

nos hacen conocer la distante materia de los espacios celestes, con la que, como dice HUMBOLDT, sólo estamos en comunicación por la óptica, el cálculo y el raciocinio, y la misteriosa fuerza de la gravitación universal.

La historia recuerda muchos anormales oscurecimientos del sol, algunas veces tan considerables que las estrellas eran visibles en medio del día durante períodos de semanas, meses, y aun años. ERMAN, HUMBOLDT y SCHNURRER mencionan los más notables, y el primero explica el fenómeno por la interposición de nubes cósmicas de apiñados uranolitos entre nosotros y el Sol (1).

De los muchos elementos que constituyen los aerolitos, no hay ninguno que no se halle en la Tierra. Por manera que, en términos generales, podemos llegar á la grandiosa conclusión de que la inmensidad está poblada de los mismos materiales que constituyen el muy humilde globo que habitamos:—razón de más para creer que los más recónditos movimientos de los mundos invisibles se ajustan á las leyes conocidas de los movimientos visibles.

Examinadas al microscopio las materias pulverulentas del aire procedentes de los sedimentos de la nieve de los Alpes, han descubierto TISSANDIER y MEUNIER, entre los objetos atraídos por el imán, numerosas esférulas, notables por la re-

en los espacios interstelares, confirmando así la hipótesis de LAPLACE, contra la del filósofo KANT, que suponía á los cometas formados de la materia de la nébula solar.—(*American Journal of Sc. and Arts.*)

(1) PLUTARCO y DION CASSIO dicen que el Sol estuvo más pálido que de costumbre durante un año, cuando la muerte de Julio César (cuarenta y cuatro años antes de Jesucristo). Una oscuridad de dos horas precedió al terremoto de Nicomedia (22 de Agosto de 353). Dos años después en todas las provincias orientales del imperio romano hubo *caligo à primo aurore exortu usque ad meridiem*.

Cuando Alarico apareció ante Roma, la oscuridad era tal, que se veían las estrellas durante el día. Se mencionan largos períodos de palidez del Sol en 536, 567 y 626. En 934 el Sol perdió su ordinaria luz durante muchos meses. En 29 de Agosto de 1091 el Sol estuvo oscurecido tres horas: *Fuit eclipsis solis 11 kal. octob. fere tres horas: Sol circa meridiem dire nigrescebat*. El 12 de Febrero de 1106 el Sol se ennegreció y se vieron muchos meteoros, y el 5 de Febrero anterior se vió una estrella desde la tercera á la novena hora del día, que distaba del Sol sólo pie y medio (quizá el cometa observado en China bajo el signo Piscis (?)). En 1206 hubo completa oscuridad durante seis horas. En 1547, de Abril 23 á 25, según dice KEPLERO con referencia á GEMMA, el Sol apareció como de sangre, y las estrellas fueron visibles á medio día.

Ninguna de estas ofuscaciones del Sol pudieron ser efecto de un eclipse. (Véase J. R. HIND en *Nature*.)

gularidad de su forma, enteramente iguales á las esférulas que se obtienen cuando quemamos hierro metálico en el aire; de donde han deducido que, al penetrar en nuestra atmósfera el hierro meteórico, se producen multitudes de estos minutísimos corpúsculos. La costra de los meteoritos contiene granos redondos iguales á esas esférulas sedimentarias. Estas, además, contienen níquel, solemne testimonio de su origen meteórico.

La sonda saca de los abismos del Océano, y más particularmente del Pacífico, numerosos nódulos, muy irregulares en forma, consistentes en peróxido de hierro y peróxido de manganeso, depositados en capas concéntricas alrededor de una matriz arcillosa. Si la arcilla roja del fondo de los mares se diluye en gran cantidad de agua, y en la dilución paseamos un imán, éste sale con una porción de esférulas de hierro metálico, y algunas veces de níquel. Semejante polvo magnético se tiene por polvo cósmico, compuesto de impalpables meteoritos.

El examen espectral del Sol demuestra que el vapor de hierro es el más abundante en la atmósfera solar, al cual siguen el níquel y el magnesio, luego el calcio, después el aluminio, el sodio y el hidrógeno, y, por último, el manganeso, el cobalto, el titanio, el cromo y el estaño. Dejando á un lado las inducciones hechas últimamente por LOCKYER sobre la unidad de la materia, CORNU, habiendo observado que el hierro, el níquel y el magnesio abundan tanto, insinúa (con todas las reservas propias de la verdadera inducción científica) que los aerolitos, en su mayor parte, están formados de hierro combinado con $\frac{1}{10}$ de níquel; que en el hierro meteórico la liga es casi pura; que en los lito-meteoros el hierro y el níquel están mezclados con silicatos de magnesio de composición varia; y que tales hechos pudieran aducirse en apoyo de que la capa absorbente del Sol está principalmente constituída por la volatilización de la lluvia de uranolitos atraídos por la gran masa solar.

Las esférulas de polvo magnético se han encontrado, no solamente en los sedimentos de la nieve de los Alpes, sino en arenas varias y en estratos muy anteriores á la aparición del hombre en la tierra; por manera que, conforme á datos puramente geológicos, parece que nuestro globo ha estado

recibiendo materiales de origen cósmico durante un pasado incalculable.

XXXVI

Ahora bien: DOOLITTLE estima que la Tierra—tipo de la inestabilidad, por más que todos la llamamos tierra firme (1)—lejos de haber nacido con su masa actual, la ha más que doblado desde que comenzó su carrera.

DOOLITTLE además estima que cae en la Tierra mayor número de aerolitos á vanguardia que á retaguardia de la marcha orbital, y es, por tanto, presumible que el encuentro de estos cuerpos sea origen de resistencia bastante para acortar los radios orbitales y acelerar las velocidades de translación.

Pero, por otra parte, engrosada con los uranolitos la masa de los planetas y de sus lunas, debe acrecentarse su mutua fuerza de atracción.

Y, por insignificante que pueda concebirse el efecto de la lluvia anual de las estrellas fugaces, preciso es conceder que, siendo real y perenne, como lo es esa caída, alguna disminución asignable del radio orbital de las lunas, y algún aumento de su velocidad de translación habrá de concebirse como admisible en suficiente número de siglos (2).

Y ¿terminan con esto las razones que hay para no buscar en la Tierra un prototipo invariable de medir?

¿No hay motivos para creer que el nivel de los Océanos es

(1) En 1879 se cumplieron 1800 de la ruina de Pompeya y Herculano. Lo que llamamos tierra firme es realmente el tipo de la inestabilidad, porque bajo los constantes esfuerzos en actividad de la contracción, la costra terrestre se mueve constantemente, y se pliega y deforma sin cesar.

Unas partes se hunden y otras se elevan, todo irregularmente; y, cuando una se hunde, el mar deposita en ella los sedimentos que hallamos en las series de las rocas. Sedimentos se están formando todavía por las conchas y los esqueletos de los animales que viven en el mar, y cuyos restos se van al fondo.—(*Sc. Am.*)

No es imposible que la temperatura del espacio sea variable en la extensión del sistema solar (*Engl. Cycl.*), y que las condiciones del enfriamiento terrestre sean distintas al Norte que al Sur, y, por tanto, diversa necesariamente la contracción de la corteza del globo en ambos hemisferios, boreal y austral.

La erosión de las regiones ecuatoriales y el transporte de los detritos por las corrientes marinas, están constantemente variando el centro de gravedad de nuestro planeta.

(2) El profesor WINCHELL ha sostenido antes que DOOLITTLE la doctrina de que las estrellas fugaces han representado un papel muy importante en la determinación de las velocidades planetarias.

en el Norte más alto en nuestro invierno que en nuestro verano? ¿No es de esperar que el casquete de nieves del hemisferio austral vaya, con cada corriente de aire relativamente caliente que hacia él se dirija y se condense, aumentando de un modo considerable durante el largo ciclo de 10 000 años, resultante de las relaciones encontradas del eje de la Tierra por la precesión de los equinoccios y de la línea de los ápsides? ¿Sabemos lo que la denudación de los continentes y los acarreos de los mares contribuirá, unida á la mayor fusión de los hielos boreales (por ser ahora el verano ocho días mayor para el Norte que para el Sur) á variar la posición del centro de gravedad de nuestro globo? ¿No ignoramos por completo lo que cede la corteza terrestre, bajo las atracciones del Sol y de la Luna, así esté el interior lleno de un líquido en fusión, ó se conciba enteramente sólido, ó bien sean sólidos, tanto el centro por la enorme presión interna, como la costra exterior por el mayor enfriamiento, y líquido el intermedio? ¿No se ha calculado, puesto que no hay material infinitamente rígido, que una envoltura de la rigidez del acero, y 500 kilómetros de espesor, cedería como si fuese caucho á las agencies de la fuerza centrífuga y de la atracción luni-solar? ¿Qué influye en las mareas esta deformación del globo? ¿Cuál es su absoluta rigidez? La subida y bajada de las aguas ¿es una diferencia entre las oscilaciones ácuas y las terrestres? O ¿es enteramente sólida la Tierra, y tan rígida que la atracción luni-solar no la deforma en nada á cada instante?

XXXVII

Grandes, pues, han sido los desengaños de cuantos creyeron hallar en el péndulo, ó en los arcos meridianos, términos fijos de comparación para los tipos de medir; pero, como todo trabajo encuentra siempre su premio, de las laboriosas investigaciones llevadas á cabo por físicos y geodestas ha resultado una accesión inmensa de conocimientos en los dominios de la geografía y de la ciencia pura.

Y ¡cosa que parecía no de esperar! La metrología misma se ha asentado sobre bases firmísimas; y de aquí el haberse tomado todo género de precauciones por la Comisión internacional del metro para obtener un módulo invariable de longi-

tud y de masa. De aquí también el sistema métrico de las unidades llamadas absolutas denominado C. G. S.

Y todas estas precauciones son indispensables, porque jamás, como ahora, ha necesitado la humanidad someter el universo á número y medida, á fin de dominar las fuerzas naturales y sustituirlas á las fuerzas inteligentes de las razas inferiores, ó ignorantes siempre, para nuestra desdicha y vergüenza, esclavizadas por las razas superiores, obligadas á su vez á librarse de los trabajos materiales por ser incompatibles con la cultura intelectual y la dirección del mundo.

Hoy, el hombre no versado en las sublimes ciencias del número, de la extensión y de las fuerzas, no es el hombre completo á quien deba la civilización fiar los destinos de la edad presente.

Ahora los conocimientos necesarios para el desarrollo humano son mucho mayores que en las primitivas épocas de la Historia; y necesitan ser aprendidos, consagrando el neófito su vida entera á la ciencia; ser enseñados, no por una individualidad aislada y atendida á sus solos recursos, sino por vastas y poderosas asociaciones científicas; y ser llevados á la práctica por las fuerzas reunidas de la sociedad.

De aquí el carácter especial y enteramente nuevo de la enseñanza moderna: pues para conocer el mundo físico no basta el libro, como antes, ni basta el profesor: se necesita, además, el gabinete, el laboratorio, el arsenal... pues ningún individuo, á no ser por excepción muy extraordinaria, tiene medios para tanto: ningún maestro particular posee la riqueza de las bibliotecas públicas, de los museos, de los observatorios, de las colecciones oficiales, de las clínicas generales... etc.: de aquí que la enseñanza tenga que ser social, é internacional la ciencia. Ya lo son muchas ramas: la geodesia, la meteorología, la astronomía, los sistemas métricos... y dentro de muy poco todas lo serán.

Pasó el tiempo en que un ERATÓSTENES, un FERNEL, un SNELL, un NORWOOD... solos y aislados, y atendidos á sus exiguos recursos personales, se pongan á hacer mediciones independientes, para hallar la magnitud de un arco de meridiano y un módulo de medir. Ya no es admisible que ni aun siquiera un genio como el de HUYGHENS, ó una habilidad excepcional para observar como la de PICARD ó la de RICHER, se con-

sagren á la medición del péndulo que vibra segundos. Hoy, la invención, como siempre, se hace por un hombre solo, por un GENIO; pero hoy el genio necesita legiones de observadores para atesorar sus datos.

Cuando se creyó que era regular la forma de la Tierra, una determinación meridiana en cualquiera longitud, habría bastado para evaluar la forma del planeta: cuando se creía uniforme la intensidad de la gravedad, la determinación de un solo péndulo habría sido bastante para toda una latitud: cuando se juzgaron irreprochables las mediciones meridianas, sobraba ciertamente el estudio del péndulo, útil, si acaso, como lujo científico de comprobación: cuando se estimó al péndulo cual modelo de sencillez y de perfección en absoluto, la geodesia venía á ser innecesaria, ó, cuando más, fastuosísimo medio de comprobación de la forma de la Tierra.

Pero ahora, cuando ya sabemos que no hay regularidad ni puede haberla, cuando nos consta que no nos queda más recurso para conocer bien la intensidad de la gravedad que hacer oscilar el péndulo en todas las latitudes y tomar el promedio de miles y miles de observaciones hechas por la legión sagrada de los más hábiles observadores; cuando estamos convencidos de que hay que triangular geodésicamente todo el globo para poder determinar su forma; y, cuando, en fin, nos hemos hecho cargo de las inmensas dificultades de dotar á la humanidad entera con un módulo permanente de longitud, y con copias auténticas del mismo; cuando sabemos que el resultado final de tanto y tanto esfuerzo habrá de variar con el transcurso de los tiempos por el hundimiento de los terremotos, el aumento del planeta por las lluvias meteóricas, la disminución de la velocidad de rotación por causa de las mareas... el ánimo más confiado adquiere la convicción de que, hoy por hoy, y en mucho tiempo todavía, no habrá fuerzas bastantes en el mundo de la inteligencia para empresa tan árdua; de que las rivalidades nacionales no deben restar esfuerzos; y de que el amor puro de la ciencia debe sumar sistemáticamente todos los trabajos y confundir en una generosa confraternidad á todos los sabios de todos los países: ¡vínculo precursor del que debe unir, por medio de las artes de la paz, á todos los individuos de la gran familia humana!

Además, el siglo que termina tiene que pagar al venidero

la ciencia que recibió del pasado; y, para que nuestro saber llegue á nuestros descendientes y nos hagamos dignos de las bendiciones de la historia, es preciso que nuestras mediciones de todo lo cuantitativo sean tan minuciosamente exactas, que ni aun los microscopios de mayor amplificación puedan descubrir los errores cometidos, y únicamente al cálculo y á los cronógrafos eléctricos quede reservado el determinarlos; y aun eso cuando se acumulen en experimentos repetidos ó tiempo prolongado. Solamente dejando muy atrás las tareas de la edad pasada, podremos hacer una verdad la ley del progreso, á fin de que, acrecentándose más y más los conocimientos, se eleve en razón geométrica el bienestar de la familia humana, y apresuremos decididamente la llegada de lo porvenir.

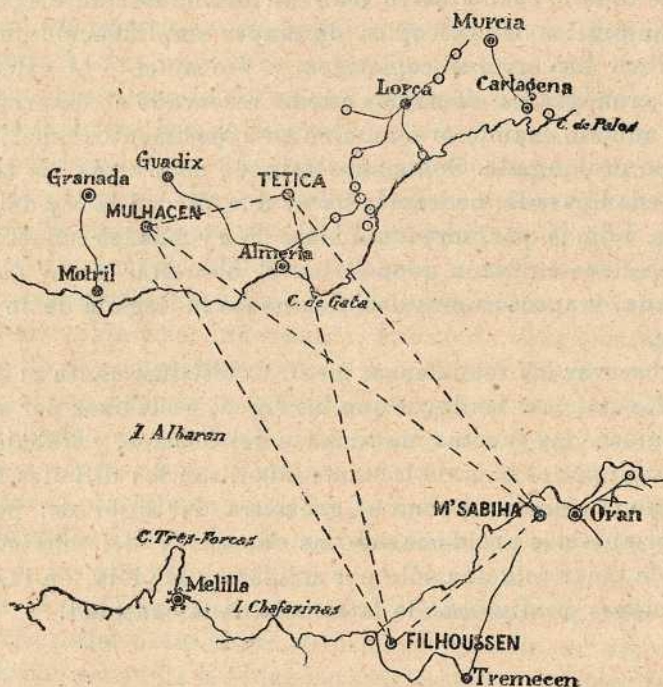
Observar los fenómenos, medir exactísimamente su intensidad, computar las leyes que los rigen, esclavizar por su conocimiento las fuerzas inanimadas del Cosmos, y trabajar sin descanso por el bien de la humanidad, son los difíciles deberes que la ciencia impone al geómetra del siglo xx; porque los formidables problemas de las fuerzas y del movimiento han de tener solución sólo por número y medida, en las elaboraciones prodigiosas de la ciencia de la cantidad.

APÉNDICE.

En la pág. 280 de CONSTANTES NATURALES sólo se hizo una indicación brevísima referente al enlace geodésico de la triangulación española con la triangulación argelina. Justo es, pues, para compensar aquella brevedad, dar noticia con cierta amplitud de las dificultades que ha presentado esta empresa, que proporcionará al mundo científico el medio de medir el mayor de los arcos de meridiano trazados hasta ahora sobre el globo terráqueo; pues abarca desde las islas Shetland al Norte de Escocia, en Europa, y el límite Septentrional del desierto de Sahara, en Africa.

Este enlace geodésico y astronómico de Europa y Africa, se ha verificado por medio de un cuadrilátero de 270 kilómetros de diagonal (véase la figura 20) lanzado sobre el Mediterráneo entre las redes española y argelina, empleando la noche para observar y haciendo uso de la luz eléctrica como señal ó punto de mira, único posible en caso tan excepcional.

Obtenida la aquiescencia de los Gobiernos de España y Francia, se llevó el enlace á término feliz por los geodestas y astrónomos del Instituto Geográfico y Estadístico de España



*Enlace geodésico y astronómico
de
Europa y Africa.*

Escala - 1: 4000000

Figura 20.

y por los del Ministerio de la Guerra francés, en fraternal colaboración, desde Septiembre á mediados de Noviembre de 1879 (1).

De estas colosales operaciones dieron cuenta á la Real

(1) *Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico*, tomo III, año 1881.
Jonction Géodésique et Astronomique de l'Algérie avec l'Espagne, por el general IBÁÑEZ y el coronel PERRIER.

Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales de Madrid, sus individuos D. Carlos Ibáñez y D. Miguel Merino, y de sus respectivas Memorias (1) siguen á continuación, copiados literalmente, los trozos que mejor pueden dar idea acabada las dificultades del enlace geodésico y astronómico de Europa y Africa.

PRIMERA OPERACIÓN.—ENLACE GEODÉSICO

.....Por excitación del ilustre general prusiano BAEYER, creóse hacia el año 1860 una modesta *Asociación* científica, con el objeto exclusivo, por de pronto al menos, de fomentar la mensuración de un arco de meridiano en la Europa Central, desde Cristianía á Palermo. Comisionado yo por nuestro Gobierno, asistí por entonces á una de las sesiones de la naciente Asociación; y, autorizado para ello, ofrecí el concurso de nuestra patria, no para la medición del arco comprendido entre aquellas dos distantes poblaciones, sino para contribuir á la rectificación y prolongación del otro arco occidental, más amplio todavía, y de justa celebridad histórica, limitado al N. por las islas Shetland, y al S. por el desierto de Sahara: á condición, bien entendido, de que el Gobierno francés cooperase por su parte en la obra común, imposible de realizar de lo contrario.

El entusiasmo que mis palabras produjeron en aquella docta Asamblea no es para descrito. Aceptáronse con júbilo las ofertas inesperadas del Gobierno español. Y, como el ejemplo por nosotros dado se hiciese contagioso, y, á continuación de España, se brindasen también Rusia, Francia y Portugal á contribuir eficazmente á la medición y estudio geodésico de la superficie de la Tierra, en la parte que legítimamente y sin violencia pudiera corresponderles, la primitiva Asociación de geodestas, principalmente suecos, alemanes é italianos, cambió muy pronto de carácter, y aun de título ó nombre, y se convirtió en la actual *Asociación Geodésica Internacional para la medición de arcos de meridiano y de paralelo en Europa*. Si de esta Asociación recibí yo más tarde pruebas de afecto inolvidables, y la honrosa distinción de presidirla, entiéndase bien, como yo siempre lo he creído, que no á la persona en quien recaían eran tributadas en realidad, sino á la nación á quien primitivamente había representado, y continuaba representando luego, sin verdaderos merecimientos científicos para ello.

Las buenas relaciones, entabladas por el que suscribe, como Presidente de la Asociación Internacional mencionada, con

(1) Publicadas en 1880.

el teniente coronel de Estado Mayor, Sr. PERRIER, delegado del Gobierno francés en la misma asamblea científica, contribuyeron eficazmente á la realización del proyecto de empalme de las triangulaciones española y argelina: ¡proyecto generoso, como adormecido y abandonado por tantos años!—El Sr. PERRIER, durante sus campañas geodésicas en la Argelia, había repetidas veces columbrado las cimas de nuestras cordilleras y serranías; aunque, con perfecta distinción, sólo tenía, antes del año 1878, completa seguridad de haber enfilado el picacho de MULHACEN, el más erguido y soberbio de toda la Península ibérica. Y si este vértice se descubría desde las humildes derivaciones del Atlas, por imposible juzgué yo que, con paciencia, no se lograra descubrir desde allí el otro vértice español, y pico notabilísimo por su elevación y figura, situado en la provincia de Almería, á 82 kilómetros de Mulhacen, y denominado la TETICA DE BACÁRES. Uniendo estos dos vértices entre sí, y con los de la triangulación argelina, denominados de M'SABIHA, cerca de Orán, y de FILHAOUSSEN, inmediato á la frontera marroquí, propuestos por el Sr. PERRIER, y, aunque mucho menos elevados, de situación excelente, se formaba el cuadrilátero, que la figura adjunta representa, y una con otra quedaban afianzadas ambas triangulaciones: la europea, de los tiempos pasados, con la africana, del porvenir.

Pero ¿no sería insensatez lanzarse á la obra, sin adquirir antes prueba plena de que no era sueño irrealizable el proyecto en los precedentes compendiosos términos formulado?—Así lo pensamos el Sr. PERRIER y yo. Y, para saber á qué atenernos, en el verano de 1878 dispusimos un reconocimiento del terreno, sin más aparatos auxiliares que buenos anteojos de campo, los heliotropos ordinarios para la reflexión y emisión de la luz solar, y pequeños goniómetros para la medición aproximada de los ángulos insistentes en los cuatro vértices mencionados, si desde cualquiera de ellos se lograba descubrir ó vislumbrar dos cualesquiera de los otros, ó los tres simultáneamente, por inesperada fortuna.

De este penoso y deslucido trabajo se encargó en España el coronel de Estado Mayor D. FERNANDO MONET, curtido en tan honrosas lides; y en la Argelia los capitanes franceses, Sres. DERRIEN y KOSZUTSKI; y en dos meses de ruda faena adquirieron, y nos transmitieron, la seguridad de que la operación proyectada era factible, aunque no, sin imprudencia ó temeridad, con los demasiado pobres elementos de observación, de que ellos habían dispuesto. Los reflejos heliotrópicos se vieron, sí, recíprocamente, desde España y Africa; pero se vieron como relámpagos fugaces, trémulos é indecisos, que apenas daban tiempo para fijar las direcciones de donde procedían, sin error de apreciación bastante considerable.—Mu-

cho se había conseguido con lo hecho; pero faltaba todavía madurar muy despacio y con tino lo que faltaba por hacer.

Nada definitivo, sin embargo, podía emprenderse mientras los dos Gobiernos de Francia y de España no se pusieran entre sí de acuerdo, y entablasen las relaciones amistosas, de carácter científico y administrativo, que la ejecución de la obra demandaba. Con este objeto me dirigí yo al Sr. Ministro de Fomento; le expuse el estado de la cuestión, y sus antecedentes y consecuencias honrosas para nuestro país; y respetuosamente le supliqué interpusiese su influencia y valimiento para que no se malograra en ciernes la empresa mencionada, y ya con proligidad en las anteriores líneas definida. Y, á excitación entusiasta suya, el Gobierno de S. M. invitó al de la vecina República, por conducto de nuestro Embajador en París, con fecha 6 de Febrero de 1879, á cooperar en aquella obra: invitación á que el segundo Gobierno contestó, el 17 de Marzo, aceptando como bueno el pensamiento que se le había propuesto, y designando al Sr. PERRIER para que se concertase conmigo, decidiésemos juntos el programa detallado de la operación, y preparásemos cuanto nos pareciera necesario, en personal y material, para emprenderla y llevarla á cabo, á la mayor brevedad posible.

Laboriosos por extremo fueron los estudios y planes hechos, y discusiones habidas con el Sr. PERRIER por el que suscribe: primero, por escrito, en activa correspondencia científica, sostenida durante los meses de Abril y Mayo; y de palabra, luego, en París, á donde creí necesario trasladarme, para dar mayor impulso á los trabajos preparatorios, acompañado de los Sres. MERINO, BARRAQUER, LÓPEZ PUIGSERVER y ESTEBAN; astrónomo aquél, y geodestas los demás, del Instituto Geográfico y Estadístico. Los principales acuerdos adoptados, durante mi breve estancia en París, á mediados del mes de Junio, fueron, en suma, los siguientes:

1.º Las observaciones geodésicas y astronómicas se harían en España por los españoles, y por los franceses en la Argelia, sin cambio recíproco de unos por otros: y esto, no sólo por cuestión de dignidad, y por merecerse todos mutuamente ilimitada confianza, sino porque, de lo contrario, no podría terminar la operación en una sola campaña, ni tal vez nunca.

2.º Por el mismo poderoso y último motivo, los observadores deberían distribuirse desde luego en los cuatro vértices, y trabajar simultánea, y no sucesivamente, desde ellos: disponiendo las cosas de manera que así fuera factible proceder, sin daño ó error en los resultados.

3.º Con las señales heliotrópicas, durante el día, de muy difícil y muy cuestionable visibilidad, según el reconocimiento del terreno en el verano anterior había demostrado, se

combinarían, por la noche, otras señales luminosas, producidas por lámparas de petróleo y lámparas eléctricas, establecidas en los focos de grandes reflectores, y convenientemente dirigidas de unos vértices á otros.—Para la producción de la electricidad se convino, después de largas discusiones y de pensarlo muy despacio, en emplear los generadores electromagnéticos de Gramme, movidos por pequeñas máquinas de vapor, de tres caballos de fuerza.

4.º Asimismo se decidió que los goniómetros de precisión fuesen iguales en los cuatro vértices, y construídos, con la habilidad y conciencia artística que tanto los distingue, por los hermanos Brunner, de París. É iguales también debían ser los aparatos de producción y emisión de las luces de petróleo y eléctricas; y, en lo posible, hasta los demás aparatos accesorios que, en combinación con los goniómetros, se empleasen.

Y 5.º Terminadas las operaciones geodésicas, si á tanto llegaba nuestra buena suerte, se intentaría también realizar el enlace astronómico de las dos triangulaciones, postpuesto, por de pronto, para no complicar demasiado la primera operación, y por no comprometer el éxito de la jornada con la acumulación excesiva de material y personal en los mismos vértices. La operación astronómica, por estas varias consideraciones diferida, debía comprender la determinación de la diferencia de longitudes geográficas entre M'Sabiha y Tetica; de las latitudes de ambos vértices; y de dos azimutes en las triangulaciones á que corresponden.—En la nota, cuya redacción le ha encomendado la Academia, cuidará el Sr. Merino de referirnos lo hecho por él, y por el personal á sus órdenes, en consecuencia del último acuerdo. La Academia nada perderá porque prescinda yo de tratar por completo de este asunto.

Adoptadas las disposiciones preparatorias que dejo enumeradas, procedióse sin pérdida de tiempo á la adquisición del material de campaña, y designación del personal, que debía encargarse de su manejo y buen empleo.

Para los trabajos geodésicos pusiéronse, por parte de España, á las inmediatas órdenes del Sr. BARRAQUER, el comandante de E. M. D. VICENTE LÓPEZ PUIGSERVER, el capitán de Ingenieros D. JUAN BORRES, y los tenientes de Artillería don PRIAMO FEBRIÁN y D. CLODOALDO PIÑAL, agregados todos al Instituto Geográfico y Estadístico. Y, en representación de Francia, se encargaron de observar en la Argelia, á las órdenes ó bajo la dirección del Sr. PERRIER, los capitanos de Estado M., Sres. BASSOT, DEFFORGES y DERRIEN, y el de Ingenieros, Sr. SEVER, geodestas de su ministerio de la Guerra.

A cada uno de los cuatro vértices que debían relacionarse

trigonométricamente se destinaron: una máquina de vapor de tres caballos de fuerza, susceptible de armarse y desmontarse con facilidad relativa, procedente de los talleres de los Sres. Weyler y Richmond, de París; dos máquinas del sistema Gramme, construídas, una, por el Sr. Breguet, y otra por el Sr. Lemonnier, de la misma localidad citada; un gran reflector, de 0^m,50 de diámetro, ideado por el teniente coronel de Ingenieros, Sr. Mangín, y destinado á reflejar la luz que se produjese en su foco; dos aparatos portátiles del mismo autor, provistos de lentes plano-convexas, de 0^m,20 de diámetro, para sustituir, en caso de necesidad, al reflector precedente, y emitir por refracción, hacia los vértices fronterizos, las señales luminosas, producidas en el de su instalación; dos reguladores Serrin, para la producción, y entretenimiento constante, en los focos de los reflectores ó refractores mencionados, de la luz eléctrica dimanada de las máquinas Gramme; y un gran círculo azimutal reiterador, provisto de cuatro microscopios micrométricos y de un anteojo recto, de considerable fuerza óptica, y provisto de ocular micrométrico también, apropiado á la medición de los ángulos: obra maestra de los artistas ya citados, hermanos Emilio y León Brunner.

Dos meses antes de salir de París el material referido, con los demás accesorios que es fácil suponer, y que por brevedad no se mencionan, despaché desde Madrid al capitán de Ingenieros D. JUAN BORRES, con los auxiliares necesarios, para que en Tetica y en Mulhacen proyectase y construyese las barracas y abrigos indispensables para albergar, con seguridad y cierta comodidad, el personal numeroso que en aquellos puntos debía estacionarse, y cobijar los instrumentos y cargas destinados al servicio de las estaciones. Y al mismo inteligente explorador del terreno le confié el difícil encargo de estudiar el modo mejor de subir á lo alto de las Sierras Nevada y de los Filabres, el voluminoso, pesado y delicadísimo material de observación.

Previos reconocimientos minuciosos, y dando pruebas de gran energía de espíritu y de actividad inquebrantable, el capitán BORRES concluyó por trazar y construir caminos practicables de montaña, por los cuales, aunque luchando siempre con tropiezos inesperados y dificultades de gran monta, se consiguió más tarde conducir, y como izar, hasta la cumbre de Tetica, y á la mucho más agreste y levantada de Mulhacen, el bagaje científico enorme, que en ambos vértices era menester tratar de utilizar. Cuántas y de qué especie serían estas dificultades, indícalo sobradamente el hecho de haber sido necesarios dieciocho días de marcha, para elevarse á lo alto de Mulhacen desde la inmediata ciudad de Granada, utilizando en tan terrible jornada todas las horas de sol, y acampando por la noche entre las breñas, en el sitio donde

la oscuridad sorprendía á los conductores de aquel extraño convoy, compuesto de larga fila de carretas, arrastradas por bueyes.

Los rústicos albergues de tosca mampostería, mal trabada con barro, cal y arena, con puertas y ventanas de madera, y techos de pizarra, construídos bajo la dirección del capitán BORRES, en ambos picos, y destinados á servir de precioso refugio á los observadores y auxiliares suyos, reunían todas las condiciones de resistencia y comodidad asequibles en aquellas altitudes, respectivamente de 2 080 y 3 481 metros.—En punto á comodidad, sin embargo, los geodestas franceses llevaban á los españoles gran ventaja: como que los cerros argelinos donde acampaban, de Filhaoussen y de M'Sabiha, se elevan por junto, respectivamenre, 1 146 y 585 metros sobre el nivel del mar.

A pesar de los obstáculos que entorpecieron la conducción del material desde París á Madrid, su distribución aquí en dos partes iguales, remisión á Mulhacen y Tetica, é instalación en estos vértices, á fines del mes de Agosto todo estaba pronto para comenzar las operaciones, y los observadores en sus puestos: BARRAQUER, BORRES y CEBRIAN, en el primero; y, en el segundo, LÓPEZ PUIGSERVER y PIÑAL. Los aparatos habian llegado sin detrimento; las máquinas de vapor funcionaban sin dificultad; y las de Gramme, después de sometidas á escrupuloso reconocimiento, y de remediadas en ellas algunos pequeños verdaderos torrentes de electricidad y focos de luz intensísima. En los últimos días de aquel mes, poseídos jefes y auxiliares de actividad febril, y penetrados profundamente del sentimiento de su deber, hicieron lo que, á sangre fría y en circunstancias ordinarias, no es posible hacer, y necesité yo ver, para convencerme de que hubieran podido realizarlo.

Y á verlo fui á Mulhacen, como punto de mayor peligro, por si mi presencia allí hubiera sido en cualquier concepto necesaria, é impulsado además por la ambición científica de escribir, en los cuadernos de campaña tan memorable, algunas observaciones propias, hechas desde la cumbre altísima de la Alpujarra: mas ni mi cooperación personal y auxilio moral se necesitaban, ni pude satisfacer tampoco el disculpable deseo, que constituía el segundo objeto de mi viaje. Tan pronto como llegué á la cima de la cordillera, el 1 de Septiembre, desatóse un temporal furioso de aguas, vientos y nieves; oscurecióse por completo el horizonte; descendió á 10 bajo cero el termómetro centígrado; y todo quedó paralizado. Con algunos ratos de bonanza, tres días permanecimos así, sin poder hacer más que rectificar la situación de los aparatos, poner en movimiento las máquinas, producir la luz eléc-

trica, y simular y ensayar el trabajo futuro de observación, en la previsión de cuantas contingencias pudieran, por diversidad de motivos, presentarse.

A los tres días de estancia en aquellos lugares, tuve con harta dolor que abandonarlos, para trasladarme á la ciudad de Ginebra, donde muy en breve debía reunirse bajo mi presidencia la Asociación Internacional Geodésica. Pero al ausentarme de la Sierra Nevada y de la vecina cordillera de los Filabres, donde iba á ensayarse la solución del problema que mayor interés excitaba por entonces en el seno de aquella Asociación, en las condiciones más angustiosas y comprometedoras que imaginarse podían, me alentaba un gran consuelo, dimanado de la convicción adquirida sobre el terreno, de que, si la operación era de suyo realizable, la llevaría seguramente á buen término el experimentado é intrépido personal que la tenía á su cargo.

Y así, por fortuna, sucedió. Las observaciones, simultáneamente casi, principiadas en los vértices españoles y africanos el 9 de Septiembre, podían darse por terminadas el último día del mismo mes. Desde el 17 hallábame yo en París, retenido, mal de mi grado, por las atenciones y cuidados de la Presidencia de la *Comisión Internacional de Pesas y Medidas*; y allí recibía los telegramas directos de Mulhacen, de Tetica, de M'Sabiha y de Filhaoussen, que por momentos se me dirigían, y me enteraban de los progresos y de las dificultades de la vasta operación, por franceses y españoles con entusiasmo inusitado acometida. Desde París tuve, al fin, la honra de telegrafiar al Gobierno español la noticia de la terminación de las observaciones geodésicas, que cuidé también de poner en inmediato conocimiento del Gobierno francés: y desde allí transmití por telégrafo las felicitaciones de los señores Presidente de nuestro Consejo de Ministros y Ministro de Fomento, y del Ministro de la Guerra de Francia, á los geodestas de ambas naciones, estacionados en los cuatro memorables vértices. Era la única recompensa que esperaban como premio de sus afanes, ó la que más podía lisonjearlos, por de pronto: la aprobación de los sabios y corporaciones científicas debía completarla muy en breve.

Pero ¿se logró dar cima á la obra con facilidad, ó sin experimentar frecuentes sobresaltos, y saborear terribles amarguras, mientras duraron los trabajos de campo?—No, ciertamente.

Por de pronto los observadores experimentaron, en los cuatro vértices, la extraña decepción de no columbrar, durante el día, de un lado á otro del Mediterráneo, las señales que incesante y recíprocamente se trasmitían, y anhelaban enfilar para abreviar el término de su faena: ni una sola vez,

ni por azar siquiera, divisaron desde un continente cualquiera los reflejos de la luz solar que con los heliotropos se les mandaban del otro; y si, fiados exclusivamente en el resultado del reconocimiento preliminar, verificado en el verano anterior, hubiéramos decidido que la operación se intentase por los procedimientos y con los recursos ordinarios, el fracaso hubiera sido completo, el desaliento se habría apoderado de nosotros, y lo que ahora es un hecho consumado, tal vez se habría calificado de generosa aspiración, irrealizable en absoluto. El buen éxito de la empresa, y lisonjero coronamiento de tantos esfuerzos desplegados, y sacrificios hechos para llevarla á cabo, se deben, en primer término, á la resolución adoptada en las conferencias preliminares de París, de apelar con todo y arrostrar animosamente las consecuencias risibles de un descalabro, transportando y subiendo á la región de las nubes, las máquinas, aparatos y enseres indispensables para la producción y entretenimiento de la luz eléctrica. Sin los destellos de este nuevo Sol, creado por la ciencia moderna, á oscuras hubiéramos quedado, y estábamos perdidos.

Aun así, los geodestas de Tetica comenzaron su trabajo sin percibir más luces que la de petróleo, procedente de Mulhacen, y la eléctrica de M'Sabiha: sin que de la eléctrica también, emitada desde Filhaoussen, columbrasen el más leve vestigio, durante 14 días consecutivos, de cruel y desesperadora ansiedad: desde el 9 de Septiembre, en que principió la faena, hasta la noche del 23, durante la cual pudieron utilizar los mortecinos destellos de aquella luz, por término escaso de cinco cuartos de hora. En diez días salteados, comprendidos entre la primera fecha citada y el 30 de Septiembre, y distintos para cada vértice, se hicieron en los dos españoles cuantas observaciones se juzgaron necesarias para dar por ultimado el trabajo de campo: resultando otros once días intermedios, de inacción forzosa y desaliento consiguiente: los más fatigosos y más difícilmente soportables de todos.

En Tetica no fué el temporal reinante, durante el mes de Septiembre, por demás extremado y riguroso. Pero en la nevada cima de Mulhacen, las penalidades que hubo de aguantar el personal allí acampado, casi no tienen nombre. La presión barométrica fluctuaba alrededor de solos 500 milímetros; y en el ansia de la respiración y laxitud muscular de los á ellos sometidos, se advertían, á la simple vista, sus perjudiciales efectos. La temperatura oscilaba enormemente; y, tras la postura del sol, comenzaba á descender, y no paraba hasta señalar el termómetro 8, 10 y 12 grados *bajo cero*. A 69 milímetros llegó el espesor de la lluvia en un sólo día. Y, sobre la nieve congelada en los alrededores del vértice, por cuatro veces volvió á nevar en el transcurso del mes, copiosamente alguna. Cómo los geodestas, auxiliares, maquinistas y escolta

de soldados, que componían la expedición, resistieron sin cejar tan pavorosos rigores de la intemperie, casi no se concibe ahora; y menos se concibe sabiendo que los jornaleros del país, en número considerable, agregados al servicio de la brigada científica, se desbandaron asustados más de una vez, prefiriendo contemporizar con su miseria, á ganar el sustento en tan dura y desigual contienda con los furros de aquella estación excepcional y aquella brava naturaleza. Por si algo faltaba todavía para probar la paciencia y resistencia de nuestros expedicionarios, en la mañana del 19 de Septiembre, cuando, ni con mucho, podía considerarse logrado aún el premio de nuestros afanes, nublóse el cielo, zumbó la tempestad por cima de Mulhacen, desprendióse el rayo sobre nuestro mismo vértice, y la confusión y desconcierto llegaron, aunque por un momento no más, á su colmo. De lo ocurrido el 19 recibía yo en París el 20 noticia, por telegrama suscrito por el coronel Sr. BARRAQUER, cuya lectura me dejó aterrado. Decía así aquel tan breve como desconsolador despacho telegráfico: «Ha caído hoy, á las 11 $\frac{1}{2}$ h.^a de la mañana, un rayo en los aparatos eléctricos, cuyos desperfectos ignoro todavía. Gran nevada. Personal sin novedad; pero es peligroso prolongar la estancia. Preparo la retirada.»—Amplias facultades tenía el Sr. BARRAQUER para retirarse, en caso tan apurado como el que me describía; y aun el deber de hacerlo, tratándose de poner en salvo las vidas de cuantos estaban á sus órdenes. Mas, por fortuna y honra nuestra, la retirada no se verificó. Y allí permanecieron, hasta los primeros días de Octubre, cuantos tenían precisión de permanecer, no sólo para rematar el trabajo comenzado, sino para recoger el material de campaña, y volverle á Madrid sin considerable deterioro.

Terminado el penoso período de observación en las montañas, la ansiedad de cuantos nos interesábamos por el éxito feliz de la operación, en las circunstancias expuestas acometidas, ni se disipó por completo, ni aun disminuyó, ó se aplacó, en grado perceptible.

¿Cuál sería el resultado final de los trabajos de gabinete, y de combinación de nuestras observaciones con las hechas por los geodestas franceses? Los errores inevitables de unas y otras, ¿serían sin escrúpulo admisibles, y estarían comprendidos dentro de los límites de magnitud que la ciencia, cada día más exigente, tolera en la actualidad? ¿No sería causa de confusión y origen de equivocaciones graves la circunstancia desfavorable, consecuencia forzosa de la simultaneidad de trabajo en los cuatro vértices, de haber enfilado siempre las luces fuera de los centros de estación, y de ser, por lo tanto, indispensable aplicar algunas correcciones á todas las direcciones observadas? Y la precipitación con que el trabajo se

había efectuado, lo estemporáneo é incómodo de las horas de observación, la crudeza de los temporales, y aun la falta de salud de los observadores, ¿no habrían trascendido también á los resultados, en términos imposibles de prever por de pronto, y de remediar más tarde?

Más de mes y medio tardamos en ver desvanecidas tan insoportables dudas; mientras el Sr. Perrier reunió y ordenó las observaciones hechas en M'Sabiha y en Filhaoussen, con sus respectivos elementos de reducción, y las remitió á Madrid, donde los geodestas del Instituto Geográfico y Estadístico, compañeros suyos de campaña, las redujeron y combinaron con las españolas, ya previamente discutidas también y analizadas. El cálculo provisional, cuyos resultados discreparán seguramente muy poco del definitivo, mucho más penoso y prolijo, se terminó, por fin, el 16 de Noviembre; y en aquel mismo día transmití, por telégrafo, la síntesis y conclusiones del cálculo referido, no sólo al Ministerio de la Guerra de Francia, sino á la Academia de Ciencias de París.

Con alguna mayor extensión, y con otros detalles meramente aproximados á la verdad, á continuación se insertan los resultados á que acabo de aludir, deducidos hasta la fecha de las observaciones geodésicas hechas en España y Africa, y los cuales superan en exactitud, ó grado de precisión, á cuanto podía esperarse de tan azarosa campaña, y era lícito imaginar, aun considerado el asunto por su aspecto más favorable (1).

(1) *Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico*, tomo III, correspondiente al año de 1881.

Jonction Géodésique et Astronomique de l'Algérie avec l'Espagne, por el general IBÁÑEZ y el coronel PERRIER.

Algunas consideraciones sobre el enlace Geodésico y Astronómico de Argelia con España, por el Conde de CAÑETE DEL PINAR, capitán de fragata retirado.

APÉNDICE á la obra anterior.

DIRECCIONES

VÉRTICES.	OBSERVADAS Á LAS LUCES.	CORRECCIONES.
Filhaoussen.....	M'Sabiha 0° 0' 0",000	+ 4",24
	Tetica 60 51 17 ,49	- 1 ,094
	Mulhacen 78 43 43 ,18	+ 0 ,130
M'Sabiha.....	Tetica 0 0 0 ,000	- 0 ,787
	Mulhacen 16 19 51 ,25	+ 0 ,091
	Filhaoussen 95 8 43 ,77	- 6 ,58
Mulhacen.....	Tetica 0 0 0 ,000	- 9 ,334
	Filhaoussen 287 30 31 ,315	+ 8 ,15
	M'Sabiha 309 59 22 ,894	+ 1 ,84
Tetica.....	Mulhacen 0 0 0 ,000	- 10 ,219
	Filhaoussen 89 39 9 ,803	- 3 ,81
	M'Sabiha 113 40 18 ,966	- 1 ,91

TRIÁNGULOS

VÉRTICES.	ÁNGULOS.	SUPERFICIES.	
Filhaoussen.....	17° 52' 26",914		Hectáreas.
Tetica.....	89 39 16 ,212	Esférica.....	1066180
Mulhacen.....	72 29 11 ,201	Plana.....	1066020
<i>Suma.....</i>	180 0 54 ,327		
<i>Exceso.....</i>	54 ,162		
<i>Error.....</i>	+ 0 ,165	<i>Diferencia ..</i>	160
M'Sabiha.....	78 48 45 ,849		
Mulhacen.....	22 28 45 ,269		
Filhaoussen.....	78 43 39 ,070	Esférica.....	1392336
<i>Suma.....</i>	180 0 70 ,188	Plana.....	1392112
<i>Exceso.....</i>	70 ,730		
<i>Error.....</i>	- 0 ,542	<i>Diferencia ..</i>	224
M'Sabiha.....	16 19 52 ,128		
Tetica.....	113 40 27 ,275		
Mulhacen.....	50 0 25 ,932	Esférica.....	856236
<i>Suma.....</i>	180 0 45 ,335	Plana.....	856121
<i>Exceso.....</i>	43 ,498		
<i>Error.....</i>	+ 1 ,837	<i>Diferencia ..</i>	115
Filhaoussen.....	60 51 12 ,156		
M'Sabiha.....	95 8 37 ,977		
Tetica.....	24 1 11 ,063	Esférica.....	1182393
<i>Suma.....</i>	180 0 61 ,196	Plana.....	1182237
<i>Exceso.....</i>	60 ,068		
<i>Error.....</i>	+ 1 ,128	<i>Diferencia ..</i>	156

LONGITUD DE LOS LADOS

Mulhacen—Tetica.....	82827 ^m ,6
Mulhacen—M'Sabiha.....	269847 ,8
Mulhacen—Filhaoussen.....	269927 ,2
Tetica—M'Sabiha.....	225713 ,6
Tetica—Filhaoussen.....	257413 ,0
Filhaoussen—M'Sabiha.....	105178 ,4

COORDENADAS GEOGRÁFICAS

VÉRTICES.	LATITUD.	LONGITUD E.	ALTITUD.
Mulhacen	37° 3' 12"	0° 22' 34"	3481 ^m
Tetica.....	37 15 9	1 16 29	2080
M'Sabiha.....	35 39 39	2 51 20	585
Filhaoussen.....	34 59 58	1 59 56	1140

Cuanto, concerniente á las operaciones geodésicas, teníamos que referir, queda expuesto en las breves páginas precedentes. Como ya más atrás he dicho, la Academia nada perderá con que yo prescinda de tratar de las astronómicas, curiosísimas, y no menos importantes ni difíciles que las geodésicas, encomendadas al Sr. MERINO, y de las cuales este señor, cediendo bondadoso á mis instancias reiteradas, se ha decidido á darnos cuenta.

Madrid 1 de Febrero de 1880.

CARLOS IBÁÑEZ.

SEGUNDA OPERACIÓN.—ENLACE ASTRONÓMICO.

El Sr. D. MIGUEL MERINO empieza su Memoria manifestando haber tenido que trasladarse á París para determinar la doble ecuación personal del Sr. Coronel PERRIER y la suya propia, para la compra de los aparatos necesarios al enlace astronómico de Europa y África, y para convenir el sistema de señales y de observaciones que habían de hacerse en las estaciones de Tetica de Bacares (España) y M'Sabiha (Argelia). El Sr. MERINO describe luego el material científico ensayado en París, y, ya de regreso en España, dice á la Academia de Ciencias lo siguiente:

En recibir estos tan numerosos y extraños aparatos, desempaquetarlos para ver el estado en que llegaban á nuestro poder, examinar sus variados y complicados mecanismos, verificar con ellos algún que otro ensayo previo indispensable, aunque por la premura del tiempo necesariamente incompleto, y volverlos á empaquetar cuidadosamente para remitirlos á la provincia de Almería, se nos pasaron la segunda quincena del mes de Agosto y los primeros días de Septiembre. La noticia de que las luces eléctricas de M'Sabiha y de Tetica se percibían recíprocamente desde los vértices opuestos, la recibimos el día 12 del segundo mes; y, contando con que la operación geodésica, vencidas ya las enormes dificultades de ascensión é instalación de los aparatos y de percepción de las señales luminosas, podría terminarse antes del 30, aceleramos el arreglo de nuestro demasiado voluminoso y complicado equipaje científico, y le despachamos el 14 hacia Tetica, por ferrocarril hasta la estación de Alcantarilla, inmediata á Murcia, y desde allí por carretera, sendas, barrancos, arroyadas y precipicios, al término del viaje.

Para Tetica salimos de Madrid por distinto camino, ó dando la vuelta por Granada, D. ANTONIO ESTEBAN y yo, en la noche del 19 de Septiembre. Pero, detenidos en Granada por la dificultad inesperada é imprevista de continuar marchando hacia Baza y Tijola, la inacción á que nos vimos reducidos, la impaciencia que de nosotros se apoderó, y el desasosiego en que vivíamos de mucho tiempo atrás, quebrantaron mi salud, y quedé imposibilitado de proseguir el viaje. Por disposición mía, y con grandísima repugnancia suya, adelantóseme el día 24 mi buen compañero el Sr. ESTEBAN, cediendo á las imperiosas exigencias del deber, que sobre ambos, casi por iguales partes, pesaba. Y en la madrugada del 28, mal repuesto de mi quebranto todavía, empecé yo la caminata hacia Guadix y Baza. Antes de llegar á la primera de estas dos ciudades, agregóseme el auxiliar D. LUÍS ESTEBAN, des-

pachado desde Tijola en socorro mío; y por cierto que me le prestó muy eficaz; ya con su apreciable compañía, ya con las noticias de que nuestros instrumentos nos aguardaban en salvo en la cumbre de Tetica, y que la operación geodésica, preliminar de la astronómica, estaba para entonces muy adelantada y á punto de terminar.

.....
 El 28 descansamos en Baza, y el 29 fuimos á dormir á Tijola. Pero ¿dormimos en realidad?—Prescindiendo de los últimos chispazos de fiebre, que todavía me traían algún tanto desconcertado, buen sueño necesitaba yo para dormir, después de recibida hacia la media noche una carta, que el jefe de Comunicaciones de Baza, mi antiguo amigo D. Miguel Bellido, me remitió con un peatón, encargado de alcanzarnos antes de que nos enfrascásemos en las escabrosidades de la vecina sierra.

La carta, fechada en M'Sabiha el 24 de Septiembre, era del Sr. PERRIER: y en ella, después de narrarme entusiasmado los trabajos geodésicos ya practicados, me decía este señor, entre otras cosas, lo que sigue:

«Ayer divisé la luz de Tetica, á la simple vista, con la misma claridad que el resplandor de un faro inmediato; y la de M'Sabiha no debía columbrarse peor desde el vértice español. Ambas luces, sin embargo, presentan para nuestros trabajos astronómicos futuros *un grave inconveniente*: el de no ser constantes, como las de petróleo en los colimadores ordinarios; ó el de experimentar frecuentes variaciones de intensidad, y aun eclipses totales, procedentes de que los reguladores Serrín no son perfectos, ni los carbones tampoco; y, á veces también, de que los aparatos de emisión, embarazosos y de difícil manejo, se desorientan ó varían de posición: inconveniente grave, repito, que á toda costa debemos tratar de remediar.»

Y, para remediarle en lo posible, me proponía el señor PERRIER el abandono en absoluto, y sin más examen, del mencionado regulador; y el empleo, en su lugar, de una pequeña lámpara eléctrica, agregada al material científico de campaña, como á prevención y por vía de reserva; de mecanismo mucho más sencillo; y cuyos carbones debían moverse á mano, conforme se fueran consumiendo, de manera que sus puntas permaneciesen á distancia invariable una de otra, y siempre en el foco del colimador. Así oportunamente se hizo, previo el indispensable aprendizaje: y el resultado fué por extremo satisfactorio.

.....
 Conviene, además, advertir que las variaciones de intensidad de las luces, y aun sus eclipses eventuales desesperadores, que tan inquieto traían, con razón sobrada, al señor

FERRIER, no se evitaron por completo, ni mucho menos, con el cambio de lámparas y de sistema de regulación. Ni podían evitarse tampoco. Como que la causa principal de su producción procedía de la longitud enorme de la trayectoria luminosa, rasante á la superficie del mar, é interrumpida y contrariada sin cesar por las brumas y neblazos que entre Tetica y M'Sabiha formaban un denso velo, penetrable con suma dificultad y como por milagro, en la época borrascosa y condiciones excepcionales atmosféricas del año á que nuestros trabajos se refieren.

.....

En la mañana del 30 de Septiembre, con dos guías delante, y montados en humildes y dóciles bestezuelas, salimos del hospitalario pueblo de Tijola, y en el acto comenzamos á escalar el cielo, para precipitarnos de pronto en el barranco ó abismo de Bayarque; tomar luego por entre peñas río arriba; y llegar, al cabo de un par de horas de navegación, tropezando á cada paso con enormes pedruscos, ó desprendidos de las alturas por la acción desorganizadora lentísima del tiempo, ó arrastrados de súbito por la corriente en días temerosos de lluvia torrencial é inundaciones tremendas, al pueblecito de Batares.

.....

Desde Batares, donde ni un momento nos detuvimos, no hay mucho que andar para llegar á la TETICA de su nombre: enorme protuberancia, como aislada en medio de un laberinto de sierras, por cima de las cuales sobresale altiva. Lo que hay que hacer es subir, subir sin respirar durante un par de horas, batallando con un viento furioso, cuyo silbido incesante destroza los oídos: y no de frente, lo que sería imposible; sino sesgando la montaña por el complicado derrotero con gran pericia explorado, y franqueado en lo posible, por el capitán de ingenieros Sr. BORRES.—A las nueve de la mañana habíamos salido de Tijola, y á las tres de la tarde, sin contratiempo alguno, acampábamos en las alturas, á 2 000 metros sobre el nivel del mar, en amor y compañía de nuestros buenos amigos los Sres. LÓPEZ PUIGSERVER, PIÑAL y ESTEBAN, que nos recibieron con los brazos abiertos.

El 1 de Octubre la operación geodésica, encomendada á PUIGSERVER y PIÑAL, se hallaba muy adelantada, pero no terminada todavía; y, como los instrumentos para ella necesarios ocupaban en la escueta cumbre de la montaña el reducidísimo espacio, único disponible, donde debían instalarse los astronómicos, mientras aquellos señores no recibiesen orden superior de levantar el campo, ESTEBAN y yo teníamos que permanecer de brazos cruzados, sin poder pensar seriamente ni aun en desembalar y reconocer nuestro voluminoso equipa-

je, por allí distribuido en el orden ó desconcierto en que días antes había llegado. La instalación astronómica exigía, además, nuevas construcciones de fábrica, que ni proyectadas sobre el terreno estaban siquiera, y para las cuales carecíamos de los materiales más precisos. Ladrillos, cal, yeso, arena, madera, todo fué menester irlo á buscar á Tijola, á cinco horas de distancia, por sendas y derrumbaderos de que hemos procurado dar alguna idea. Antes, sin embargo, de que aquella tan anhelada orden llegase, el acopio de materiales estaba hecho; y, tan pronto como el día 4 se recibió, procedióse á recoger y guardar los instrumentos geodésicos, y á explanar y agrandar en lo posible la plazoleta donde habían estado instalados, para levantar desde los cimientos los nuevos pilares de sustentación de los astronómicos: *teodolito* de Repsold, destinado á la determinación de la latitud del lugar y azimut de una dirección geodésica; anteojo de pasos ó *círculo meridiano*, de Brunner; *cronógrafo*; *péndulo* de Hipp; y aparato de emisión y recepción de las señales luminosas.

En la tarde del día 6, PUIGSERVER y PIÑAL, con sus Auxiliares y el destacamento de soldados que habían tenido á sus órdenes, descendieron de las alturas á poblado.

.....
Cerrada la noche, se reunieron en torno mío los que desde aquel momento, y cada cual en su esfera, habían de ser mis colaboradores y compañeros: el ingeniero D. ANTONIO ESTEBAN; los auxiliares GUTIÉRREZ NIETO, ESTEBAN CUADRADO y VÁZQUEZ GARCÍA; el maquinista, encargado de la máquina de vapor y de las de Gramme para la producción de la luz eléctrica, D. GUILLERMO FALLER; y el cabo de ingenieros, auxiliar suyo, PEDRO GONZÁLEZ.

.....
El día 12 de Octubre, nuestra instalación estaba concluida.

Defendido por una tienda de observación, de dos metros de lado, y centrado en el mismo vértice geodésico, teníamos el teodolito de Repsold, con el cual ya en las dos noches anteriores habíamos comenzado á determinar la hora ó *estado* de nuestros cronómetros.

En el mismo paralelo de latitud, y al O. del pilar del teodolito, habíamos levantado otro pilar, donde descansaba, rectificado y orientado, y protegido de la intemperie por una barraca cuadrada de madera, de tres metros de lado, el círculo meridiano Brunner.

Dentro de esta barraca, en el rincón del S. E., habíase erigido otro pilar de ladrillo, construido con el mayor esmero allí posible, contra el cual estaban afianzados, de un lado, el péndulo sidéreo de Hipp, y, de otro, el cuadrante simpático, indicador de las horas.

En el rincón del S. O., sobre un cajón atornillado al suelo de la barraca, funcionaba satisfactoriamente el cronógrafo.

El rincón del N. O. se hallaba ocupado, y en cierto modo inutilizado, por la puerta de entrada á tan rústico Observatorio.

Y en el del N. E. no faltaban trebejos útiles y aun indispensables que admirar, y donde tropezar también, al menor descuido de las personas encargadas de operar con ellos en tan aprovechado y mezquino recinto.

Pegando casi con esta barraca y con la tienda del teodolito, con las ventanas de frente á M'Sabiha, existía otra, en cuyo centro, sobre pilar bien macizado, instalamos el aparato de producción y emisión de la luz eléctrica. Y dentro de esta misma barraca, encima de las cajas de embalar ya desocupadas, dispusimos unos 10 elementos de pila Meidinger, destinados á entretener la actividad del péndulo, y al servicio del cuadrante simpático, del cronógrafo y del interruptor cadencioso de la luz, por medio de un sistema de conductores metálicos, tendidos entre ambas barracas, y afianzados interiormente á sus techos y paredes.

Tenía nuestra instalación, así, por necesidad, arrebatadamente realizada, el grave inconveniente de que, estando recién hechos los pilares, sin fraguar casi unos con otros los ladrillos componentes, é impregnada de agua la construcción por todas partes, no era posible que los instrumentos que soportaban poseyesen, desde luego, aquel grado de estabilidad y de firmeza, que para trabajar fructuosamente con ellos, con razón, se considera como punto menos que indispensable.

.....

Mientras en la erección y organización de nuestro Observatorio estuvimos activa y agradablemente entretenidos, nadie reparó en lo que en torno nuestro sucedía y se preparaba. Y lo que sucedía era que por todos los barrancos y desfiladeros, afluentes al empinado promontorio donde acampábamos ó anidábamos, desembocaban inmensos pelotones de niebla, que se despeñaban por las vertientes, y rellenaban las hondonadas, y bullían por do quier, como gigantescas olas de mar embravecido, en efervescencia ó hervidero tumultuoso. Detrás, y entre tan tupido velo de vapores acuosos, en breve desaparecieron la mesa y faro de Roldán, el cabo de Gata y el plateado golfo de Almería; las soberanas cumbres de Sierra-Nevada; el oasis de Baza; y el laberinto de montes, cabezos y altozanos, que por el N. y N. E. limitaban nuestro horizonte. Por cima de la niebla, cada vez más apretada y cercana, descollaba todavía el picacho de Tetica, como islote perdido en medio del Océano, coronado por cielo azul purísimo, donde llegada la noche, brotaban refulgentes estrellas

á millares. Pero ¿qué iba á suceder si la niebla ascendía un poco más, y nos envolvía en su seno, y luego se condensaba y desprendía, como de golpe, la mole irresistible de agua que atesoraba?—Lo que sucedió el día 14, de infausta memoria en ambas provincias de Almería y Murcia; que se rompieron las cataratas del cielo, y la tierra gimió, aplastada y arrasada por el turbión descomunal, desprendido súbitamente de las nubes.

Aquel tenebroso día, iluminado tan sólo por la cárdena luz de los relámpagos, lo fué para nosotros de inquietud y continua angustia; y bastante peor que el día fué la noche, al contemplar inundado nuestro pobre albergue, y temiendo que los instrumentos de observación, defendidos por cuatro endeble tablas y unas cuantas varas de lona, todo recia y como febrilmente amarrado á las peñas inmediatas, no pudiesen resistir las iras de la tormenta, y amaneciesen destrozados, y sin remedio fuera de servicio. Amaneció; escalamos presurosos la cumbre de la montaña; y penetramos en nuestro desamparado Observatorio. Y, aunque nos dolimos, como era consiguiente, del miserable estado en que le hallamos, consolámonos al punto con la persuasión de que nada muy grave había sucedido á los instrumentos, y de que sus defectos y averías podían fácilmente remediarse, desmontándolos y limpiándolos cuidadosamente, y procediendo luego á su reinstalación y rectificación con paciencia. De paciencia teníamos hecho á prevención abundante acopio; y por eso, á los dos días de pasada la borrasca, ya estábamos á flote, y en aptitud de aguantar cualquier otro percance por el estilo.

.....Júzguese de nuestra alegría cuando, cerrada la noche del mismo día 18, columbramos en la dirección de M'Sabiha, de donde nunca, tras la postura del sol, desviábamos los ojos, el primer destello de la luz eléctrica, que nuestros compañeros de *ultramar* nos remitían. Enfilamos sin pérdida de momento nuestro aparato de emisión; dimos á la máquina de vapor el máximo de fuerza; y, cuando volteaba la de Gramme con velocidad vertiginosa, y el susurro y los chispazos eléctricos indicaban que se hallaba en plena actividad, apróximamos uno á otro los carbones de la lámpara: surgió entonces sobre la cumbre de Tetica vivísimo relámpago, y, condensado su resplandor en haz de fuego, propagóse instantáneamente desde allí hasta la costa septentrional africana. —¿Le percibirían los observadores que en aquella costa ansiosos le aguardaban, como nosotros divisábamos la trémula centellita de allí procedente?—Pasaron algunos minutos de zozobra, al cabo de los cuales interceptamos súbitamente con una pantalla el resplandor por nosotros emitido; y en el acto

se extinguió también la luz que absortos contemplábamos en lontananza. Separamos la pantalla interruptora; é instantáneamente volvió á surgir de las tinieblas del horizonte la luz que, respondiendo á nuestro deseo, poco antes se nos había eclipsado. Cien veces repetimos la misma prueba, de emisión y ocultación de la ráfaga eléctrica luminosa; y otras tantas apareció y se eclipsó la luz fronteriza, como si ambas se inflamasen y extinguiesen, obedeciendo á una sola voluntad y á un solo impulso. *¡Nos veíamos recíprocamente, y nos entendíamos!*—Era cuanto, por de pronto, necesitábamos y podíamos ambicionar.

La primera noche útil de observación fué la del 20, despejada, aunque de viento furioso en la Tetica.

.....
A las siete horas de la noche, conforme lo convenido en París, ambas luces eléctricas ardían, y parecía que amistosamente se saludan una á otra.

A las siete y media se apagó la de M'Sabiha; y, pasado un minuto, pusimos en movimiento nuestro aparato interruptor, y emitimos, de dos en dos segundos de tiempo, 40 señales luminosas, que en los cronógrafos de ambos vértices quedaron registradas, del modo poco antes referido. Con la última señal quedó interceptada por breve rato nuestra luz, y comenzó á resplandecer la fronteriza, en los confines del horizonte.

Transcurrieron así dos minutos, y en seguida emitió M'Sabiha hacia Tetica otras 40 señales acompañadas.

Por cuatro veces consecutivas se repitieron alternadamente ambas series de emisiones y ocultaciones de luz. Con lo cual, antes de las ocho horas, la primera parte de la operación proyectada estaba concluída: se apagaron ambas luces; y quedaron en tinieblas los dos vértices.

De las ocho á las diez horas se observaron, con el anteojo de Brunner, los pasos por el meridiano de unas 20 estrellas, en dos distintas posiciones del instrumento, cuidando de incluir en el número un par de circumpolares, destinadas á facilitar el cálculo del azimut; y se determinaron, además, la inclinación del eje de rotación, la colimación del eje óptico, y la paralaje de las plumas del cronógrafo repetidas veces.

A las nueve y media horas, sin abandonar la observación astronómica, volvió á encenderse la luz de Tetica, en señal de que estábamos alerta y de que el cielo continuaba despejado; y desde M'Sabiha se nos hizo saber lo propio, por igual procedimiento.

De las diez á las diez horas y un cuarto, en suspenso las observaciones astronómicas, se repitió análogo cambio, reite-

rado y recíproco, de señales luminosas, necesarias para la comparación de los péndulos de ambos vértices, al verificado con igual objeto, dos horas antes.

Y, apagadas con esto resueltamente ambas luces, continuamos luego observando nuevos pasos de estrellas por el meridiano, en posiciones inversas del antejo, hasta hora muy avanzada de la noche.

Así se procedió en la del 20 de Octubre y en las pocas más consecutivas, favorables á la tarea que traíamos entre manos.

Tras las noches de observación, venían los días algún tanto despejados, ó de aspecto vario y horizonte limpio, ó siquiera tolerable; y en el estudio minucioso y rectificación de los instrumentos astronómicos, en la limpieza y recorrido de las máquinas auxiliares, y en la preparación del trabajo eventual para la noche próxima, se nos pasaban las horas sin sentir.

D. ANTONIO ESTÉBAN, asistido de GUTIÉRREZ NIETO, aprovechaba las más favorables, primeras de la mañana y últimas de la tarde, para determinar poco á poco el azimut de la dirección *Tetica-Gigante*, utilizando el teodolito de Repsold, asentado, como ya hemos dicho, sobre el vértice geodésico del primer nombre. Y si la noche cerraba con horizonte encapotado por la niebla, y el casquete superior del cielo se conservaba, sin embargo, despejado, con el mismo instrumento continuaba luego, ó emprendía con nuevos bríos, la determinación de la latitud geográfica, por series de distancias zenitales circunmeridianas de varias estrellas, distribuidas al N. y S. del zenit.—Los auxiliares ESTEBAN CUADRADO y VÁZQUEZ GARCÍA se ocupaban mientras tanto, sin levantar cabeza ni mano, en la conversión numérica y ordenación de las interminables señales estampadas, noche ó noches antes, en la cinta del cronógrafo; trabajo delicado y penoso, en que cuidé de amaestrarlos antes de salir de Madrid, y que desempeñaron con diligencia y esmero, por todo extremo loables.

.....
 A la noche del 20, ventajosamente empleada, sucedieron la del 21, cubierta; la del 22, transparente y hermosa como pocas, en Tetica, pero durante la cual, sin embargo, tuvimos el desconsuelo de no columbrar, ni por acaso, la suspirada luz de M'Sabiha; y la del 23, fosca y variable, con trabajo utilizada por ambas partes, sólo durante sus primeras horas.—Desde el 24 al 29 aguantamos un temporal horroroso, de vientos desatinados, nieblas densísimas, que todo lo invadían y encharcaban, y aguaceros aturbonados irresistibles. Tan descompuesta estaba la atmósfera, que nunca como entonces temblamos por nuestros desamparados instrumentos; y, teme-

rosos de un completo desastre, creímos conveniente, para prevenir sorpresas desagradables, dar cuenta de nuestro apuro al Director del Instituto Geográfico. Y de Baza y de Tíjola llegaron á lo alto de la sierra ofertas cariñosas de auxilio, que, si no aceptamos, agradecemos muy de veras, y contribuyeron á confortar nuestros un poco atribulados espíritus.—En la madrugada del día 30 descargó sobre nosotros recia tormenta, acompañada de granizo, y seguida luego de nieve y agua en abundancia; amainó con esto el viento por la tarde; abriéronse de pronto las nubes, y se disiparon como por encanto las nieblas al ponerse el sol, y desde Melilla á Orán quedó desvelada y limpia como nunca la costa africana; y el cielo nos ayudó para poder trabajar, bien impensadamente y sin tropiezo, hasta muy adelantada la noche. Al descender á nuestro albergue, asentado en un escalón de la montaña, cosa de 30 metros más bajo que el vértice geodésico-astronómico, parámonos á contemplar la magnificencia de la bóveda celeste; y en aquel momento llegó á nuestros oídos, por la región de levante, un misterioso y acompasado susurro, de cuya procedencia adquirimos asombrados certidumbre completa al corto rato de atención: era la voz potente del mar, amortiguada por la distancia de 45 á 50 kilómetros, que de la orilla más próxima nos separaba; pero muy distinta y perceptible todavía.—Otra vez se nos nubló el cielo el 31 de Octubre; y, aunque no nos maltrató tanto como el anterior el temporal en aquel día iniciado, hasta la noche del 7 de Noviembre no volvimos á columbrar la luz de M'Sabiha, y á entendernos con nuestros colaboradores de la Argelia. En la del 9 fundamos, al declinar la tarde, grandes esperanzas, por desgracia ilusorias todas. Y sólo luchando á brazo partido con el hado adverso, conseguimos dar cima á la penosa determinación de nuestra diferencia de longitudes geográficas en las del 10 y el 11, tan foscas y tan alborotadas sobre todo, como la mayor parte de las anteriores.

.....

Aunque con lo hecho en las dos últimas noches mencionadas del 10 y 11 de Noviembre, nuestro trabajo de campo podía considerarse terminado, todavía en la del 12, de bonanza relativa, volvimos á encender la luz de Tetica con la esperanza de que M'Sabiha nos contestase, y el deseo, muy natural después de tantos infructuosos afanes, de afianzar con un tornillo más el resultado satisfactorio de la operación. A nuestro llamamiento que, como voz quejumbrosa en el desierto, tal vez se perdió y extinguió entre los repliegues y ondulaciones de la bruma marítima, nadie respondió, por lo menos en términos perceptibles, durante las cinco primeras horas de la noche; lo cual nos hizo creer que también los observadores de M'Sabiha daban por rematada la común faena.

Y así nos lo certificó en la mañana siguiente un telegrama de PERRIER, que, dando la vuelta por Orán, Argel, Marsella, Madrid, Granada y Baza, acertó á subir hasta la cumbre de Tetica, y calmó el desasosiego y zozobra en que vivíamos.

.....

Madrid 15 de Febrero de 1880.

MIGUEL MERINO.



FIN

ÍNDICE

SECCIÓN PRIMERA

SISTEMA MÉTRICO DECIMAL

	<u>Páginas</u>
PRELIMINARES	7
LECCIÓN I.—El metro lineal.—Medida fundamental de longitud....	11
LECCIÓN II.—El metro cuadrado.—Medida derivada de superficie..	17
LECCIÓN III.—Metro cúbico.—Medida derivada de volumen.....	28
LECCIÓN IV.—El litro (ó decímetro ³).—Medida derivada, de capacidad.....	36
LECCIÓN V.—El gramo.—Medida fundamental de peso, ó de masa..	39
LECCIÓN VI.—El franco.—La peseta.—Medida fundamental de valores.....	42
LECCIÓN VII.—Unidades de evaluación.....	46
Velocidad.....	47
Fuerza.....	48
Presión.....	49
Densidad.....	49
Trabajo.....	50
Potencia.....	50
Potencia térmica.....	51
LECCIÓN VIII.—Unidades de evaluación (continuación): Gravedad.	52

SECCIÓN II

MEDIDAS HISTÓRICAS

LECCIÓN I.—Medidas históricas francesas.....	65
LECCIÓN II.—Medidas históricas en España.....	72

SECCIÓN III

SISTEMA C. G. S., Ó DE LAS UNIDADES ABSOLUTAS

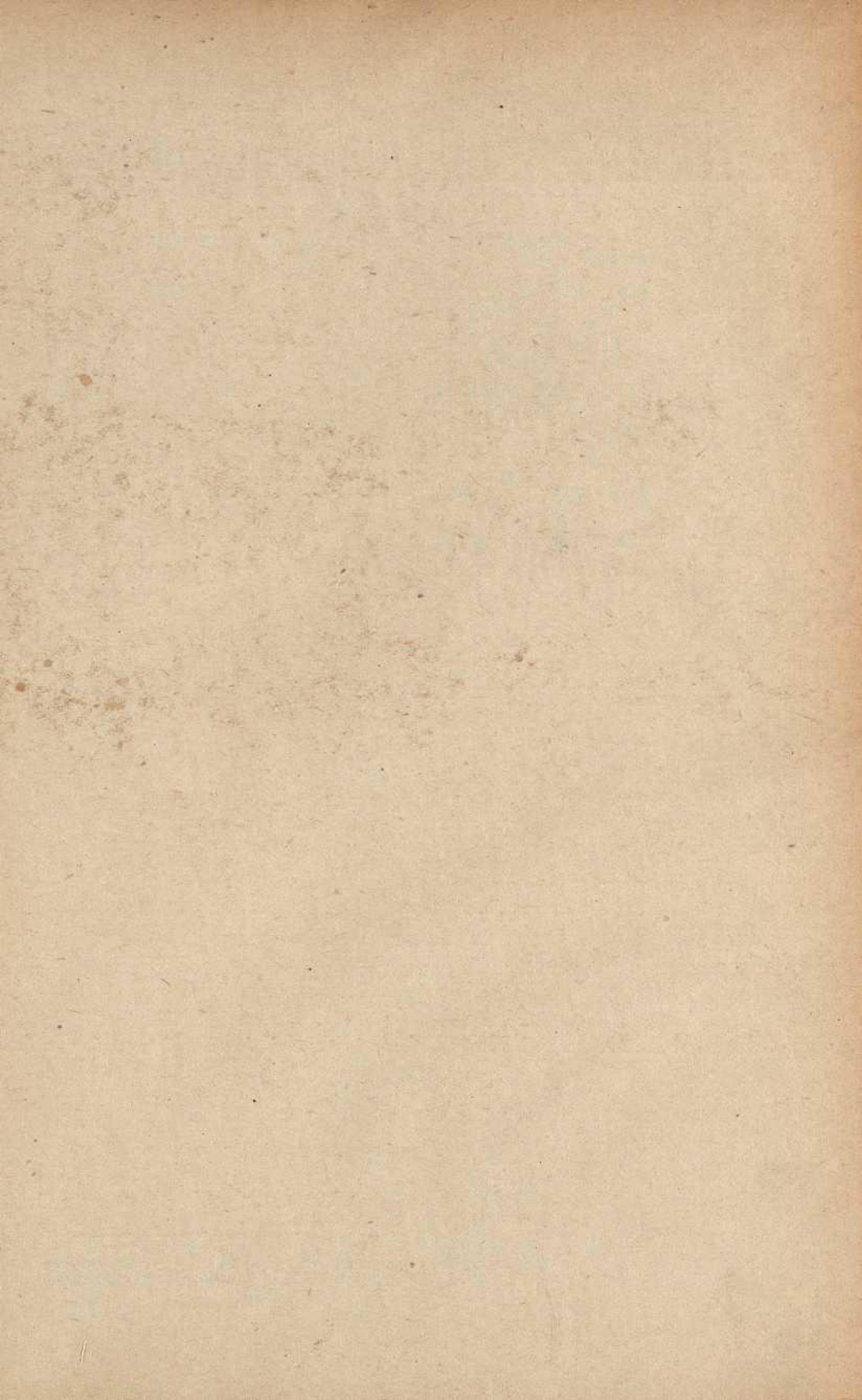
	<u>Páginas</u>
LECCIÓN I.—Módulos fundamentales y derivados.....	129
LECCIÓN II.—Ventajas generales de un sistema de medidas racional. Origen del sistema C. G. S.....	133
LECCIÓN III.—Vicio de origen	138
LECCIÓN IV.—Ventajas del sistema C. G. S.—Sustitución del peso por la masa	142
LECCIÓN V.—Exposición del sistema C. G. S.....	146
LECCIÓN VI.—Discusión de las fórmulas del sistema C. G. S.....	151
LECCIÓN VII.—Inconveniente práctico de los sistemas de unidades absolutas: unidades secundarias.....	157
LECCIÓN VIII.—Conversión de las medidas de un sistema en las de otro.....	159
LECCIÓN IX.—Unidades prácticas.....	162
LECCIÓN X.—El patrón de masa	169

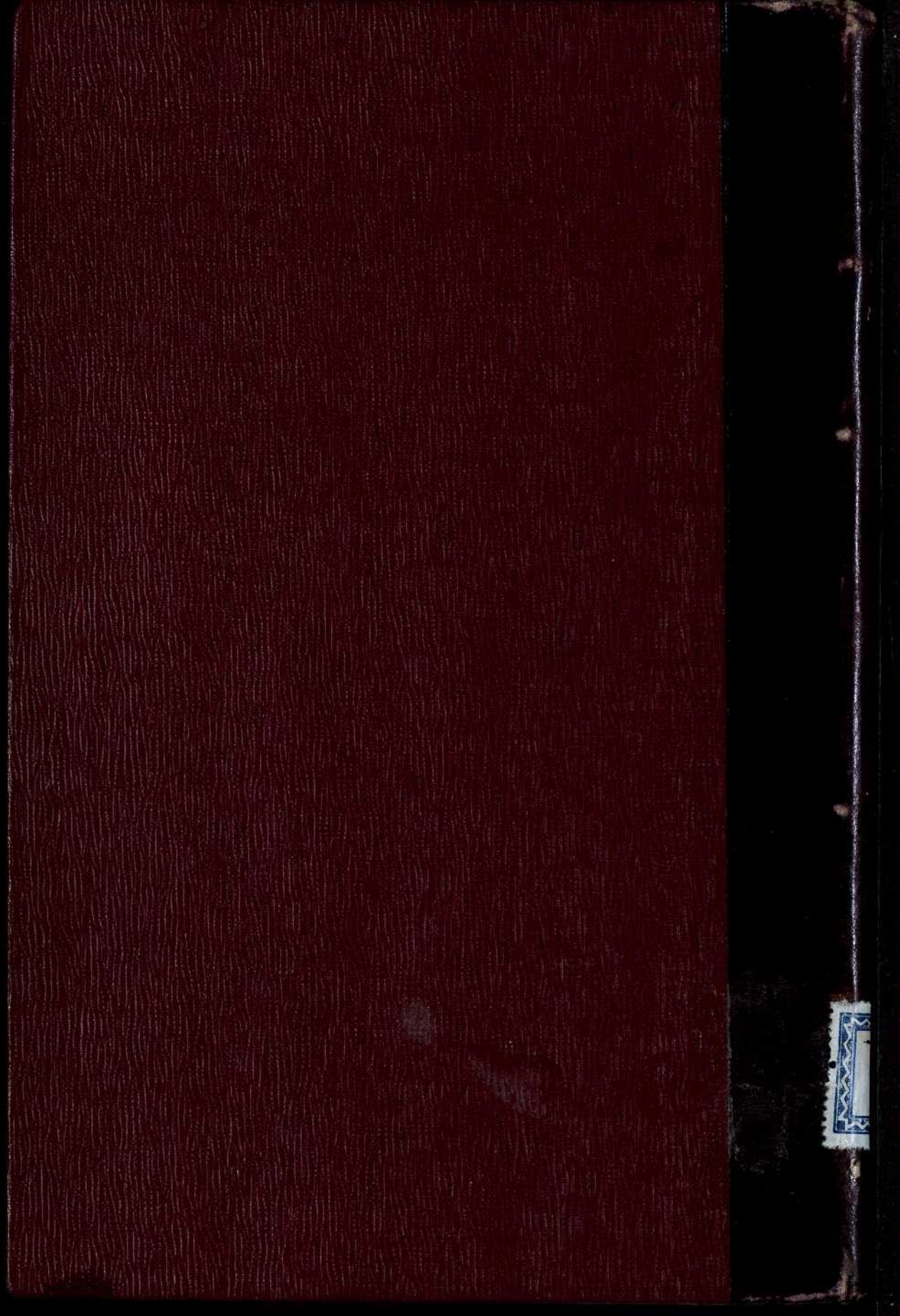
SECCIÓN IV

FUNCIONES NATURALES TRIGONOMÉTRICAS	187
--	------------

SECCIÓN V

LAS CONSTANTES NATURALES	237
Apéndice	301





BENOIT

SISTEMA

METRICO

519