas las diferencias, no merecían ser objeto de corrección especial.

No puedo pasar en silencio la parte que tomó España en el caudal de observaciones hechas con el péndulo durante el período que cierran las célebres de Borda. D. Jorge Juan y don Antonio de Ulloa tuvieron en el seno del cuerpo de la Armada dignos sucesores en saber y patriotismo. Bajo la inmediata dirección de Varela, Tofiño, Mazarredo, Císcar, Alcalá Galiano,

Churruca y otros, se efectuaron numerosas expediciones científicas, que nos habian enriquecido con mapas hidrográficos de las costas de la península y de nuestras posesiones en distintas partes del globo (1), cuando Francia, en los dias de su revolución, se proponía el establecimiento del sistema de pesas y medidas, fundado en la longitud del péndulo teórico de segundos, á 43° de latitud y al nivel del mar. El Gobierno español, inspirándose en tendencias de progreso, decretó que el encargo que á la sazón desempeñaban Malaspina y Bustamante se extendiese á medir la longitud del péndulo de segundos en varios lugares, eligiéndolos con preferencia en latitudes australes correspondientes á las boreales en que observaran los franceses; entendiendo que estas operaciones debian contribuir de un modo eficaz á ilustrar la debatida cuestión sobre la semejanza de la figura en uno y otro hemisferio. Valiosos resultados prometía la empresa; pensando sus autores que «para formar idea de la figura del meridiano es el mejor medio el examen del péndulo en dos lugares propios para deducir la alteración que ha tenido (2).» D. Gabriel Císcar, refiriéndose á estas observaciones que tuvo la satisfacción de calcular, aunque no por procedimientos tan perfeccionados como los que empleó despues Mathieu (3), opina «que forman una colección preciosa suficiente por sí sola para determinar, con despreciable diferencia, la verdadera figura de la tierra (4);»

---

(1) *Memorias sobre las observaciones astronómicas hechas por los navegantes españoles en distintos lugares del globo, ordenadas por D. JOSEF ESPINOSA Y TELLO, jefe de escuadra de la Real Armada. Madrid, 1809.*

(2) *Experiencias sobre la gravedad hechas con un péndulo invariable en los puertos de Europa, América y Asia, Mar Pacífico y Nueva Holanda en el viaje de las corbetas Descubierta y Atrevida. (En la obra citada anteriormente, Memorias sobre las observaciones astronómicas hechas por los navegantes españoles, etc.)*

(3) *Connaissance des Temps pour l'an 1816.*

(4) Esta cita se refiere á un manuscrito firmado por Císcar y fechado en 10 de Mayo de 1821, existente en la Biblioteca de la Escuela especial de Caminos, Canales y Puertos, que debía servir de *Prólogo* á una segunda edición, no llevada á efecto, de la *Memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales fundados en la naturaleza*. Madrid, 1800. En este manuscrito se consigna que: «Las observaciones hechas en Madrid en 1800 con los cuatro péndulos descritos en dicha nota» (nota II de la *Memoria elemental*, etc.), comparadas con las hechas en París el año

y por más que á este juicio no pueda concederse una incondicional validez, los trabajos de Malaspina rayan á la altura de los mejores de aquel tiempo.

En esta frase de nuestro inolvidable compatriota Císcar se descubre un achaque cuya influencia se ha hecho sentir todavía en épocas más recientes, y que proviene de un apasionado criterio sobre la precisión y alcance de las observaciones. Aquella extremada confianza que veces sin cuento condujo á conclusiones tan erróneas, aquellas imaginarias causas para cohonestar desacuerdos que parecieron exorbitantes, la pretensión en tantas ocasiones emitida, cuantas frustrada, de poseer por medición un conocimiento numérico digno de ser siempre aceptado como exacto, no dimanaban de otro origen. Multitud de ejemplos encontramos dentro del reducido campo de este Discurso. Es uno, y elocuente, la famosa controversia sobre el esferoide alargado ó achatado hácia los polos: para Cassini y los que opinaban como él, los resultados de la medición de arcos son exactos, en tanto que creían encontrar en ellos una *prueba geoméricamente cierta*; no se cuidaban de su inherente incertidumbre ni aún de limitar la consecuencia á las localidades en que se obtuvieron; partiendo de que el hecho estaba completamente demostrado, sostienen que, «del acortamiento del péndulo de segundos en menores latitudes podría deducirse, cuando más, que la Tierra es un esferoide ménos alargado hácia los polos que lo sería si estuviera aún en su estado primitivo, es decir, sin movimiento diurno (1).» Otro ejemplo nos ofrecen las investigaciones á que dió ocasión la llamada *reciprocación del péndulo*. Decíase que la dirección de

---

»anterior, manifiestan con suma precisión la verdadera diferencia de la gravedad  
 »en los dos puntos expresados, según se demostrará en una memoria dirigida á  
 »este objeto, cuya publicación no ha podido verificarse por la necesidad de atender  
 »á otras de mayor consideración ó de mayor utilidad, y por causas harto notorias  
 »que parece inútil especificar.» No tengo noticia de que esta memoria viese la luz  
 pública, así que la cifra que da Císcar en la nota de los *Apuntes sobre medidas, pesos  
 y monedas*. Madrid, 1821, pág. 26, para la *verdadera longitud del péndulo simple que  
 oscila los segundos en Madrid*, sólo puede aceptarse como una curiosa noticia, sin  
 los requisitos propios de un resultado de observaciones.

(1) MAIRAN. *Mém. de l'Acad. des Sc. de Paris*, 1720.

la gravedad no podía ser constante en un mismo lugar de la Tierra, á causa de las diferentes acciones del Sol y de la Luna con sus situaciones y distancias, y tambien porque las mareas hacian variar continuamente el centro de gravedad de la masa terrestre. Los experimentos de Calignon de Peireins con un largo péndulo, los de Riccioli y de Grimaldi, y los más esmerados en el Cuartel Real de Inválidos, en París, obligaron á confesar que no era perceptible la reciprocación dentro de los medios que se tenian para observarla. ¿Qué otra cosa más que el afán de encontrar desde luego explicación á las discrepancias entre sus resultados geodésicos, hizo que Boscovich atribuyese gratuitamente estas á que la masa terrestre habia de ser variable en cantidad por continuas exhalaciones? Liesganig achaca sistemáticamente á las influencias locales los groseros errores de que adolecía su medición de arco de meridiano, y Bouguer intenta que la marcha de su reloj le instruya sobre la uniformidad de la rotación diurna. Y por último, en los proyectos para la adopción de las ilusorias unidades de medida naturales (1), se tropezaba en semejantes escollos, cuando al adornar á los tipos con los pomposos epítetos de exactos, invariables y perpetuos, se pretendía que quedarian justificados para lo sucesivo por la precisión de las operaciones fundamentales.

Un adelantamiento de aquellos que marcan época vino á coadyuvar con vigoroso impulso al mejor éxito de los trabajos geodésicos, satisfaciendo una necesidad que el grado de precisión de que ya eran susceptibles, ponía de relieve. Me refiero á la solución analítica del «Problema general de las mediciones» por el «Método de los mínimos cuadrados.» El insigne Gauss, primero, y casi al mismo tiempo, Legendre, establecen los cimientos del «Método,» el cual, poco extendido en un principio, luégo se abre camino porque muestra su excelencia; al arbitrio de Tobias Mayer que, aunque tan imperfecto, se-

---

(1) SCHUMACHER'S *Jahrbuch für*, 1840.

BESSEL'S *populäre Vorlesungen über Wissenschaftliche Gegenstände*. Hamburg, 1848.

ñalaba un primer paso, al procedimiento de Cauchy, opone otro en armonía con la índole y caracteres de los errores inevitables, que conduce racionalmente, valuando al propio tiempo su incertidumbre, á los resultados que deben aceptarse en lugar de los verdaderos, siempre desconocidos. ¿He menester, por ventura, encomiar una de las más felices aplicaciones del análisis algebraico á la filosofía natural, y la importancia de sus consecuencias? Es la medida, señores, en su acepción más lata, llave de nuestros conocimientos experimentales: desde la apreciación material concreta que valora efectos en magnitud relacionados con un fenómeno, hasta el razonamiento ú observación de ideas que induce á la ley, todo el concertado sistema de operaciones que se designa por observación científica, estriba esencial y necesariamente en evoluciones del juicio cuantitativo. Y si sometemos al cálculo fenómenos explicados por relaciones de cualidad, es por medio de hipótesis, que nos permiten llegar á la apreciación en cantidad. Dice Humboldt que los números, estos últimos geroglíficos que subsisten en nuestra escritura, son para nosotros, con más propiedad que lo fueron para antiguas escuelas, las mismas fuerzas del Cosmos; y nada es más cierto: detrás del número se encuentra la idea, el razonamiento, el principio inmutable. Si el valor lineal del arco terrestre, de Picard, si las cifras que medían entónces la intensidad de la fuerza de gravedad en la superficie, hubiesen sido más erróneas, no sirvieran de pedestal al genio para llegar al descubrimiento de la ley de atracción y de la figura esferoidal del Globo: ésta se ve confirmada con mejores datos que la definen más y más, sin que en esta marcha progresiva sea lícito fijar el momento en el cual el asunto pueda considerarse agotado.

El péndulo y el anteojo unido al círculo graduado, fueron los instrumentos revolucionarios de la Astronomía y de la Geodesia: y aunque á primera vista pudieran parecer á diversos objetos dirigidos, sus relaciones son íntimas y se completan mutuamente. Mídense sobre el limbo amplitudes angulares con el concurso del péndulo en equilibrio, que esto y no otra cosa significan la plomada y el nivel; cuenta el reloj las

oscilaciones del péndulo, y su número se traduce en amplitud angular, con auxilio del anteojo, por la rotación uniforme de la Tierra. Hábil artífice subdivide el círculo del goniómetro: la ley del isocronismo indica partes iguales de tiempo de cualquier magnitud. En la combinación de estos instrumentos se ven así enlazados los primordiales términos: fuerza, espacio y tiempo. El péndulo en reposo y en movimiento, obedeciendo á la fuerza de gravedad, es, en suma, el que por la intensidad y dirección en la superficie de la Tierra determina su figura matemática: y con respecto á la mecánica de los cielos, el principio de la gravitación, con la luz del raciocinio y el escalpelo del análisis, descubre ya las relativas masas de los cuerpos del sistema solar, explica las consecuentes desigualdades de sus movimientos, muestra en el camino de nuestro satélite huellas inequívocas de la figura terrestre, y allí donde no alcanzó el anteojo denuncia la existencia del ignorado planeta.

Quando Purbach empleó el primero la plomada en el goniómetro, creía que ésta señalaba precisamente la dirección del radio de la esfera; para Galileo, la plomada en movimiento, sometida á una fuerza continua, de invariable é igual energía en toda la superficie del Globo, es fiel medida del tiempo; Newton fundió ambas manifestaciones en una misma causa, originaria de la forma, y el péndulo alcanza su más alta significación científica: el preciado aparato que mide el movimiento con el tiempo y en el espacio, fué también, desde entonces, el aparato físico que pesa, y que permite remontarse á estados anteriores. A la perspicacia de Newton, no se pudo ocultar que las visibles irregularidades de la superficie, aunque relativamente insignificantes, y en general la desigual distribución de la masa terrestre, debían producir efectos, en cantidades muy considerables, sobre la intensidad y dirección de la gravedad; y porque convenia investigar la acción bajo ambos aspectos, indicó el procedimiento para obtener la *desviación de la vertical*, en el caso de la proximidad de un grupo de montañas. Estériles permanecieron estas luces durante medio siglo: los imperfectos ensayos en los Andes, manifestaban ya su importancia; pero ni éstos, ni los posteriores de Beccaria en los Ape-

ninos, bastaron todavía para utilizarlas en beneficio de la Geodesia. Más afortunada la física, obtiene de Hutton, valiéndose de los interesantes experimentos de Maskelyne, en Escocia, el cálculo de la densidad media del Globo, dejando patente, según la opinión de Laplace, la atracción mutua de las más pequeñas partes de la materia. Encaminados al mismo objeto, siguen con creciente interés los célebres trabajos de Cavendish con la balanza de torsión, ó sea el péndulo oscilando horizontalmente; y en el siglo actual, entre otros muchos, los de Plana y Carlini en Mont-Cenis con el péndulo de Borda, los de Reich y de Baily, y por último, los renombrados experimentos de Airy.

Iba á entrar nuestro siglo en el cómputo de los tiempos, cuando Francia, que marchaba con legítimo orgullo á la cabeza de las demas naciones en la ciencia geodésica, intentó con una memorable operación, vincularse esta supremacía. Y en verdad que era tal el cúmulo de conocimientos logrados en poco más de un siglo, y tan grande la precisión de los trabajos fundamentales del *Metro*, que se explica la ilusión de que, respecto á la figura terrestre, el hombre hollaba los umbrales del Capitolio (1); los resultados de las mediciones de arcos, de observaciones con el péndulo y los deducidos de fenómenos astronómicos, concordaban hasta un punto que se presumía muy difícil aventajarlos en lo venidero: al desaliento había sucedido una excesiva estimación. Por singular contraste; esto acontecía casi al tiempo que las excelentes operaciones dirigidas por Mudge al otro lado del Estrecho, indicaban de nuevo la necesidad de tener en cuenta las acciones locales sobre la dirección de la vertical; necesidad confirmada poco despues por los interesantes estudios de Zach en las inmediaciones de Marsella (2). Un profundo naturalista (3) ob-

---

(1) *Histoire de l'Astron. au dix-huitième siècle*, par DELAMBRE. Paris, 1827: «Nous connaissons la grandeur et la figure de la Terre autant qu'il est nécessaire pour les operations les plus délicates de l'Astronomie, de la Géographie et de la Navigation. Que pouvons-nous raisonnablement demander de plus?»

(2) *L'attraction des montagnes*. Avignon, 1814.

(3) HUMBOLDT, *Cosmos*.

serva que todos los siglos pretendieron estar muy próximos del término de los conocimientos; pero que al actual distingue el espíritu de crítica científica: esta es, á mi entender, una de sus más preciosas conquistas, la que no dejará olvidar, ni por un momento, que nuestro destino nos condena á perpetua investigación.

Borda habia hecho sus notabilísimas observaciones con el péndulo: de la bala de mosquete que Feüillée colgó de un hilo de pita (1) al aparato del eminente marino, astrónomo y geodesta, se señalaba un paso gigantesco: el cuchillo de suspensión, de fino acero, que sólido muro sustenta, el delgado hilo metálico de cuatro metros de longitud, la pequeña esfera de platino, todos los detalles procura Borda que se ajusten á los principios teóricos. Tampoco en las mediciones omite precaución de ningun género; obtiene inmediatamente la longitud de su péndulo; la duración de las oscilaciones por el método de coincidencias, cuyos instantes observa, valiéndose de un ante-ojo colocado á corta distancia; reduce esta duración al caso del isocronismo en el vacío, y se cuida para ello con exquisito esmero de la temperatura y presión atmosféricas. Sin embargo, Laplace, encomiando el mérito de estas observaciones, demostró que el aparato adolecía de algunos inconvenientes que era preciso evitar (2); que, en rigor, no podía suponerse el péndulo en iguales condiciones que otro formado de una sola pieza, sino miéntras se empleasen oscilaciones de muy corta amplitud; además, que al deducir la longitud del péndulo teórico, era necesario hacer una nueva corrección, debida á la forma cilíndrica circular del filo del cuchillo de suspensión, cuyo radio podría exceder de una centésima de milímetro, lo cual influiría de una manera considerable, especialmente cuando se empleasen péndulos pequeños. El primer defecto inclinaba á dar la preferencia al péndulo invariable, construido de una sola pieza, con una sustancia homogénea, y de forma regular

---

(1) *Observations faites aux Indes Occidentales en 1704, 1705 et 1706 par le P. FEUILLEE. Minime. Mém. de l'Acad. Roy. des Sciences, 1708.*

(2) *Sur la longueur du pendule à secondes. Connaissance des Temps pour l'an 1820.*

muy sencilla; pero siempre subsistía en pié la incertidumbre en la situación del eje de giro sobre la superficie de contacto del cuchillo con la plana del sostén. Fundado en la reciprocidad de los ejes de suspensión y de oscilación, Bohnenberger propone, á principios de siglo, la construcción del péndulo con ejes recíprocos ó *péndulo de inversión* (1). A las propiedades del invariable, reúne la de servir para determinaciones absolutas sin necesidad de hallar directamente la situación del centro de oscilación, quedando teóricamente anulados los inconvenientes que provienen de la forma de los filos de los cuchillos, porque el teorema fundamental se verifica respecto de la más corta distancia entre las dos superficies cilíndricas (2), y los no de menor cuantía debidos á la presencia del aire. A pesar de estas radicales ventajas, el péndulo de Bohnenberger permaneció algun tiempo casi desapercibido, compartiendo la preferencia el aparato de Borda, y el llamado invariable.

Desde principios del siglo actual tomaron notable incremento las observaciones con el péndulo. Biot, Arago, Mathieu, Bouvard y Chaix las prosiguen por el método de Borda, en varios puntos de la cadena del meridiano de París, prolongada hasta las islas de Unst y de Formentera; Kater, ignorante al parecer del invento de Bohnenberger, como acaso lo estuvo Prony cuando proyectó el aparato con tres ejes de suspensión (3), hace experimentos con el de péndulo de inversión, que realiza con fidelidad las indicaciones de Bohnenberger, en Lóndres y en algunos principales vértices de la red inglesa, patentizando una vez más la existencia de grandes irregularidades en la dirección y energía de la fuerza de gravedad; surca Freycinet el proceloso mar, y las costas de África, América, Australia y las islas del Pacífico son teatro de la abnegación

(1) *Astronomie* von J. G. BOHNENBERGER. Tüb. 1811. Es de creer que Kater ignorase la existencia de esta obra cuando dió como invención suya lo que estaba ya publicado.

(2) *Addition au Mémoire sur la longueur du pendule à secondes* par M. LAPLACE. *Connaissance des Temps* pour l'an 1820.

(3) PRONY. *Leçons de mécanique analytique données à l'École Royale polytechnique*. Paris, 1815.

científica del sabio francés; síguele en breve Duperrey, y mide también en puntos del hemisferio austral la intensidad de la gravedad con los mismos péndulos invariables, y por semejantes procedimientos; el célebre Sabine, hace esmeradas observaciones con el péndulo, dicho de Kater, en muchos lugares distribuidos desde la tórrida zona en las costas del África y del Brasil, hasta las glaciales de Noruega, Groenlandia, Spitzberg, y de las islas Melville, y contribuye con multitud de investigaciones al estudio de la figura y constitución física del Globo. Mientras se efectuaban éstos y otros trabajos, entre los cuales son dignos de especial mención los de Foster y los de Lutke, en apartados puntos de ambos hemisferios, por iniciativa de Francia se medía el arco del paralelo medio; Inglaterra proseguía sus extensas operaciones geodésicas en la India; y bajo la hábil inspiración de Struve se continuaban las del gran arco ruso-escandinavo que se ciñe al Continente desde las bocas del Danubio hasta el helado mar del Norte. Empezó Alemania las mediciones de arcos, y conquista desde luego un lugar en primera línea; Gauss y Schumacher preceden al gran Bessel, al fundador de la Geodesia de nuestros días. A él se deben las reglas que presiden en la construcción del actual péndulo de forma simétrica con recíprocos ejes; él, prosiguiendo las investigaciones experimentales y teóricas de Dubuat, demostró cuán imperfecta era la fórmula para la reducción al vacío que hasta entonces se aplicaba, porque la corrección debe depender de la figura, dimensiones y densidad del cuerpo oscilante, á causa del movimiento transmitido al medio; importantísima circunstancia de que se ocuparon también Sabine, Baily y Poisson. Con el admirable aparato fundado en la ingeniosa idea de Hatton (1), Bessel se propuso llegar á resultados cuya bondad no la limitaran los defectos de construcción, sino sólo el esmero de las observaciones y su número. Si alguna cosa diera la medida sobre el mérito singular del Director del Observatorio Astronómico de Königsberg, sería el hecho de que, á pesar de haberle seguido eminentes geodestas, sus

---

(1) J. GEHLER. *Physikalisches Wörterbuch*. Leipzig, 1827.

obras encierran el gérmen de casi todos los posteriores progresos, sus teorías y procedimientos forman una clásica colección de modelos, y los resultados experimentales que nos legó son de tal precisión, que aún en la actualidad es difícil exceder.

La concordancia entre los elementos del esferoide terrestre obtenidos separadamente por Bessel y Airy por diferentes métodos de cálculo, y sometiendo á razonado expurgo las mejores mediciones de arcos, indujo de nuevo á suponer que un aumento de datos, sólo ocasionaría insignificantes modificaciones. Aventurado era, sin embargo, semejante sentimiento, porque además de desatender, al abrigarlo, el testimonio de las observaciones con el péndulo, ya tan numerosas y muy dignas de consideración, descansaba en la hipótesis tácita de que las desviaciones de la vertical reunían los requisitos propios de los errores que se dicen *accidentales*. Los trabajos que proseguían los ingleses en la India, y los rusos en su vasto territorio, combatieron bien pronto este parecer, que se debilita al par que nuevos datos más idóneos y precisos, concurren á la valuación de los elementos del esferoide. Everest y James, Clarcke y Struve, Schubert y Pratt, y otros geodestas modernos se ocupan del asunto, procurando tener en cuenta las acciones locales; descúbrense enormes discrepancias entre conclusiones numéricas derivadas de mediciones de arcos en la India y en Europa, y se pronuncia una marcada tendencia hácia un aumento, no sólo en las dimensiones terrestres, más también en la magnitud del achatamiento, aproximándose éste á las cifras que le asignan las observaciones con el péndulo (1). Estas adquieren, de derecho, una creciente importancia, á que ántes parecía oponerse su dependencia de la constitución geognóstica de la localidad, y de la relación de densidades en la masa interna, dependencia que se juzgaba de menos bulto en las me-

---

(1) *Untersuchungen über Die Gestalt der Erde*, von Dr. PHILIPP FISCHER Darmstadt, 1868.

*Uebersicht der jetzigen Kenntniss der Gestalt und Grösse der Erde*, von JOHANN BENEDICT LISTING, Göttingen, 1872.

diciones de arcos; hoy, que está demostrada la eficaz cooperación de las observaciones con el péndulo, se deja sentir como nunca la necesidad de reunir gran copia de ellas. Las incompatibilidades entre las coordenadas astronómicas y geodésicas, aquellas que fueron alarmantes obstáculos, son al cabo los indicios esenciales que ilustran la cuestión planteada bajo su genuino carácter: *la investigación de la forma como función de la fuerza*. Sometidas á medida las anomalías locales, su estudio constituye un asunto integrante y fundamental; ya no cabe admitir, en principio, que estos efectos formen parte de los errores independientes de las circunstancias en que se realizan las observaciones; fuerza es aceptar que son *peculiares* á cada caso. Y porque todos los resultados geodésicos dependen más ó menos de estas anomalías, ni la medición de arcos terrestres, ni las observaciones con el péndulo, pueden constituir procedimientos exclusivos.

No he de detenerme en recordaros, que bien los conoceis, los recientes y numerosos trabajos geodésicos, tantas veces encarecidos en este augusto recinto. Réstame sólo mencionar la gigantesca empresa, cuyos anales son depositarios de los adelantamientos modernos. El culto á la ciencia, ante el cual cede cualquier sentimiento de nacionalidad, salvó las fronteras, y, fomentando el espíritu de asociación, contribuyó eficazmente á colocar á la Geodesia en su actual floreciente estado. Baeyer, nuestro ilustre y venerable colega, inicia hace veinte años un proyecto, y establece las bases científicas para la «Medición de grados en la Europa central (1),» que en breve adoptan, englobando el objeto, todos los Gobiernos del continente europeo, los cuales forman con sus delegados oficiales el alto cuerpo científico conocido por «*Asociación geodésica internacional.*» No es España de las últimas naciones en ofrecer su concurso, que si valioso por la situación geográfica de la Península y las condiciones de su suelo, no lo era menos á causa de sus ya emprendidos trabajos. Cuanto es del dominio del problema geodésico se trae al libre y luminoso terreno de la

---

(1) *Ueber die Grösse und Figur der Erde*. Berlin, 1861.

discusión, y se somete á maduras deliberaciones; y en esta pacífica lucha, todos los países, todas las individualidades rivalizan movidos por noble emulación. Con los más perfeccionados medios se completan algunas operaciones, empréndense otras, y ya una red continua que, enlazando los observatorios astronómicos, se extiende en apretada malla por la haz de la Europa, es monumento imperecedero de saber y de concordia, que la ciencia labra, que una fraternal aspiración mantiene y fortifica.

Las observaciones con el péndulo ocupan el lugar que les corresponde en el vasto programa de la «Asociación»; puntos importantes de estudio son los menores detalles sobre la disposición y uso de los admirables aparatos que los Sres. Repsoldá construyen, conservando este nombre á la altura que supo alcanzar el fundador de tan célebres talleres. Conducido por tenue alambre el poderoso agente que avanza al pensamiento, conviértese en *micrómetro del tiempo*, y es auxiliar eficacísimo para lograr tan extremada precisión en la longitud del péndulo de segundos, que se valúa la incertidumbre en muy corto número de milésimas de milímetro. ¡Elocuente cifra si se considera la multitud de delicadas operaciones de que depende su obtención! Y sin embargo, ¿puede la Geodosia declarar que ha llegado á la aproximación suficiente, y que sería supérfluo procurar aumentarla? No en verdad: por lisonjeros que parezcan triunfos semejantes, forzoso es reconocer cuán limitado es todavía el alcance de los actuales medios de apreciación y cuántas hipótesis nos impone nuestra ignorancia sobre la acción de las causas. Quizá otro aparato reemplace con ventajas al péndulo; tal vez se logre en lo porvenir disponer de un agente propio para la medida de la atracción, utilizando con mejor éxito la idea embrionaria de Francisco Bacón insinuada de nuevo por Herschel y por Siemens. ¿Qué hacemos en las observaciones con el péndulo sino suponer que la gravedad no es dependiente, ó á lo menos que no lo es por relación inmediata de las demás fuerzas naturales? ¿El movimiento oscilatorio responde estrictamente á las causas determinantes de la figura matemática? Los adelantos en las ciencias físicas consienten ya formular conjeturas que, de realizarse, colocarían á

la ley de Newton respecto al movimiento universal, á la manera que lo está la hipótesis de la esfericidad en el problema de la figura de la Tierra, en el punto de partida de verdades sin cuento, de un orden ignorado.

Voy á llegar al término de mi tarea. El péndulo, el instrumento que bajo la forma bastarda del *péndulo explorador*, cuyo origen se remonta á la misteriosa varilla de la Leyenda, servía ya á la impostura, doce siglos ántes de Galileo, para cosechar los abundantes frutos que le brindaba la supersticiosa ignorancia, explora hoy realmente el seno de la tierra, revelando tesoros más preciosos que los que en vano se prometían entónces. Es el aparato que pesa, mide y cuenta; símbolo en que se ve cifrada la vida universal: desde la vibrante molécula, causa de nuestra sensación, al planeta recorriendo su órbita en vertiginosa carrera, el sistema de cuerpos cósmicos, toda la materia vive oscilando sin cesar impulsada por sus inmanentes fuerzas. Donde quiera que dirijamos la vista, allí donde la inteligencia domeñó á la fuerza, encuéntranse inmediatas y útiles aplicaciones del péndulo: en la industria, en la náutica, en el arte militar. Y entre todas descuella la del reloj, la medida precisa de eso que decimos tiempo, número del movimiento, imágen movable de la eternidad, y es forma relativa que radica en la esencia de nuestro sér, y bajo la cual nos es dado concebir el ritmo del universo.

Una propiedad notabilísima del péndulo ha venido en estos últimos tiempos á dar vuelo á curiosas investigaciones. El movimiento rotatorio del Globo, cuya más palmaria prueba se intentó encontrar en las desviaciones de los graves que caen con libertad, residía en el giro aparente del plano de oscilación del péndulo alrededor de la vertical. Lo que quizá entrevió Viciani (1), Leon Foucault lo publica, y cada grano de arena que el gigantesco péndulo del panteon lanza léjos de su camino, apela de aquella sentencia que fulminó sobre Galileo un incompetente tribunal.

---

(1) ANTINORI. *Notice extraite des manuscrits autographes de Vincent Viciani*, 1851.

Permitidme aún que, cediendo á un puro sentimiento patrio, os dirija algunas palabras. Luengos años han transcurrido desde que uno de mis predecesores, al ocupar este punto de honor, os manifestaba en sentida y elocuente frase el vivo placer que experimentaba por el patrocinio de la Academia hácia los en aquella época nacieses trabajos geodésicos, y traia á la memoria el voto de nuestro insigne Jovellanos: ¡ojalá que, reuniendo tantas luces astronómicas y geométricas como andan dispersas y ociosas por nuestra juventud militar, se las consagre á una nueva y exacta Carta de nuestra Península! (1) Antes, mucho ántes que Jovellanos, habia ansiado D. Jorge Juan la realización de tan fecunda idea. A mediados del siglo pasado trazó su plan para formar un mapa general de España: una base geodésica central, series ó cadenas de triángulos, siguiendo los rumbos de la aguja, otros puntos trigonométricos diseminados en los espacios entre las series, todo lo dispone con orden y concierto: mas le parece difícil disponer de suficiente personal y procurarse el indispensable material de observación; y ante el plazo de diez á quince años juzga, «que el proyecto tiene apariencias de que no se vea el fin á la obra (2).» Así sucedió por entonces, y despues con otros intentos aún más asequibles, á pesar de que, como asegura Jovellanos, se poseían ya tantas luces astronómicas y geométricas. ¡Cuál no sería la complacencia de aquellos buenos patricios, viendo ahora en segura vía de ejecución el mapa topográfico, cimentado en esmeradas observaciones geodésicas, necesidad hoy imprescindible para los pueblos que aspiran á un lugar en la civilización moderna! España, que hace casi un siglo se asoció al proyecto francés de unificación de pesas y medidas, alcanza al presente la gloria de que uno de sus hijos esté á la cabeza de la «Comisión internacional del Metro,» y mira al mundo científico aclamar una y otra vez al mismo académico español Pre-

(1) *Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales en la recepción pública de D. Frutos Saavedra Meneses.*

(2) *Método de levantar y dirigir el mapa ó plano general de España, con reflexiones á las dificultades que pueden ofrecerse; por D. JORGE JUAN, capitán de navío de la Real Armada. (En la obra Memoria sobre las observaciones astronómicas, etc.)*

sidente de la « Asociación geodésica internacional » ¡ Feliz yo, si , en esta solemne ocasión , acertara á dar público testimonio del valioso patrocinio que nuestros recientes trabajos geodésicos deben á la Academia ; y más feliz todavía si me contais en el número de los geodestas que supieron merecerlo !

Hé aquí, señores Académicos, cuanto creo oportuno someter á vuestro exámen sobre el tema que me propuse: si con este tosco boceto, desprovisto de las galas de la elocuencia, que no poseo, he abusado de vuestra atención, os demando encarecidamente que no midais por él mi deseo de acierto. Mas ántes de que el último de vosotros tome asiento en esos escaños; ántes de que mi corazón palpite bajo el emblema de la Academia, salga del fondo de mi alma una enérgica protesta contra la pretendida incompatibilidad entre la Ciencia y la más sublime aspiración del hombre: que la Ciencia vivifica, nunca marchita elevadas creencias; fuente es de ventura, puerto de refugio en nuestra atribulada y mísera existencia; sólo la ignorancia ó una necia vanidad desconocen su valía. El amor á la verdad hace al varón justo; y al buscarla con ánimo sereno donde quiera que se pueda encontrar, guiando nuestros pasos la antorcha de la razón, y apoyándonos en el báculo de las experiencias, acatamos un supremo precepto que con caracteres indelebles grabó en la conciencia de los humanos la INFINITA SABIDURÍA.

### **Discurso del Excmo. Sr. D. Cárlos Ibáñez é Ibáñez de Ibero**

#### **EN CONTESTACION AL PRECEDENTE.**

Señores: La primera lectura del discurso que acabais de oír, y al cual tenía yo el deber de contestar en nombre de esta Real Academia por encargo de nuestro venerable Presidente, produjo en mi ánimo dos sentimientos de todo punto encontrados: vivísimo júbilo por la nueva y valiosa producción científica del Sr. D. Joaquín Barraquer; intensa turbación y profundo desaliento, producidos por la imposibilidad en que me veía de comentar un escrito tan bello, tan erudito, tan rico en porme-

nores, tan acabado, en fin, que dejaba completamente segado el vasto campo del tema elegido, y aún espigado de tal suerte, que era locura el intento de allegar algunos restos de mies con que amenizar mi respuesta. Pero una nueva lectura me repuso algún tanto, porque entonces advertí que, si el Sr. Barraquer había hecho gala de sus extensos conocimientos geodésicos al reseñar desde su origen hasta el primer tercio de nuestro siglo las tentativas del hombre para conocer la figura del planeta que habita, presentando un cuadro armónico, cuya contemplación no despierta otra idea que la de la alabanza, había pasado de intento en silencio, ó tocado muy someramente, todo lo hecho para llegar al conocimiento de la figura matemática y dimensiones del Globo terráqueo, desde aquella época hasta el día; y es que, habiendo tomado el Sr. Barraquer, en lo que á España concierne, parte activa en los trabajos modernos, ha preferido no mencionarlos, á tener precisión de nombrarse alguna vez á sí propio.

Permitidme, pues, que, sin volver la vista á lo que podría llamarse GEODESIA ANTIGUA, ni á la NUEVA GEODESIA que, á últimos del pasado siglo, tuvo por cuna la Academia de Ciencias de París, os hable por espacio de breves instantes de la que designaré con el nombre de GEODESIA NOVÍSIMA, de la que hemos visto nacer en las costas del Báltico, de la que, fundada en principios más rigurosos de análisis, y utilizando los modernos adelantamientos de la física y de las artes mecánicas de precisión, se ha propagado rápidamente, progresando de continuo, hasta adquirir carta de naturaleza en todas las naciones de Europa, en las comarcas de Africa y del Asia adonde ha llegado la moderna civilización, y al otro lado del Atlántico, en las costas de los Estados-Unidos de América. Ligeras indicaciones haré tan sólo sobre asunto tan interesante, y así llenaré mejor mi encargo, limitado únicamente á dar la bienvenida al nuevo Académico, dejándole por entero los honores de la jornada, que á él corresponden por ser el día de su ingreso y recepción solemnes, y que á él de todas suertes correspondieran en el caso presente, por ser yo débil competidor, si competencia hubiera.

manera del Globo

Antes de entrar en materia envía el Sr. Barraquer un sentido recuerdo á la memoria de su antecesor, el Excmo. señor Don Antonio Terrero, cuya vacante ha sido llamado á ocupar. Y pues que en este dia me cabe la honra de hablar en nombre de la Academia, haré constar la honda pena que á todos nos causó la pérdida de nuestro compañero, quien fué para mí bondadoso jefe y cariñoso amigo. Académico de número desde la creación de este Cuerpo, ocupó por espacio de muchos años la Presidencia de la Sección de Ciencias exactas, en cuyo seno era de ver la manera verdaderamente paternal con que dirigía nuestras discusiones, aleccionándonos y encaminándonos con el consejo y con el ejemplo. Veintisiete años de enseñanza en los cuerpos de Artillería y Estado Mayor, y una vida desde sus albores consagrada á la Ciencia, habian producido en el sabio brigadier Terrero un hábito tal de estudio y de trabajo, que en brevísimo plazo examinaba, con gran profundidad, las cuestiones científicas más complejas, acerca de las cuales daba su autorizada opinión. En los últimos años de su existencia, exento ya del servicio militar, y retirado de toda especie de ocupaciones, acudía solícito á nuestras juntas, compartía con nosotros las tareas académicas, y nos legaba de esta suerte los postreros frutos de su poderosa inteligencia. Conservemos piadoso recuerdo en este recinto al que fuera y dentro de él, en el campo de batalla, en la cátedra y en el sitial del académico, mereció ser contado entre los hijos predilectos de la patria.

Ya lo ha dicho el nuevo Académico: ni la medición de arcos de meridiano y de paralelo, ni las multiplicadas determinaciones de la intensidad de la gravedad, por medio de observaciones con el péndulo, deben ser procedimientos aislados cuando se trata de averiguar cuál es la forma general de la Tierra; antes bien deben ambos concurrir para que los resultados se aproximen á la verdad. Pero, aunque inseparables en el momento de la discusión científica y de la asignación de los valores definitivos, conviene reseñarlos en dos grupos diferentes, con tanto más motivo, cuanto que de la medición de arcos terrestres, por la que comenzaré, resultan, además de la figura, las dimensiones del Globo.

Academia de Ciencias Exactas

Cinco nombres se deben respetuosamente citar cuando del origen de la NOVISIMA GEODESIA se trate: Gauss, Schumacher, Struve, Bessel, Reichenbach.

No creyó Gauss suficientes para su gloria los grandes servicios que á las matemáticas en general y á la astronomía había prestado, sino que, dirigiendo los esfuerzos de su peregrina inteligencia hácia los estudios geodésicos y sus aplicaciones, se colocó en Hannover al frente de la reforma que su discípulo Schumacher y el gran Bessel habian de realizar en Dinamarca y en Prusia. La aplicación del *método de los mínimos cuadrados* al cálculo de las observaciones geodésicas y de sus *errores más probables*, forma época en los anales de las mediciones, y tiene el raro privilegio de haber sido mantenida y progresivamente ensanchada desde hace sesenta años hasta el día, en que se halla universalmente adoptada en todos los países del antiguo y del nuevo mundo. La geodesia práctica recibió de Gauss en 1821 valioso auxilio con la invención del heliotropo, sencillo instrumento que, proporcionando la observación de la luz reflejada del Sol á largas distancias, en forma de diminuta y brillante estrella, en vez de la de las antiguas señales de mampostería, y ofreciendo además un excelente sistema de telegrafía óptica, por medio de ocultaciones de la luz, ha dado á las observaciones inesperada precisión, que las distingue de las que constituyen la segunda época geodésica.

Schumacher, fundador del Observatorio de Altona, fué el que midió el arco celeste de Hannover, que conexas con el de Gotinga, y dotó á la geodesia del arco dinamarqués, uno de los más celebrados por sus excelentes condiciones de observación y de cálculo. En él aplicó el sistema de medir los ángulos geodésicos por *reiteración*, y también el procedimiento de hacer las lecturas en círculos de pequeñas dimensiones con microscopios microméticos, á la manera que Ramsden los habia aplicado en Inglaterra á los grandes círculos azimutales y zenitales.

A Struve, fundador del observatorio de Pulkova, y reputado como el más hábil observador de los tiempos modernos, se debe la existencia de uno de los mayores arcos de meridia-

no terrestre de que hoy disponemos para el cálculo de las dimensiones de nuestro planeta: el arco de más de  $25^{\circ}$  que se extiende desde la desembocadura del Danubio hasta el mar Glacial (1). En una amplitud de  $9^{\circ} 38'$ , proyectó y observó esta cadena colosal; empleó su poderosa iniciativa y su legítima influencia científica en la corte de Rusia para obtener los medios de unir unas con otras diversas triangulaciones, y de plantear otras nuevas; y tomó, por último, sobre sus hombros la difícil y penosa carga de dar á luz la obra magnífica en que se describen tan notables trabajos. Abandonado también por su parte desde 1823 el antiguo sistema de *repetición*, ó multiplicación de los ángulos terrestres, y determinada la flexión que experimentan los anteojos, así como indicados los medios de eliminar sus perniciosos efectos, dotó á sus trabajos de una precisión que también correspondía á la nueva era geodésica por entonces inaugurada.

El pequeño arco de Bessel, continuado posteriormente por el general Baeyer, nuestro venerable corresponsal, estableció, desde 1831 á 1838, un progreso tan marcado en la *NOVISIMA GEODESIA*, que todo cuanto desde entónces se ha hecho, respecto á triangulaciones, es casi la reproducción de aquellos excelentes métodos de observar y de calcular. En tan memorables trabajos, que enlazan las mediciones rusas con las de Francia, Inglaterra, Hannover y Dinamarca, desplegó el gran astrónomo de Königsberg todos los recursos de la ciencia y de las artes mecánicas: aparato de medir bases, que lleva su nombre, y proporciona ya en 1834 una precisión de  $\frac{1}{600.000}$  de la longitud medida; elección de una base corta, en vez de las grandes bases, cuyos inconvenientes prácticos son ahora tan conocidos; observación de todas las direcciones que concurren en cada vértice por vueltas de horizonte y por *reiteración*, he-

---

(1) Al fin de este Discurso se acompaña una lámina que representa la red geodésica, formada á costa de grandes sacrificios por las naciones europeas, y que alcanza toda la precisión requerida para concurrir á la determinación de la figura matemática y de las dimensiones de la Tierra.

liotropos, compensación general de los errores angulares de la red por el método de *mínimos cuadrados*, y fórmulas en que ya se tiene en cuenta la forma esferoidal de la Tierra, dando nueva extensión á las teorías de Gauss. Como calculador, su trabajo, publicado en 1841 sobre las dimensiones y la figura de la Tierra, valiéndose de diez arcos de meridiano, es el más apreciable entre todos los que le habian precedido, y las tablas, con sus elementos calculadas, son hoy todavía las que se usan generalmente en los trabajos geodésicos de Europa. Tarea poco menos que interminable sería la de recordar, con ciertos pormenores, la influencia de Bessel en la época geodésica á que me refiero; mas parecen suficientes las indicaciones que preceden, para demostrar que en su tiempo se realizó un cambio radical en la ciencia de medir el Globo.

Pero ¿hubieran podido tan ilustres sabios llevar á cabo la reforma que intentaban, sin el concurso de las artes mecánicas de precisión? Ciertamente que no. Era preciso que en esa afortunada época floreciese, al par que los hombres de la teoría, un artista superior, un hombre del genio de Reinchenbach. Trueca éste el brillante uniforme de oficial de artillería por la modesta blusa del obrero, y funda en Munic un Instituto mecanico-óptico, del que salen instrumentos maravillosamente concebidos y terminados. La dificultad capital que era preciso vencer para que las observaciones geodésicas alcanzasen toda la precisión á que podían aspirar después de la invención del heliotropo y de la sólida instalación de los instrumentos, era la división de los círculos en partes iguales, lo cual consiguió Reinchenbach con una aproximación extraordinaria. Dado este primer paso, pudo aplicarse sin temor el sistema de *reiterar*, en diferentes lugares de la periferia del círculo, las amplitudes angulares comprendidas entre todas las direcciones que concurren en cada estación geodésica, así como sustituir los antiguos nonios con microscopios micrométricos, por cuyo medio se hacían mejores punterías sobre trazos de una gran regularidad, al par que la perfección de los tornillos micrométricos era ya segura garantía de la precisión de las observaciones. También la construcción de los niveles de los gonióme-

tros, la de los anteojos, y la disposición general de los instrumentos portátiles, progresaron grandemente en los talleres de Reinchenbach, á los cuales acudian, desde apartadas regiones todos los observadores que rendian culto á la precisión.

Con el notabilísimo cambio que recibia la geodesia en las costas del Báltico, coincidía un acontecimiento que vino á prestar más tarde poderoso auxilio á la medición del Globo en el sentido de los paralelos. Navegaba en 1832 á bordo del *Sully*, desde el Havre á Nueva York, un renombrado pintor americano, que en los ocios de la travesía, departiendo con algunos pasajeros y meditando sobre los experimentos de Franklin, imaginaba los fundamentos del pequeño aparato que ha cambiado la faz del sistema de comunicaciones entre los habitantes de la Tierra. Samuel Morse, que no era otro el pintor, hubo de dejar por entonces sin realización práctica su peregrina idea, que vimos planteada doce años después, cuando se puso en comunicación electro-telegráfica á las ciudades de Washington y Baltimore. No se hizo esperar mucho tiempo la aplicación de tan prodigioso invento á la geodesia, puesto que en el mismo año de 1844 tuvo el capitán Cárlos Wilkes la idea de medir la diferencia de longitudes geográficas entre las mencionadas ciudades, valiéndose del telégrafo eléctrico; y dos años después la determinó Walker, por el indicado procedimiento, entre Washington y Filadelfia. Pero en las aplicaciones científicas era ante todo necesario determinar, con precisión, el tiempo invertido por la corriente eléctrica para recorrer la distancia que media entre dos puntos unidos por un hilo telegráfico; experimento realizado con este objeto bajo la dirección del mismo Walker en el intervalo de 1849 á 1851. El promedio de los resultados concordantes, entónces obtenidos, entre diferentes líneas, es de 24.800 kilómetros por segundo. El Nuevo Mundo se hallaba en posesión de un procedimiento completo para determinar la diferencia de longitudes geográficas, el cual ha llevado, con toda justicia, el nombre de *método americano*.

Los prodigiosos resultados publicados en América llamaron inmediatamente la atención de los astrónomos y geodestas europeos, los cuales se dispusieron á la aplicación del procedi-

miento electro-telegráfico, que Litrow fué el primero en plantear, determinando la diferencia de longitudes entre Viena y Praga, en el año de 1851.

Quince años después, y tras varias tentativas infructuosas, ya no estaban desligados los dos continentes que baña el Atlántico: metálico cable los unía para que por él se trasmitiesen mutuamente sus pensamientos los habitantes de tan apartadas tierras; y la ciencia, para determinar las posiciones relativas del Antiguo y Nuevo Mundo, se apoderó instantáneamente de ese hilo de unión, que la política, el comercio y la industria utilizaban. El año de 1866 fué el que vió por primera vez tal maravilla: una diferencia de longitudes determinada á 4.300 kilómetros de distancia por observaciones de las mismas estrellas.

El resultado alcanzado en tan extraordinaria operación fué, que la diferencia de longitudes entre los Observatorios de Cambridge, en los Estados-Unidos, y Greenwich, en Inglaterra, es de  $4^{\text{h}} 44^{\text{m}} 30^{\text{s}},99$ , con un error probable de *una décima de segundo*. Repetida la operación por el cable francés de Duxbury, en 1870, no difirió del anterior resultado obtenido más que en una *centésima de segundo*, y el error probable de la determinación bajó á *seis centésimas de segundo*. Otra determinación se llevó todavía á cabo, en 1872, por el cable francés de Saint-Pierre; resultando la diferencia de longitudes exactamente igual á la anterior, hasta las centésimas de segundo inclusive, con un error probable de *cuatro centésimas de segundo* tan solo. Maravillosa concordancia, que ensalza el sistema americano, cuya precisión era ya entónces tan grande.

Otra invención de incalculables consecuencias en los progresos de la geodesia es el cronógrafo eléctrico, debido al relojero y astrónomo Bond, quien lo imaginó en 1848 con motivo de las determinaciones electro-telegráficas de diferencias de longitud, en los Estados-Unidos. Sin mencionar aquí las numerosas aplicaciones del cronógrafo á varias ciencias de observación y al arte de la guerra, la revolución por él introducida en las observaciones astronómico-geodésicas, sería suficiente para atribuirle un lugar de preferencia en el sucesivo

desarrollo de la GEODESIA NOVÍSIMA. Era, en efecto, condición indispensable para observar pasos de estrellas, ántes de la aparición de este precioso instrumento, ser astrónomo de profesión, tener la vista fija en los hilos del anteojo y atento el oído á los acompasados golpes del péndulo, para subdividir mentalmente el ya pequeñísimo tiempo de un segundo; y de aquí el reducido número de terminaciones de diferencias de longitud geográfica que en otros tiempos se hacian en diferentes puntos de la superficie terrestre. Desde la invención del cronógrafo, multitud de geodestas avezados á las observaciones terrestres, se han puesto, en cortísimo plazo, en disposición de observar los pasos de estrellas y otros fenómenos análogos, con la misma precisión que el más hábil astrónomo de un observatorio, y con una superior á la del más diligente observador que operase sin tan ingenioso aparato; el cual proporciona, además, la inapreciable ventaja de conservar la impresión gráfica del tiempo y de la observación del fenómeno en las cintas de papel, circunstancia que permite comprobar y rectificar el resultado de la observación cuantas veces se considere conveniente.

Pero aún disponiendo de tan poderosos auxilios, no es posible prescindir de la corrección que proviene de la *ecuación personal* de los dos observadores que ocupan las estaciones entre las cuales se quiere conocer la diferencia de los tiempos locales. Los diferentes hábitos de observar, la mayor ó menor brillantez de las estrellas, su velocidad, la dirección de su movimiento, y otras causas que producen á veces sorpresa, ó inducen á retrasar el momento en que realmente se verifica el paso por los hilos, se deben medir ó eliminar. Esto último, se consigue cambiando recíprocamente de lugar los observadores después de hecha la operación, y repitiéndola cuando se ha hecho el cambio. Para la medición directa de la ecuación personal, hacen los dos geodestas reunidos repetidas observaciones astronómicas, de las cuales deducen su diferente manera de apreciar; ó bien se valen de uno de los varios aparatos que se han ideado y construido con este objeto, siendo muy apreciable entre ellos el que, presentando una estrella artifi-

cial movida por un péndulo, marca eléctricamente el momento del paso, que, por su parte, aprecian y marcan en un cronógrafo cada uno de los dos observadores cuya ecuación personal quieren determinar: la comparación de las dos diferencias obtenidas, por cada uno de ellos, entre el instante preciso del paso y el de su apreciación, constituye la ecuación buscada.

Pueden considerarse ya del dominio de la NOVÍSIMA GEODESIA en Europa, con todos estos adelantamientos, cuatro grandes arcos terrestres: el que, siguiendo próximamente la dirección del paralelo  $52^{\circ}$ , alcanza una extensión de  $69^{\circ}$  de longitud, desde la isla de Valentia en Irlanda hasta los confines orientales de la Rusia europea, propuesto por Struve en 1857; el arco de meridiano ruso-escandinavo, mencionado anteriormente; el que en 1861 propuso el General Baeyer desde Noruega á Sicilia; y por último, el que desde el Norte de Escocia se extiende hasta los confines septentrionales del Desierto de Sahara.

El segundo de estos arcos de meridiano dió origen á la hoy floreciente Asociación geodésica internacional de todos los Gobiernos del continente europeo, para la nueva medición del Globo; y esta alta corporación científica, compuesta de delegados oficiales de todas las naciones, á la que pertenece el nuevo Académico, ha sido á su vez origen de perfeccionamientos, de unificación y de poderoso impulso en los trabajos geodésicos, desde que se reunió por vez primera hasta el día. Cuando el General Baeyer se dirigia en 1861 á los Gobiernos de la Europa central, proponiendo la medición de este arco, si bien no entraba en su propósito más que un reducido número de naciones europeas, hacía, en una notabilísima Memoria, la reseña más perfecta que ha visto la luz pública del estado que á la sazón alcanzaban los trabajos geodésicos del mundo entero. Entónces, apenas habíamos delineado nosotros, los geodestas españoles, el plan de nuestros trabajos y formulado nuestra aspiración geodésica; pero aún así no nos olvidó el ilustre discípulo y colaborador de Bessel, y dijo: «España ha trazado un proyecto de trabajos tal, que, si se realizara, oscurecería todo

cuanto, en el dominio de la geodesia, se ha intentado en el *Continente*. Después de esta alabanza del decano de la NOVÍSIMA GEODESIA al examinar el proyecto español, y de la duda que al parecer abrigaba respecto á su realización, solamente haré constar, para contentamiento de todos, que el proyecto se halla hoy puntual y completamente puesto por obra. Y es más, no se ha contentado España con hacer lo que entonces ofreció al mundo científico, sino que ha logrado inscribir su nombre en unión del de otras naciones, en el mayor de los arcos de meridiano terrestre que hasta ahora se ha medido.

Pero esto exigía rehacer trabajos de ilustres astrónomos extranjeros que florecieron en el período de la NUEVA GEODESIA; se necesitaba el concurso científico y administrativo de una nación vecina, que también había de rehacer, en parte, lo medido en la misma época; y, sin embargo, realizado está hoy el pensamiento. Y ¿quién fué el primer observador que puso la mano, con los recursos de la NOVÍSIMA GEODESIA, en la obra de Delambre, Mechain, Biot y Arago, que desde Dunkerque se extendía hasta nuestra isla de Formentera? Fué el individuo del Instituto Geográfico y Estadístico español que hoy ingresa en esta Academia, el cual, después de haber medido un arco de paralelo de siete grados de amplitud, que pasa por Madrid, rompió la marcha de Norte á Sur, comenzando por estacionar en el pico de Canigou, conocido y citado como el más imponente del Pirineo oriental. Algunos años después imitaba Francia nuestro ejemplo, y, siguiendo opuesta dirección, enlazaba en el mismo Canigou con nuestro trabajo, remontando hácia el Norte para rehacer la cadena de triángulos que conduce á Dunkerque, que salta á las islas Británicas, y que llega hasta Saxavord en la región más septentrional de Escocia (1). Unida había de quedar ésta, en breve plazo, y por no interrumpida red geodésica, con los altos picos de nuestra Sierra Nevada; pero unida con la precisión de la NOVÍSIMA GEODESIA, con un error probable en los ángulos de *tres décimas de segundo*, y con un error probable en las mediciones

(1) Véase la lámina.

lineales, por lo que á España toca, de  $\frac{1}{3.000.000}$  en vez de  $\frac{1}{600.000}$  que Bessel alcanzó al inaugurarse la época geodésica presente. Si ésta tenía medios bastante poderosos para lanzar sobre el Mediterráneo triángulos enormes que viniesen á caer en tierra argelina, donde nuestros compañeros del Ministerio de la Guerra de Francia habian realizado ya trabajos geodésicos de primer orden desde la costa hácia el Desierto, el arco de meridiano que comienza en Escocia podria desde luego alcanzar una amplitud superior á la de todos los arcos medidos. La posibilidad se ponía por muchos en duda; y ahora que el enlace está hecho, con incomparable fortuna, debemos agradecer á los sabios de todos los países las alabanzas que han prodigado á esta empresa. No citaré más que un ejemplo. Decia, no há mucho, un docto geodesta extranjero: «la reciente operación del enlace de España y Argelia, es el más grandioso de todos los trabajos geodésicos emprendidos desde el momento en que Snell, en 1615, hizo ocupar á la geodesia el puesto que, entre las demás ciencias, le pertenece.»

Estaba reservado al siglo del vapor y de la electricidad enlazar dos continentes por observaciones ópticas, y con recíproca visibilidad, á distancia de 270 kilómetros. Máquinas de vapor eran los motores que producian la luz eléctrica en los dos elevados picos españoles y en los dos vértices argelinos; colosales reflectores enviaban desde cada estación esta luz en tres diversas direcciones; un gran círculo azimutal medía en cada vértice los ángulos comprendidos entre las tres líneas aéreas que en él concurrían, formando entre todas un cuadrilátero, de inusitadas proporciones, con sus diagonales. Desde las cimas del *Mulhacen* (1) y de la *Tetica* de Bacáres, elevados picos de

---

(1) Pudo dar ocasión al nombre de *Mulhacen*, contracción de *Mulahacen* el haber sido enterrado en aquel cerro un santón ó sabio ermitaño, antiguo cliente ó vasallo feudal de príncipe sarraceno, que morase en alguna de las próximas asperezas habitables de la Sierra Nevada; esto es  $\text{مولا}$  (*Mula*, cliente)  $\text{حسن}$  (*Hacén*, nombre propio de varón). Si esto fuese así, este nombre, aceptado por el geógrafo D. Tomás Lopez en su mapa dado á luz el año de 1795, ha de ser preferible á los demás que al mismo pico se han dado. Pero, atendiendo á que no hay razón bastante que autorice la suposición del enterramiento, y que en cambio corre en el país la tradición

las sierras Nevada y de los Filabres, los rayos luminosos que trazaban en las tinieblas maravilloso puente entre Europa y África, reanudaban los lazos que desde los tiempos más remotos unian los hoy separados miembros de un mismo continente.

Francia y España, en fraternal colaboración científica, llevaron por partes iguales á feliz término, en 1879, la mencionada vasta y difícil empresa; y los gobiernos de ambas naciones han merecido bien de la ciencia, por haber puesto en manos de los geodestas de entrambos países, todos los elementos necesarios para su realización. También fué el Sr. Barraquer el jefe de la brigada geodésica que, por parte de España, concurre á esta memorable operación, que Francia confiara al coronel Perrier, nuestro corresponsal. Uno y otro tuvieron á sus órdenes ilustrados jefes y oficiales de artillería, ingenieros y estado mayor de ambos ejércitos, que han cooperado con éxito sin igual á forjar el inmenso *eslabón geodésico* de la cadena meridiana *anglo-franco-hispano-argelina*.

Pero el *eslabón geodésico* no satisfacía ya las aspiraciones científicas del Instituto Geográfico español y del Ministerio de la Guerra de Francia: uno y otro deseaban tantear la manera de establecer además un *eslabón astronómico*, que empalmase uno de los vértices españoles con otro argelino. Fueron los elegidos la *Tetica* de Bacáres y *M'Sabiha*, y en ambos se midió la latitud y un azimut; mas, para determinar la diferencia de longitudes, y á falta de un cable telegráfico que los uniese, se aplicó un nuevo procedimiento, cuyos resultados han sido muy superiores á los que de él se esperaban, y de todo punto comparables en precisión á los que proporciona el telégrafo eléctrico. Consistía, para la comparación de las horas locales, en observar desde cada continente las ocultaciones acompasadas ó rítmicas de la luz eléctrica del otro, producidas por una pantalla movida por un péndulo; ocultaciones que debían quedar auto-

---

de que se veían en aquellas alturas restos de murallas formadas con enormes piedras, podría proponerse como mejor etimología la de *معلي حصين* (*Mula*, elevación; *hacín*, fortificada).

máticamente marcadas en el cronógrafo del vértice de donde procedían. En el vértice en que se observaban, con el auxilio de un potente antejo, quedaban consignadas en el cronógrafo respectivo, de la misma suerte que los pasos de estrellas por los hilos del retículo, al determinar la hora local. Esto exigía la determinación de dos ecuaciones personales: una relativa á los pasos de estrellas y otra correspondiente á la observación de los destellos luminosos; y así se hizo, en efecto. Tan importante y difícil operación, que por parte de Francia estaba encomendada al mismo coronel Perrier, fué dirigida en España por uno de los académicos aquí presentes, el astrónomo señor D. Miguel Merino, al cual se debe, además de las observaciones de la diferencia de longitudes, la difícilísima y arriesgada operación de montar por primera vez á tan considerable altitud y sobre tales breñas, un péndulo eléctrico y de compensación de mercurio, que funcionó perfectamente mientras duraron los trabajos.

Si en *Mulhacen*, á 3.481 metros sobre el nivel del mar, pusieron los elementos á prueba la perseverancia y el valor de los observadores, perdidos y como abandonados en aquella imponente y salvaje naturaleza, azotados por furiosos huracanes, por nevadas y aguaceros tan copiosos como de fuerza desconocida para el habitante de las llanuras; si hasta el rayo, cayendo en estrepitosa descarga sobre los mismos aparatos eléctricos, hicieron dudar un momento á los geodestas del éxito de la empresa, en la *Tetica* de Bacáres hubieron menester después los encargados de la parte astronómica, tanta energía, tanta perseverancia y tanto valor como los que habian ocupado la atrevida cresta de la Sierra Nevada. La tormenta espantosa y prolongada que llevó la desolación, la miseria y la muerte á las ricas y amenas comarcas de Murcia y Orihuela, se cernió amenazadora sobre el puntiagudo cerro, desencadenándose bien pronto en torrentes de agua, y lanzando descargas de horrible intensidad. Ni el coronel Barraquer dispuso la retirada de *Mulhacen*, para la cual estaba previamente autorizado, ni el astrónomo Merino dejó más tarde su puesto de honor á pesar de las contrariedades que se le presentaban y de lo avanzado

de la estación, mediado ya el mes de Octubre. La guarnición científica de *Mulhacen* completó en aquellos riscos los 71 días que la terminación de sus trabajos exigió, y la de *Tetica* no descendió de su cumbre hasta el 20 de Noviembre, cumplidos 50 días desde el de su ascensión.

Inmediatamente después de citar las observaciones hechas en lo alto del *Mulhacen*, la más elevada montaña de los dominios españoles, parece llegado el momento de llamar vuestra atención hácia las irregularidades ó accidentes que constituyen el *relieve* de la superficie terrestre, sobre otra *matemática* de comparación general, y de apuntar lo que la NOVÍSIMA GEODESIA ha hecho en orden á la medición de alturas, parte tan principal del estudio y conocimiento de nuestro planeta. Desde que Bessel definió, y con tal claridad explicó, en 1838, lo que es la *superficie matemática* de la Tierra, á la que es perpendicular en todos sus puntos la resultante de todas las fuerzas de atracción y de la fuerza centrífuga, ó la supuesta prolongación de los mares al través de los continentes, como si se pudiesen aquellas masas de agua en comunicación unas con otras por medio de una red de canales imaginarios, ya no ha cabido duda acerca de cuál es la superficie á que se llega cuando se determina la forma y dimensiones del Globo. Pero es forzoso estudiar y medir el relieve de su corteza sobre esa superficie de comparación; y esto, que se hacía ya de una manera imperfecta en las épocas de la antigua y de la nueva geodesia, es lo que ha recibido notables perfeccionamientos en la época actual.

El procedimiento trigonométrico de determinar las diferencias de nivel ó alturas de unos puntos sobre otros, haciendo entrar, como principal elemento, la distancia zenital, traía siempre consigo los errores que provienen de la variabilidad de la refracción terrestre; inconveniente que se trató de disminuir haciendo recíproca y simultánea la observación de las distancias zenitales entre los dos puntos. Vino después Biot, en 1842, partiendo de la ecuación diferencial de la trayectoria luminosa de Laplace, á facilitar una sencilla fórmula, para la práctica de las nivelaciones geodésicas, por medio de la cual

se calculan en cada caso las trayectorias luminosas, valiéndose de observaciones barométricas y termométricas oportunamente recogidas. El conocimiento de las trayectorias especiales constituía ya un gran paso, porque hacía innecesaria la hipótesis, errónea á todas luces, de la igualdad de la refracción en dos puntos distantes entre sí, aunque la observación de las distancias zenitales fuese simultánea. Pero todo esto estaba muy por debajo de lo que ha hecho la Asociación geodésica internacional, al prescribir la formación de la extensísima, compacta y precisa red hipsométrica de Europa. La nivelación geométrica, que ántes se aplicaba únicamente á trabajos especiales y de extensión relativamente corta, se ha perfeccionado notablemente, teniendo en cuenta todas las causas de error, y con el nombre de *nivelaciones de precisión*, cubre ya una parte considerable del continente, y avanza sin cesar hasta que sus polígonos, cada vez más divididos y subdivididos, formen una nueva envoltura del territorio europeo, á la manera que la red geodésica se ciñe á los pliegues de la corteza terrestre.

Mas ¿cómo referir ese cúmulo de altitudes á la superficie de los mares sin hacer ántes en éstos un estudio detenido, constante y tan preciso como las nivelaciones mismas? De aquí la extensión dada á la determinación del nivel medio de los mares y á su comparación. También data del origen de la *NOVÍSIMA GEODESIA* el único procedimiento conocido para determinar el nivel medio de los mares, que es el uso del *mareógrafo*. Palmer lo empleó en 1831 al emprender sus estudios en los docks de Lóndres, y desde entónces se han hecho en él repetidas modificaciones, hasta llegar á conseguir que salgan del aparato las curvas diurnas que representan, no solamente el nivel medio general en aquel paraje, sino el movimiento mismo de las olas: datos preciosísimos, pero que, una vez obtenidos, han menester todavía cálculos prolijos para deducir de ellos la altura media diurna del mar. Al ingeniero hamburgués, señor Reitz, se debe el reciente perfeccionamiento del mareógrafo, por medio de cuya innovación, sin dejar de proporcionar la curva del movimiento del mar, excusa todo cálculo para deducir de la curva la altura media de las aguas, la cual se obtiene

del aparato mismo. Dos tan sólo se han construido hasta ahora, de los cuales uno está funcionando á la proximidad del puerto de Cádiz.

Determinada con los mareógrafos, y por espacio de algunos años, la altura media de los mares en varios puntos de las costas, y enlazados los mismos puntos por medio de líneas de nivelaciones de precisión, toda la hipsometría de cada continente tendrá una referencia común, y solamente de esta suerte se puede estudiar el relieve de la superficie del Globo.

En las costas de Europa funcionan hoy más de 60 mareógrafos, y en la mayor parte de las naciones marítimas se observan tendencias al aumento del número de estaciones mareográficas, que en España lo son á la vez meteorológicas, con el fin de estudiar aquellos elementos que pueden influir más ó menos directamente en la altura media de las aguas.

Dando punto en lo referente á Europa, y ántes de hacer algunas observaciones acerca de la influencia de la NOVÍSIMA GEODESIA en otras partes del mundo, conviene resumir y hacer constar, á manera de despedida, lo alcanzado en orden á trabajos encaminados á la nueva medición del Globo, no solamente en Europa, sino en las vecinas comarcas septentrionales de Africa (1): las abrasadas arenas del Desierto de Sahara pueden darse ya por enlazadas geodésicamente con las últimas islas de la Noruega, en las heladas regiones del Polo; los septentrionales islotes de la poética Escocia, con las meridionales montañas de la Sicilia; el imponente *Mulhacen*, vigilante centinela de nuestra rica vega de Granada, con los montes Urales, más ricos aún por los tesoros que en su seno depositó naturaleza; el mar Mediterráneo, con el Océano Artico; el mar del Norte, con el Negro; el Adriático, con el Báltico. Desde unos á otros se extiende no interrumpida red de triángulos esferoidales, que fijan y determinan la posición de sus vértices sobre el esferoide *matemático* terrestre, y por separado, hipsométrica red que proporciona la tercera coordenada de los mis-

---

(1) Véase la lámina.

mos puntos, entre los cuales se encuentran todos los observatorios astronómicos.

Un suceso político, la rebelión de los montañeses de Escocia (*highlanders*), sofocada en 1745, había sido origen de los trabajos geodésicos en Inglaterra. Sintió ésta la precisión de triangular el Reino-Unido, con el fin de elegir posiciones estratégicas y de establecer medios militares de comunicación; de conocer en sus pormenores el terreno, tanto en su proyección horizontal como en su relieve; de poseer, en una palabra, el mapa topográfico del país. Las mismas necesidades estratégicas y tácticas que el Gobierno inglés, tuvo la Compañía de las Indias para disponer, á fines del pasado siglo, la triangulación de aquel vasto territorio; y el arco de meridiano en él medido excede en otro tanto al de Inglaterra.

Con el principio de siglo coincidió el de la red india; y el comandante Lambton fué el que plantó en aquella apartada región la bandera geodésica. Desde entonces, y hasta que el capitán Everest, que por fallecimiento le sucedió en la dirección, continuó en 1830 los trabajos, después de iniciado, con ocasión de un viaje á Europa, en los adelantamientos que abrieron la época de la geodesia actual, todo lo hecho pertenece á la NUEVA GEODESIA, puesto que lo mismo en Asia, que en América, que en Africa y que en Europa, la NOVISIMA comienza simultáneamente en el final del primer tercio del siglo. Por esta razón, los entonces apreciables trabajos de Lambton han corrido la misma suerte que los de los ilustres Delambre, Mechain, Biot y Arago: unos y otros han sido rehechos con mejores aparatos, instrumentos, señales y métodos de observación y de cálculo.

Si Lambton, una de las víctimas de acendrado amor á la ciencia, hubiese tenido á su disposición en aquellas inhospitalarias regiones los elementos de trabajo que después acumuló el capitán Everest, hubiera dejado resultados imperecederos, debidos á su gran perseverancia y á su extremada habilidad de observador: era una de las grandes dificultades con que luchaba, la de no poder distinguir las señales geodésicas ordinarias á través de aquella atmósfera, sino en la época de las

lluvias, circunstancia que le obligaba á desperdiciar las estaciones más sanas y más favorables para el trabajo del hombre; con el heliotropo, que más tarde inventó Gauss y aprovechó Everest, hubiera, como éste, variado por completo las épocas de los trabajos, reforma que por sí sola fué una verdadera revolución que cambió la faz de la geodesia índica.

El contingente que ésta ha suministrado á la moderna medición del Globo es de gran valía en todos conceptos: por su posición geográfica, por su gran extensión y por la delicadeza y esmero con que se han hecho sus observaciones, y se están llevando á cabo sus prolijos cálculos de compensación. Hé aquí los elementos de que podemos ya disponer: Un arco de meridiano, conocido con el nombre de *arco grande*, de 24° de amplitud, con más de 30 estaciones astronómicas y cinco bases geodésicas, que parte del punto más meridional de la Península y llega hasta los piés del Himalaya, en los confines del Indostan; otros cuatro extensos arcos de meridiano; tres arcos de paralelo, de los cuales uno alcanza 24° de amplitud; multitud de cadenas que enlazan unos con otros los mencionados arcos; y, por último, una interminable cadena envolvente, que comprende más de 8.000 kilómetros de extensión. Para dar idea del estado de adelantamiento de aquellos trabajos, basta decir que desde 1872 se emplea ya el telégrafo eléctrico para la determinación de la diferencia de longitudes geográficas. En punto á relieve, ofrece también la India copiosos datos recogidos en sus extensas y excelentes nivelaciones geométricas comenzadas en 1858, que alcanzan hoy una extensión de más de 6.000 kilómetros lineales, y que se enlazan con multitud de vértices geodésicos, de los cuales hay algunos que cuentan más de 6.000 metros de altitud.

Grandes han sido las penalidades que los ingleses hubieron de soportar en la India, y las dificultades vencidas por ellos: la lucha constante con la insalubridad del clima, lucha en que han sucumbido muchos oficiales beneméritos; los impenetrables bosques á través de los cuales era preciso abrir anchas sendas; las horribles avalanchas que, desprendiéndose desde lo alto de las cimas, cortaban toda comunicación á los geo-

destas; la falta de medios de transporte, que obligaba á elegir entre la conducción á brazo ó el empleo de grandes caravanas de elefantes; la carencia de personal auxiliar, que obligaba á confiar los instrumentos y aparatos de menor importancia á una advenediza multitud, reclutada en diversas comarcas, y compuesta de menestrales pertenecientes á toda clase de oficios, y aún de sacerdotes, que se presentaban con los trajes más singulares; el pánico que á estas gentes producía la idea de contribuir á unos actos inspirados por la magia, y contrarios á su religión, y cuyo temor les ha hecho en varias ocasiones abandonar espantados los objetos que de los geodestas habían recibido; todas estas circunstancias contribuyen á que la geodesia índica sea una de las más difíciles que el hombre haya intentado y llevado á cabo. Los nombres de Lambton, Everest, Waugh y del General Walker, Director actual de aquellos vastos trabajos, así como los de todos los oficiales que en ellos han tomado parte, merecen el respeto y la consideración de los geodestas de las edades futuras.

Como en Europa y en Asia, comienza en los Estados- Unidos del Norte de América la NOVISIMA GEODESIA al terminar el primer tercio de nuestro siglo. La ley relativa á la representación de las costas de la República, promulgada en 1807, fué letra muerta, con motivo de la guerra de 1812, y de vacilaciones administrativas, hasta 1832, en que, revalidada por los poderes públicos, tomó un carácter eficaz y permanente.

Los fines que se querían alcanzar eran, ante todo, satisfacer las necesidades de la navegación y las de la defensa de las costas, y establecer á lo largo de ellas una red de triángulos que, en su día, pudiese servir á cada uno de los Estados de base para la formación de su mapa respectivo; pero al lado de estos beneficios de inmediata utilidad pública, tenía también la alta geodesia su participación, porque al proyectar tan dilatada red, y al proponerse llevarla á cabo con todos los adelantamientos de la época, se allegaban valiosos datos para la determinación de la forma y dimensiones de la Tierra.

Y así ha sido en efecto: prescindiendo ahora de las invenciones del método de determinar la diferencia de longitudes

geográficas y del cronógrafo, que debe la geodesia á los norteamericanos, como queda indicado, ha recibido de ellos incalculable presente con la red de gran precisión que comprende una faja de 220.000 quilómetros cuadrados, con 13 bases medidas, más de 400 estaciones astronómicas, y sus correspondientes nivelaciones de precisión. Looor á los ilustres geodestas del Nuevo Mundo, desde el insigne Hassler, nacido en las montañas de la Helvecia, hasta nuestros contemporáneos los Patterson, Hilgard, Gould, Peirce y otros, por la imperecedera obra que han levantado allende los mares.

Volviendo al Africa, de la cual tan solo sus costas septentrionales habian sido visitadas por la NOVÍSIMA GEODESIA, llega el momento de citar el arco de meridiano del Cabo de Buena-Esperanza. De este famoso punto, cuya importancia en la historia del comercio del mundo no es necesario encarecer aquí, decia el abate de La Caille, que su verdadera situación ofrecia tales dudas, que los geógrafos más célebres diferian en unas *cien leguas*; y tanto para desvanecer esta vergonzosa duda, cuanto con el fin de realizar interesantes determinaciones astronómicas y la medición de un arco de meridiano terrestre por debajo del Ecuador, se ofreció el mismo astrónomo á establecerse en aquellas latitudes, en donde midió, desde 1751 hasta 1753, un pequeño arco de un grado y un cuarto, con toda la precisión que en aquella época se podia alcanzar. Pero cuando el Cabo se habia ya convertido en colonia inglesa, y contaba con un Observatorio astronómico dirigido por Maclear, acometió éste la empresa de medir un nuevo arco de meridiano de mayor amplitud con los recursos y procedimientos de la NOVÍSIMA GEODESIA; y, á pesar de las numerosas dificultades que se opusieron á sus propósitos, consiguió este infatigable y perseverante observador terminar en el espacio de 19 años, que comenzaron en 1838, todos los trabajos que abraza la medición de un arco de meridiano de  $4^{\circ} 36' 49''$ ; bellísima operación que comprende una base, 46 estaciones geodésicas, 6 astronómicas y una red hipsométrica, compuesta de 152 puntos cuyas diferencias de altitud exceden alguna vez de 2.000 metros.

Y aquí daré por terminado el viaje á cuatro partes del mundo, que, abusando de vuestra paciencia, emprendí há poco, para recordaros cuál ha sido el resultado de los esfuerzos hechos por la generación actual con el grandioso fin de *medir* la Tierra; pero permitidme que, ántes de indicar lo realizado para determinar por otro procedimiento la *forma* de nuestro planeta, ponga de relieve aquí el carácter distintivo de la NOVISIMA GEODESIA, en lo que á la medición de arcos de meridiano y de paralelo terrestres se refiere: entre todos los perfeccionamientos que han producido tan notable aumento de precisión en las observaciones y en los resultados definitivos, descuella la idea capital de las *condiciones superabundantes*, la cual conduce, por medio de la resolución de numerosas ecuaciones, á *valores únicos*, desapareciendo de esta suerte todas las contradicciones que se presentaban en los antiguos procedimientos de cálculo. En las primitivas *triangulaciones*, cada cuatro puntos daban tan sólo lugar á cinco líneas y á dos triángulos, que eran las *condiciones suficientes*; mientras que en las modernas *redes* se utilizan seis líneas y cuatro triángulos por cuadrilátero, y aumenta rápidamente su número con el de los lados de los polígonos. Para las nivelaciones se establecían ántes líneas aisladas, que proporcionaban el correspondiente perfil del terreno y las diferencias de nivel de todos los puntos de cada línea, como *condición suficiente*; al paso que actualmente se cierran grandes polígonos con las mismas líneas, lo cual da lugar á *condiciones superabundantes*, que han de quedar rigurosamente satisfechas. Al determinar diferencias de longitud geográfica, se ligaban solamente de dos en dos los puntos elegidos, y hoy se disponen inmensos polígonos en que entran diferentes estaciones, y ofrecen igualmente *condiciones geométricas superabundantes* que se deben satisfacer para que exista la compensación general de los errores.

A Bessel es forzoso acudir de nuevo para encontrar el origen de las modernas investigaciones sobre la *figura* de la Tierra, por medio de la determinación de la intensidad de la gravedad con el péndulo, aplicando el fecundo teorema de Clairaut. Las profundas investigaciones que, desde 1825 hasta 1828, llevó á

cabo el ilustre astrónomo de Königsberg, y la determinación de la longitud del péndulo simple de segundos que hizo en Berlín siete años despues, forman época en la historia de la ciencia, y determinan el tránsito de la NUEVA á la NOVÍSIMA GEODESIA. El péndulo de *inversión*, en el estado en que hoy lo utilizan los geodestas, se le debe en gran parte; porque ni Bohnenberger, al inventarlo, ni Kater al emplearlo, desde 1818, le dieron los perfeccionamientos que han resultado de las preciosas indicaciones de Bessel, cuyas notables modificaciones lo han convertido en uno de los admirables instrumentos que maneja el observador moderno.

Construido en 1864 por el célebre Repsold, comenzó á usarlo en 1865 el Sr. Plantamour, y con él se ha medido la intensidad de la fuerza de la gravedad en seis estaciones de la red geodésica suiza, observando los pasos por la vertical, y registrándolos por medio del cronógrafo eléctrico. Siguiendo el ejemplo dado por esta nación, y bajo el patrocinio de la Asociación geodésica internacional, emprenden Austria, Baviera, Prusia, Rusia y Sajonia las determinaciones de la gravedad en sus respectivos territorios, y elevan el número de estaciones hasta 39, en la mayoría de las cuales se ha empleado el método de las coincidencias; pero los resultados en ellas obtenidos, aunque de una precisión en armonía con los adelantamientos modernos, no pueden considerarse más que como provisionales, porque los observadores no han tenido en cuenta una causa que ejerce gran influencia en la duración de las oscilaciones y en la longitud del péndulo simple: el movimiento que la oscilación del péndulo comunica á su trípode, y por lo tanto, á su plano de suspensión.

Se disponía España á emprender las observaciones definitivas del péndulo, cuando el geodesta norte-americano, señor Peirce, comenzó una serie de experimentos destinados á medir y tener en cuenta el error que proviene del movimiento del plano de suspensión mientras duran las oscilaciones; interesante investigación, á la que se dedicaron también con gran diligencia los Sres. Hirsch y Plantamour, en Suiza, y en España el nuevo Académico, como encargado de las determina-

ciones de la intensidad de la gravedad, en nombre del Instituto Geográfico y Estadístico.

Provisto el Sr. Barraquer de un delicado aparato de reflexión, que amplifica con facilidad hasta *tres mil veces*, midió con el mayor esmero la corrección que debe sufrir la longitud del péndulo simple por la mencionada causa de error, cuando el aparato de inversión se halla montado sobre su trípode metálico especial, y obtuvo una cantidad considerable, dada la pequeñez absoluta de los elementos que se miden en ese linaje de experimentos. Y no contento con esta investigación, que le condujo á resultados concordantes con los obtenidos por los geodestas americanos y suizos antes citados, preparó otro experimento que elimina por completo la falta de resistencia y estabilidad del trípode, puesto que el plano de suspensión del péndulo se hallaba sólidamente asegurado, por medio de un resistente brazo de bronce, á un pilar de una sola piedra de grandes dimensiones, sin descansar en el trípode. El movimiento perturbador se redujo de esta suerte á la décima parte del anterior; pero su influencia excede todavía mucho á cuanto es permitido tolerar en una determinación tan delicada y tan transcendental.

Y no se crea que mientras dura la oscilación de un péndulo se comunica tan sólo el movimiento al trípode, ó si éste no existe, al pilar: enseña un reciente experimento hecho en la colina sobre la que se asienta el Observatorio astronómico del Canton de Neuchâtel, que el movimiento de oscilación del péndulo de inversión se trasmite además, ¿quién hubiera podido imaginarlo? á la roca misma que sustenta el edificio.

No hay, por lo tanto, duda alguna en que es forzoso *medir* en cada estación los movimientos de que depende la corrección, ó eliminar sus efectos. Esto último se consigue por el procedimiento que el matemático ginebrino, Sr. Cellérier, ha propuesto recientemente, de hacer oscilar uno despues de otro, sobre el mismo trípode, dos péndulos, de los cuales el uno pese próximamente la mitad que el otro, pero cuya distancia entre los cuchillos sea en ambos la misma. Como el efecto perturba-

dor de que se trata, es proporcional á la masa del péndulo que oscila, se podrá de esta suerte eliminar aquél, como lo ha probado el autor en la teoría matemática del procedimiento, presentada por él á la Asociación geodésica internacional reunida en Munic, en donde acaba de alcanzar general aprobación. Nuevo programa de observaciones se presenta, pues á la infatigable perseverancia de los geodestas: duplicar el trabajo de las oscilaciones, observando dos péndulos en vez de uno, ó medir en cada caso, con un aparato especial, la influencia de las oscilaciones del plano de suspensión, para introducir en los resultados las correcciones correspondientes.

Véase cuán difíciles y ocasionadas á graves errores son las observaciones que conducen á la determinación de la intensidad de la gravedad por medio del péndulo, y cuánto es el mérito científico de los geodestas que se consagran á tan penosos experimentos. Aunque el péndulo de inversion tiene la inapreciable cualidad de eliminar la resistencia que el aire opone á las oscilaciones, se han hecho con él estudios bajo presiones próximas al vacío, y variando sucesivamente la presión dentro de la cámara en que oscilaba el péndulo. Objeto de concienzudo estudio y profundas investigaciones han sido las diversas causas que podrian ocasionar errores, y que, por lo tanto, hacen introducir correcciones en la duración de la oscilación observada: la del tiempo, la de la amplitud de la oscilación, las de la presión y temperatura del aire, la de la dilatación de los metales, la del resbalamiento de los cuchillos, la de su deformación por el uso, la de la falta de igualdad de los mismos, la de la diferencia de estiramiento de la varilla cuando el disco lleno está arriba ó está abajo, la de las oscilaciones del plano de suspensión, la relativa á la altitud de la estación en que se observa, y, por último, la que proviene de las respectivas influencias del Sol, de la Luna y de las mareas.

Las cinco partes del mundo han sido testigos de las investigaciones hechas por el hombre con el péndulo para determinar el aumento ó disminución de sus oscilaciones á diferentes latitudes: más de 150 estaciones han ofrecido sus respectivos

contingentes á la determinación de la figura de la Tierra; y si bien Europa posee la mitad de ellas, hay región, como la India inglesa, que cuenta con un número considerable de determinaciones, modernas todas, y de un interés excepcional, tanto por la posición geográfica de aquellas comarcas, como por la proximidad de la gran cordillera del Himalaya, sobre cuyas elevadísimas mesetas ha oscilado hace apénas diez años el péndulo europeo, designado ya por el autor del Cosmos con el nombre de instrumento geognóstico.

Una de esas elevadas mesetas del Himalaya, en los confines del Tibet chino, y cuya altitud excede de 5.200 metros, vió sucumbir á uno de los geodestas más distinguidos del ejército inglés, el capitán Basevi, mártir de su ardiente abnegación por la ciencia, el cual, arrostrando todos los peligros de tan arriesgada ascensión y los de la estancia de algunos días en tan espantable altura, subió á ella para determinar la intensidad relativa de la gravedad, sin conseguir otra cosa que morir en aquellas neveras, á centenares de quilómetros de todo auxilio, y ántes de cumplir la edad de 40 años.

El Sr. Barraquer ha enumerado los grandes servicios prestados ya por el péndulo á la determinación de la forma del Globo; mas como resta muchísimo que hacer con el fin de allegar los numerosos elementos que demanda la solución de tan complicado problema, preséntase anchuroso campo donde aplicar el precioso instrumento, con todas las precauciones y perfeccionamientos debidos á la NOVÍSIMA GEODESIA, principalmente en aquellas regiones en que, como en las vastas superficies oceánicas, no es posible establecer redes geodésicas para medir arcos terrestres. Las innumerables islas del Pacífico, por ejemplo, están convidando al geodesta á que sitúe convenientemente un sistema de estaciones de péndulo, cuyos resultados arrojarían vivísima luz en medio de las tinieblas en que yacen varios puntos esenciales de la geodesia.

Con excelente acuerdo os ha mencionado el nuevo Académico una de las más grandiosas aplicaciones de utilidad general que proporciona la geodesia: es á saber, la de servir como de cuadrícula ó referencia en que se encajonan los trabajos de

la Topografía para producir los mapas de las naciones. Ya todas las de la culta Europa, excepto nuestra España, se hallan en posesión de una joya que el vulgo no aprecia bastante todavía, pero que las inteligencias superiores de todas las edades han sabido valorar. Y para probar que nunca han faltado en España hombres de este linaje, me bastará completar la cita del Sr. Barraquer, añadiendo que Jovellanos dijo ya: «Mapa sin cuya luz la política no formará un cálculo sin error, no concebirá un plan sin desacierto, no dará sin tropiezo un solo paso: sin cuya dirección la economía más prudente no podrá sin riesgo de desperdiciar sus fondos ó malograr sus fines, emprender la navegación de un río, la abertura de un canal de riego, la construcción de un camino ó de un nuevo puerto, ni otro alguno de aquellos designios que, abriendo las fuentes de la riqueza pública, hacen florecer las provincias y aumentan el verdadero esplendor de las naciones.»

Así lo han estimado, por fortuna, el Gobierno y los representantes del país, á todos los cuales agradece esta Real Academia el impulso dado en los últimos diez años á los trabajos geodésicos y topográficos que han conducido, por fin, á la publicación de las primeras hojas de nuestro deseado Mapa nacional que, con perseverancia, y sin desatentadas impacencias, vendrá un día á llenar el vergonzoso vacío que existe, en punto á representación topográfica del suelo europeo, y ya no habrá solución de continuidad en la colección de innumerables hojas que se ofrecen al estudio del Estadista, del General, del Ingeniero, del Agricultor, y que presentarán una imágen del terreno desde el antiguo Peñon de Calpe hasta las costas septentrionales de la Noruega; desde las bocas del Danubio hasta los occidentales islotes de Irlanda.

De la NOVÍSIMA GEODESIA ha nacido la metrología de precisión. Era un tiempo en que se buscaban en la naturaleza los prototipos lineales: quién en una parte alícuota del meridiano terrestre; quién en la longitud del péndulo de segundos, medida en una latitud geográfica determinada. Desde Bessel se sabe ya que es vano empeño el querer fundar un sistema de pesas y medidas en un módulo ó prototipo lineal, que no se

pierda ni altere jamás, por provenir del Globo terráqueo, y al cual se pueda acudir en todo tiempo para reconstruir el origen del sistema, si desapareciese; porque la NOVISIMA GEODESIA ha demostrado que las irregularidades del *cuerpo terrestre* y la falta de conocimiento de su densidad, hacen de todo punto imposible la adopción de un módulo fundado en las llamadas *constantes naturales*, tal cual lo imaginaron, apoyados en los conocimientos geodésicos de aquella época, los legisladores franceses de 1795; pero el empeño de estos, que pretendían tener en el *metro* la diezmillonésima parte del cuadrante de meridiano terrestre, y el de los ingleses que insistían en sacar del *péndulo* su módulo de medir, han sido abundosas fuentes en que han bebido y se han regenerado, á fuerza de investigaciones sin cuento, la geodesia misma y la metrología, con lo que se han ensanchado prodigiosamente los horizontes de la ciencia pura. Otra de las ventajas que la falsa definición del metro ha producido á la humanidad, es que á ella se debe la adhesión de los pueblos á un solo sistema, el métrico-decimal, únicamente francés en su origen, y adoptado hoy por 19 naciones de Europa y de América, en diplomático convenio asociadas, y que juntas comprenden 400 millones de habitantes.

Abandonado el principio de los módulos naturales, forzoso ha sido volver al antiguo sistema: el medio de tener una medida universal, consiste en constituir una asociación de las naciones que quieran adoptarla; preparar una medida, que por la materia de que esté construida sea lo más resistente á la acción de los agentes naturales, y por su forma y definición se halle exenta de alteraciones en el uso; conservarla esmeradamente entre todos los interesados; rodearla de *testigos* representados por tipos lineales de idéntica materia; mantenerla con ellos á temperatura constante en subterráneo depósito; compararla periódicamente, valiéndose de aparatos y personal adecuados; y, además de todas estas precauciones, distribuir á los Gobiernos asociados ejemplares auténticos que difieran muy poco del *prototipo internacional*, y cuyas diferencias á él, estén escrupulosamente determinadas por los medios más precisos que se co-

nozcan en la época en que se opere (1). Esto es lo que se está llevando á cabo con el metro de platino iridiado, *terminado por trazos*, en el observatorio metrológico internacional, fundado y sostenido cerca de París por las naciones asociadas, con objeto tan civilizador como es el de unificar los instrumentos de medir y de pesar que emplean la ciencia, la industria y el comercio del mundo.

*Metro prototipo internacional* se llamará el origen ó base del nuevo sistema; pero no se pretenderá que tenga relación alguna con las dimensiones de nuestro planeta, ni que sea otra cosa que la representación *material* de la unidad del sistema.

Si la metrología de precisión ha necesitado los auxilios de la NOVÍSIMA GEODESIA, ésta no puede ya seguir prosperando sin el concurso de la metrología actual. ¿Cómo expresar en función de una sola unidad todas las mediciones de arcos terrestres, y todas las determinaciones de la fuerza de la gravedad con el péndulo, si la metrología no crea una unidad comun, adoptada y respetada por todas las naciones civilizadas, y si además no compara, con gran precisión, á la misma unidad todas las re-

---

(1) Para dar una idea de lo que era la metrología anterior á los últimos progresos, conviene citar las palabras que siguen del célebre Baily en un informe presentado á la Sociedad Real de Lóndres. «He tenido oportunidad de ver el curioso prototipo del Ministerio de Hacienda de Inglaterra, del cual no es posible hablar con suficiente burla ni desprecio. Un hurgon ordinario de cocina, limado en los extremos del modo más basto, por el más chapucero de los artesanos, haria el mismo papel que el prototipo. Este se encuentra hoy partido por medio, y los dos pedazos están unidos á cola de milano, pero tan groseramente, que las junturas tienen tanto juego como un par de tenazas. No he podido averiguar cuándo fué la rotura, pues el hecho debió ocurrir en tiempo que no ha llegado á la noticia de ninguno de los actuales empleados del Ministerio (Exchequer). Y, sin embargo, hasta hace diez años, han estado circulando por Europa y América, para vergüenza de este país, copias de tal medida con un certificado en pergamino, que las acompañaba, cuyos derechos, sin incluir los personales de los contrastadores, ascendían á tres libras y tres chelines, y en el cual se aseguraba hallarse contrastadas conforme al prototipo inglés.

»En 1742, la Academia de Ciencias de París y la Sociedad Real de Lóndres, quisieron comparar los prototipos ingleses y franceses, y entónces Inglaterra mandó construir una yarda oficial de latón, que se habia de custodiar en la Torre de Lóndres, de donde desapareció, sin saber cómo ni cuándo.»

glas de medir bases geodésicas, y todas las varillas de péndulo que hasta ahora se han usado ó se usen en el porvenir? Solamente cuando esta serie de comparaciones metrológicas esté terminada con un error probable de una fracción de milésima de milímetro ó de *micron* ( $\mu$ ), como se ha convenido en decir, podrá la NOVÍSIMA GEODESIA ligar unos con otros los trabajos de las diferentes naciones, y proclamar despues el resultado de la última medición del Globo.

Hasta entonces forzoso es contentarse con determinaciones parciales de longitud que conexionen entre sí los resultados obtenidos en diferentes experimentos, como lo ha hecho hasta aquí el nuevo Académico en las comparaciones metrologico-geodésicas que han estado á su cargo, y en la que verá en breve la luz pública, que enlaza la geodesia con la metrología comercial de España.

Enumerados brevemente quedan los títulos científicos que la Academia tuvo en cuenta cuando eligió unánimemente al Sr. Barraquer para ocupar un sitial vacante en esta corporación. Bienvenido, pues, el ingeniero militar y consumado geodesta á reforzar nuestras filas, harto mermadas por los estragos de la muerte. Hace ya más de veinte años que sigo paso á paso los trabajos del nuevo Académico, con un interés que se explica por los estrechos y agradables vínculos, del discípulo al maestro, que me unieron á su difunto padre, el venerable General D. Joaquín Barraquer, uno de los ilustres jefes del Cuerpo de Ingenieros que guiaron mi juventud al estudiar las ciencias en la celebrada, y para mi muy querida, escuela de Guadalajara. Ya os figurareis, señores, mi alegría, cuando dentro de algunos instantes veamos sobre el pecho del coronel Barraquer el emblema del más alto galardón á que puede aspirar quien consagra su existencia al estudio de las ciencias exactas, físicas y naturales.

## MISCELÁNEA.

---

EXPEDICION ESPAÑOLA Á ABISINIA.—Hay noticias fidedignas de la expedición geográfica española exploradora al centro del Africa, y de su jefe el señor comendador Abargues de Sostén. Dejó las costas del Mar Rojo (Massaiva) el 26 de Febrero, dirigiéndose al interior hácia el Sudoeste por 15° de latitud Norte.

El Sr. Abargues de Sostén, igualmente que los que le acompañan, gozaban perfecta salud hasta dicha fecha, y todos estaban animados del deseo de penetrar en comarcas inexploradas y peligrosas.

Dicha expedición ha tenido la honra de enarbolar la primera bandera española en la Abisinia, donde era desconocida.

---

ARENA RESONANTE.—En el relato que el doctor Lenz hizo de su viaje á Timbuctú á la Sociedad geográfica de París, y que fué, poco más ó menos, semejante al que tuvimos el gusto de oírle en Madrid, añadió un detalle que por lo curioso transcribimos.

Después de su salida de Fez y al llegar á la accidentada región de las dunas, llamada Iguidi, observó el raro fenómeno de la arena resonante ó musical. «En el desierto, dice, se oye de pronto un sonido agudo, prolongado, parecido al de un clarín, que sale de una duna de arena. Dura algunos segundos. Después se oye el mismo sonido procedente de otra duna.

Nunca, ó muy rara vez, suenan varias dunas al mismo tiempo.»

Afirma el doctor Lenz que el fenómeno inquieta y turba al viajero, y añade, con razon, que es difícil explicarle de una manera satisfactoria. Se puede, sin embargo, suponer que proviene del roce de los granos de cuarzo ardiente que empujados unos contra otros, se ponen en movimiento por la acción del calor, que penetra en la capa de arena y los dilata de una manera desigual.

MONTES DE ESPAÑA.—El presidente de la comisión del catálogo de montes públicos, Sr. Campuzano, ha presentado al señor ministro de Fomento un estado, del que resulta: que la superficie forestal de España asciende á 6.967.197 hectáreas, distribuidas en la forma siguiente:

Monte alto, 2.987.950; monte medio, 218.154; monte bajo, 1.210.000; claros y calveros, 1.647.608; y yermos 903.390 hectáreas, que dan un total de superficie sin arbolado casi igual á la que ocupan los montes altos.

PRODUCCION DE HULLA EN EL MUNDO.—La *Revue de l'industrie* da un resúmen general en el siguiente cuadro:

Naciones.	1869.	1880.	Diferencia á favor de 1880.
	Toneladas.	Toneladas.	Toneladas.
Gran Bretaña .....	407.507.000	447.000.000	39.493.000
Estados Unidos.....	28.400.000	63.500.000	35.400.000
Alemania.....	26.774.000	42.461.000	15.387.000
Francia.....	43.509.000	48.857.000	5.348.000
Bélgica.....	12.943.000	14.000.000	1.057.000
Austria.....	4.400.000	6.000.000	1.900.000
Rusia.....	588.000	2.220.000	1.632.000
España.....	550.000	750.000	200.000
TOTAL.....	494.074.000	294.488.000	400.417.000

EXTRACTO  
DE LAS  
ACTAS DE LAS SESIONES

CELEBRADAS POR LA SOCIEDAD Y POR LA JUNTA DIRECTIVA.

---

REUNIÓN ORDINARIA.

**Sesión del 3 de Mayo de 1881.**

*Presidencia del Sr. Saavedra.*

Abierta la sesión á las nueve y cuarto de la noche, se leyó y fué aprobada el acta de la anterior.

El Sr. Presidente participó que D. Lucas Mallada, ingeniero de minas había presentado á la Sociedad un ejemplar de su folleto «Proyecto de una nueva división territorial de España», y añadió que el autor deseaba exponer breves consideraciones sobre el mismo y explicar algunas de las ideas en él contenidas.

La Sociedad, estimando desde luégo como muy interesantes y oportunas las indicaciones que pudiera hacer el Sr. Mallada sobre el asunto que actualmente se debate, acordó concederle la palabra, y usaren de ella los Sres. Mallada, Fernández Duro y Coello.

Se levantó la sesión á las diez y media.

JUNTA GENERAL.

**Sesión del 8 de Mayo de 1881.**

*Presidencia del Sr. Nava.*

Abierta la sesión á las dos y media de la tarde, se leyó y fué aprobada el acta de la anterior.

El Secretario Sr. Novo leyó la Reseña de tareas y actas de la Sociedad

suscrita por el Secretario Sr. Domec. En dicha Reseña, al dar cuenta del movimiento de Socios, se participaba la dolorosa pérdida de los señores Marqués de Rubalcava, D. Manuel de la Rigada, D. Josa Pilar Morales, D. Joaquín Montero y D. Joaquín Montenegro, que habian pasado á mejor vida, dejando en la Sociedad, como esta declaró, gratísimo recuerdo y vacío difícil de llenar.

Se leyó y fué aprobado el informe sobre las cuentas rendidas por Tesorería, correspondientes á 1880, suscrito por los Sres. Revisores D. José María Aparici y D. Ignacio de Arce-Mazón. Una grave dolencia que afligía al Revisor D. Bernardo Araus le habia impedido, según participó el Sr. Presidente, examinar y suscribir con sus compañeros el citado informe.

Leyóse también y por unanimidad fué aprobada definitivamente la proposición relativa al nombramiento de Secretario general y consiguiente reforma de los artículos 5.º, 6.º, 7.º, 8.º y 15 del Reglamento.

El Secretario propuso, en nombre de la Junta Directiva, los nombramientos de Socio Honorario Correspondiente á favor de los Sres. Stanley, Pallander, Dikson, Lenz y Barbosa du Bocage.

El Sr. Coello, insistiendo en las ideas que habia expuesto en la anterior Junta general, pidió que se hiciera extensiva la concesión de este título á otros viajeros y geógrafos extranjeros. En el mismo sentido se expresaron los Sres. García Martin y Botella.

El Sr. Cañamaque observó que, segun Reglamento, los socios tienen el derecho de proponer para el citado título de Socio Honorario Correspondiente á los extranjeros que se hubieren distinguido, de una manera sobresaliente, por sus trabajos ó exploraciones.

Se leyó el artículo 25 del Reglamento. Siendo el número de señores socios y vocales de la Directiva presentes inferior al que prescribe el Reglamento como indispensable para la votacion de estas propuestas, se decidió aplazar, hasta la primera reunión ordinaria á que asistieran los individuos que aquél determina, la votación de la propuesta acordada por la Junta Directiva y de otras que pudieran presentarse.

Fué admitido como socio el Sr. D. Vicente Vera, Doctor en Ciencias y Químico del Ayuntamiento de Madrid.

Acto seguido se procedió á la elección de cargos, en cumplimiento del artículo 6.º del Reglamento y de las reformas antes citadas.

El Sr. Ferreiro leyó la Memoria reglamentaria sobre los progresos geográficos, que obtuvo unánimes aplausos de la Junta.

Terminado el escrutinio, se leyó el resultado de la votación, y fueron proclamados:

## PRESIDENTE.

Excmo. Sr. D. Eduardo Saavedra.

## VICEPRESIDENTES.

Excmo. Sr. D. Ángel Rodríguez-Arroquia.

Excmo. Sr. D. Aureliano Fernández-Guerra.

## SECRETARIO GENERAL.

Sr. D. Martín Ferreiro.

## SECRETARIOS ADJUNTOS.

Sr. D. Andrés Domec.

Sr. D. Rafael Torres-Campos.

## VOCALES.

Excmo. Sr. D. Cayetano Rosell.

Sr. D. Juan Vilanova.

Excmo. Sr. D. Manuel Merelo.

Sr. D. Pedro de Novo.

Ilmo. Sr. D. Manuel Foronda.

Excmo. Sr. D. Manuel Becerra.

Sr. D. Marceliano de Abella.

Excmo. Sr. D. Acisclo Fernández Vallin.

Sr. D. Angel Lasso de la Vega.

Rdo. P. Fray Manuel Diez.

Sr. D. Salvador Torres Aguilar.

Sr. D. José del Acebo.

Obtuvieron también votos: para *Presidente*, el Sr. Coello; para *Vicepresidentes* los Sres. Gomez de Arteché y La Fuente; para *Secretario adjunto*, el Sr. Torres Aguilar; para *Vocales*, los Sres. Gómez de Arteché, Monet, Arrillaga, Pirala y Salas.

El Sr. Ferreiro pronunció breves y expresivas frases de gratitud por la honra con que le había distinguido la Sociedad eligiéndole para el cargo de Secretario general perpetuo.

A propuesta del Sr. Nava la Junta otorgó unánime voto de gracias al Presidente y demás señores de la Directiva que habían cesado en sus cargos, así como también al Sr. Ferreiro por la redacción de la Memoria sobre los progresos geográficos.

Y se levantó la sesión. Eran las cuatro y cuarto.

## JUNTA DIRECTIVA.

**Sesión del 10 de Mayo 1881.***Presidencia del Sr. Saavedra.*

Abierta la sesión á las nueve y media de la noche, con asistencia de los Sres. Nava, Rosell, Valle, Foronda, Villaamil, Jiménez de la Espada, Andía, Sebastián, Merelo, Diez, Torres Aguilar, Ferreiro, Domeo y Torres-Campos, se leyó y fué aprobada el acta de la anterior.

Se dió cuenta del despacho ordinario.

El Sr. Bibliotecario participó que, cumpliendo el encargo que le había conferido la Junta en sesión anterior para ultimar el proyectado cambio de publicaciones con el Ministerio de Instrucción pública de Francia, había examinado los dos catálogos de obras remitidas por el Sr. Pécoul, eligiendo entre aquellas las que más interés ofrecían para la Biblioteca de la Sociedad por tratar de Geografía ó ciencias afines. Pero advirtió que estas obras representan un valor de 2.404 pesetas, inferior al de los 25 ejemplares del BOLETÍN que pide el Ministerio y valen 3.375 pesetas, por lo cual proponía que, sin perjuicio de poner desde luego en conocimiento del Sr. Pécoul los títulos de los libros elegidos, se le manifestase también que la Sociedad esperaba el tercer catálogo anunciado para completar con algunas de las obras en él contenidas el valor de los 25 ejemplares del BOLETÍN. Así se acordó.

Se leyó la lista de los señores que componen la Junta tal como queda constituida después de las elecciones verificadas en la general del 8 del corriente.

El Sr. Saavedra expresó toda su gratitud por la honra con que se le había distinguido eligiéndole para el cargo de Presidente, y prometió corresponder á tan señalada muestra de afecto poniendo de su parte cuanto le fuera posible en beneficio de la Sociedad.

Se hizo la distribución en Secciones de los nuevos Vicepresidentes y Vocales de la Junta, siendo designados para la de publicaciones los Sres. Novo, Merelo y Torres Aguilar; para la de Correspondencia el Sr. Diez; para la de Contabilidad los Sres Rodríguez-Arroquia, Lasso y Acebo, el primero como Presidente de la Sección; y para la de Gobierno interior el Sr. Fernández Vallín.

Acordó la Junta proceder á los nombramientos de Socio Honorario Correspondiente á favor de los Sres. Palander, Dikson, Stanley, Lenz, Barbosa du Bocage, Serpa Pinto, y los demás que se propusieran en la

primera reunión ordinaria á que asistiese el número de socios y vocales de la Directiva que determina el Reglamento.

El Sr. Merelo ofreció presentar en breve su informe sobre la enseñanza de la Geografía en España.

El Sr. Nava expresó, en nombre de la Junta, la satisfacción de todos sus individuos por la acertada elección que había hecho la Sociedad designando al Sr. Ferreiro para el cargo de Secretario general perpetuo, y añadió que debían precisarse sus deberes y atribuciones, así como también la indemnización que corresponda. Resolvió la Junta que sobre una y otros propusiera acuerdo la sección de Gobierno interior.

Y no habiendo más asuntos de que tratar, se levantó la sesión á las diez y media.

#### REUNIÓN ORDINARIA.

#### Sesión del 17 de Mayo de 1881.

#### *Presidencia del Sr. Saavedra.*

Abierta la sesión á las nueve de la noche, se leyó y fué aprobada el acta de la anterior.

El Sr. Saavedra pronunció expresivas frases de gratitud por la señalada honra con que le había distinguido la Sociedad, de tanto mayor aprecio para él cuanto que se debía al voto de sus compañeros y le elevaba al puesto que ocuparon varones tan ilustres como los Sres. Coello, y Cánovas, tan respetables como los Sres. Caballero y Rubalcava: añadió que no pretendía competir con ellos, que aspiraba tan sólo á figurar en su día entre los últimos que hubieran prestado servicios á la Sociedad.

Se participó el fallecimiento de D. Francisco Sans. La Junta declaró unánime su dolor por tan sensible pérdida.

El Sr. Coello llamó la atención de la Sociedad sobre una noticia inserta en la Revista «*L'Exploration*» que al dar cuenta de los viajes realizados en Joló y Mindanao por el Dr. Montano, afirma que estos territorios son casi desconocidos, lo cual no es exacto, pues nuestra marina ha hecho estudios y trazado planos de aquellas islas rectificando los publicados por extranjeros. Añadió que existen también trabajos inéditos muy importantes sobre Mindanao, tales como los datos recogidos por nuestro consocio D. Claudio Montero.

Continuando la discusión pendiente sobre División territorial de Es-

pañía, usaron de la palabra los Sres. Torres-Aguilar, Coello, Guijarro Mallada y Foronda.

Y se levantó la sesión á las once.

### Reunión extraordinaria celebrada el 29 de Mayo de 1881

PARA HONRAR LA MEMORIA DE DON PEDRO CALDERÓN DE LA BARCA.

Abierta la sesión á la una de la tarde, pronunciaron ó leyeron discursos los Sres. Saavedra, Valle, Moret y Midosi. Estos discursos se publicarán íntegros en el BOLETÍN. Se levantó la sesión á las dos y media.

#### JUNTA DIRECTIVA.

### Sesión del 31 de Mayo de 1881.

*Presidencia de Sr. Saavedra.*

Abierta la sesión á las nueve y media de la noche, con asistencia de los Sres. Fernández-Duro, Rodríguez-Arroquia, Abella, Rosell, Valle, Vilanova, Foronda, Botella, Andía, Merelo, Diez, Torres-Aguilar, Domec y Torres-Campos, se leyó y fué aprobada el acta de la anterior.

La Sección de Gobierno interior puso en conocimiento de la Junta que el ordenanza y recaudador de la Sociedad, Antonio Serrano, había renunciado sus cargos por no permitirle su delicado estado de salud, en opinión del médico que le asistía, cumplir las obligaciones inherentes á los mismos, y como era urgente designar persona que le sustituyese, para que el servicio de la Sociedad no sufriera mayor interrupción que la ocasionada hasta el día por la enfermedad del mencionado Serrano, se había reunido en 13 del corriente, y nombrado desde luego con el carácter de interino, hasta que la Directiva aprobara su resolución, á Francisco Perez, que entró en el ejercicio de dichos cargos al siguiente día 14.

La Junta hizo suyo el acuerdo de la Sección.

La Comisión nombrada para estudiar la forma en que la Sociedad debe concurrir al próximo Congreso y exposición de ciencias geográficas propuso, y así se acordó, que desde luego, y sin perjuicio de otras resoluciones, se presentara en dicho Congreso una colección de todos los mapas publicados en el BOLETÍN; cuyo acuerdo debía ponerse en conocimiento del Comisario y Delegado oficial de España en el Congreso, Sr. D. Francisco de Paula Arrillaga.

Sin discusión fué aprobado el siguiente dictamen: «La Sección de Gobierno interior cree que se está en el caso de que sea puntualmente ejecutado el acuerdo de la Junta general de 8 del corriente, respecto del encargo dado al Secretario general perpetuo para que haga cumplir los acuerdos de la Junta Directiva y redacte las Memorias que en las generales de Mayo y Noviembre deben leerse acerca de los progresos geográficos, con todo lo demás sobre inmediata inspección de las publicaciones de la Sociedad, y asumir las obligaciones de los actuales Secretarios de Correspondencia, Publicaciones y Gobierno interior.—Las atribuciones del Secretario general en este punto serán la suma de las que los tres Secretarios tenían antes, y la indemnización mensual que debe asignársele será la de doscientas pesetas.—Madrid 17 de Mayo de 1881.—Aureliano Fernández-Guerra.—Cayetano Rosell.—Manuel María del Valle.»

La Junta dirigió cordial felicitación y otorgó unánime voto de gracias al Sr. Valle por su excelente discurso leído en la sesión extraordinaria celebrada para honrar la memoria de D. Pedro Calderón de la Barca, trabajo tanto más de agradecer cuanto que había sido redactado en circunstancias bien difíciles y penosas para su autor. Se decidió publicar en el BOLETÍN este discurso y los demás pronunciados en aquella sesión, ampliando la tirada en cierto número de ejemplares que determinará el Sr. Fernández-Duro, de acuerdo con la Comisión del Centenario á la cual deben entregarse algunos, así como también, en testimonio de gratitud y consideración, al Sr. Valle y demás oradores que tomaron parte en aquel acto.

El Sr. Valle hizo constar, en muy sentidas frases, su agradecimiento á la Junta por el voto unánime que le había tributado; nueva prueba de deferencia que debía agregar á las muchas que ya tenía recibidas de la Sociedad.

El Sr. Presidente observó que era muy breve el período de seis meses trascurrido de una á otra Junta general para que en la Memoria que en dichas Juntas debe leerse, segun previene el Reglamento, sobre los progresos geográficos, pudieran consignarse hechos de verdadera importancia y novedad; por lo cual proponía que la citada Memoria fuera anual, y se leyese en la Junta general de Noviembre, reservando para la de Mayo la reseña de tareas y actas de la Sociedad, y algun discurso sobre tema concreto leído ó pronunciado por el Presidente ó la persona que este designara.

Los Sres. Fernández-Duro y Valle apoyaron la idea del Sr. Presidente, añadiendo el primero que también convendría publicar mensualmente

en el BOLETÍN una Miscelánea de noticias geográficas de interés que pudiera facilitar la tarea del Secretario general, encargado de redactar las referidas Memorias.

La Junta hizo suya la proposición del Sr. Presidente y acordó cumplir los trámites prescritos por el artículo 45 del Reglamento para la reforma del mismo.

Aceptó también la indicada por el Sr. Fernández-Duro cuya ejecución corresponde á la Sección de Publicaciones.

Y acto seguido se levantó la sesión. Eran las diez y media.



# RED GEODÉSICA EUROPEA

PARA LA  
DETERMINACION DE LA FIGURA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA.

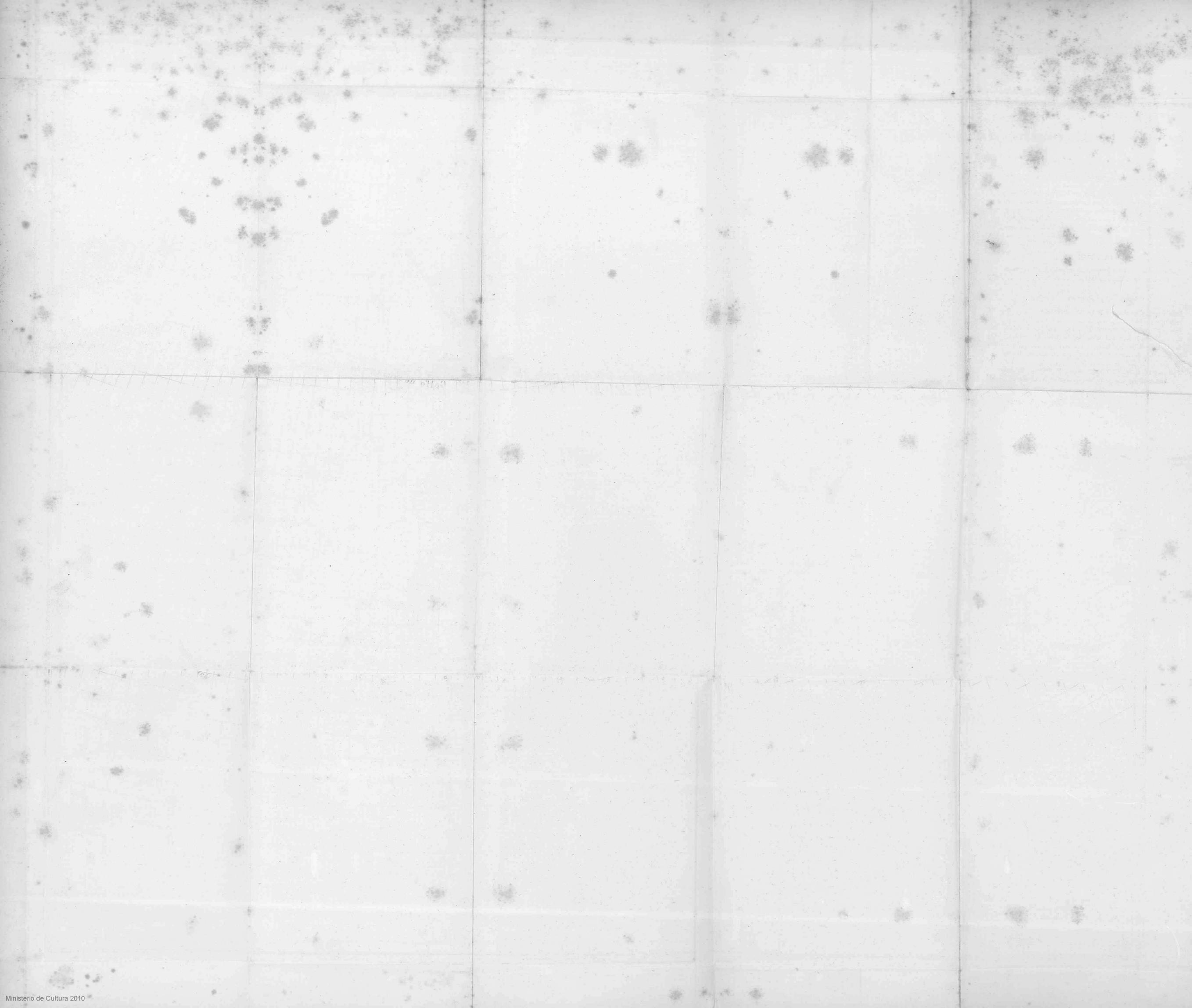
AÑO DE 1881.

Escala de 1:10.000.000.

### Nota.

Por encargo de la Asociación geodésica internacional, hizo este trabajo, con los materiales facilitados por las diferentes naciones el Señor Coronel del Ejército italiano D. Anibal Ferrero Escajón. Se las triangulaciones de Suecia y una parte de la Argelia, que han sido agregadas por el Instituto Geográfico y Estadístico de España.





100 01103

102

# ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN EL TOMO X.

## MEMORIAS, DICTÁMENES Y DISCURSOS.

	Págs.
Dictamen sobre el <i>Mapa geológico de España y Portugal</i> , por don Federico de Botella.....	33 y 99
Memoria sobre el archipiélago de Joló, por D. Arturo Garín.	110 y 161
Memoria sobre el progreso de los trabajos geográficos leída en la Junta general del 8 de Mayo de 1881, por D. Martín Ferreiro.	327
Discursos leídos ante la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales, en la recepción pública de D. Joaquín Barraquer y Rovira.....	401

## CONFERENCIAS.

Conferencia del Dr. Lenz pronunciada en sesión pública extraordinaria de 10 de Marzo de 1881.....	222
---	-----

## ARTÍCULOS.

Inundaciones y sequías, por D. Federico de Botella.....	7 y 81
Situación de Clunia.....	56
Diccionario geográfico-postal de España.....	63
Los naufragios en las costas de España, por D. Martín Ferreiro..	134
Los viajes de Rolfs en África.....	217
La geografía de España del Edrisí, por D. Eduardo Saavedra.....	249 y 376
Noticias sobre el istmo de Tehuantepec, por D. Francisco de Paula Arrangoiz.....	256

	Págs.
Carolinas.....	262
Relación entre las formas orográficas y la constitución geológica de la Serranía de Ronda, por D. José Macpherson.....	280
Los españoles en África.....	388
Necrologías: D. José Pilar Morales.....	72
El Almirante Marqués de Rubalcava.....	312
Petersen, Weyprecht, Berthelot, Cortambert y Conde de Seméllé.....	397

## MISCELÁNEA.

*España.*

Descubrimientos.....	154
Montes de España.....	468
Filipinas.....	241

*Europa.*

República de Andorra.....	236
Terremoto.....	454

*África.*

Los ingleses en la costa occidental de Berbería.....	75
Resumen de una discusión en la Sociedad Económica Matritense..	155
La Regencia de Túnez.....	313
Expedición española á Abisinia..	467
Arena resonante.....	467

*América.*

Expedición exploradora del Chaco.....	73
---------------------------------------	----

*Oceanía.*

Isla Vaigiú.....	150
------------------	-----

*Varios.*

Congreso internacional de Geografía.....	153 y 227
Cuarto Congreso internacional de Americanistas en Madrid.....	234
Banquete en obsequio del Dr. Lenz.....	239
Un libro de Carla Serena.....	241
Enseñanza de la Geografía.....	241
Producción de hulla en el mundo.....	468

TAREAS Y ACTAS DE LA SOCIEDAD.

	Págs.
Extracto de las actas de las sesiones celebradas por la Sociedad y por la Junta Directiva.....	77, 158, 243, 317, 398 y 469
Reseña de las tareas y estado de la Sociedad, leída en la Junta general de 8 de Mayo de 1881, por D. Andrés Domec.....	321
Dictámen de los Revisores de cuentas.....	325

---

Leyendas del mapa de una parte de la América meridional, donado á la Sociedad Geográfica de Madrid, por el socio y ex-vocal de su Junta Directiva, D. Fernando Monet.....	145
---	-----

LÁMINAS.

- Láminas I, II, III, IV y VI del artículo *Inundaciones y sequías*.  
 Mapa de España donde se consignan los siniestros marítimos ocurridos en sus costas.  
 Mapa de las islas de los Dolores ó Garbanzos.  
 Bosquejo geológico é isométrico de la Serranía de Ronda.  
 Red geodésica europea para la determinacion de la figura y dimensiones de la Tierra.