

pleados en Europa. Ahora bien, acabamos de ver que, según los resultados de los cálculos de los ingenieros Merrill y Clarke, un puente metálico para camino de hierro de una vía de 60 metros de luz se construye próximamente con dos toneladas de hierro por metro lineal, y se admite además en los Estados-Unidos que en un puente de doble vía que alcance una luz de 500 pies (150 metros) no llegarían a emplearse 700 toneladas de hierro. Si se comparan estas cifras con los pesos de los principales puentes construidos en Europa, algunos de cuales daremos á conocer al final de estos apuntes, se observa que con los sistemas americanos se obtiene una economía considerable.

Mr. Shaler Smith ha estudiado también esta cuestión en una Memoria titulada *Bridge analysis*, para una luz de 200 pies (61 metros), admitiendo una sobrecarga de 3.300 kilogramos, y por longitud de tramo de viga, un peso máximo de 37 toneladas; y sometiendo el material al quinto del esfuerzo de rotura, llega en las dos hipótesis del piso superior ó inferior á los resultados que indica el siguiente cuadro :

DESIGNACION DE LOS SISTEMAS.	PISO INFERIOR.		PISO SUPERIOR.	
	PESO.		PESO.	
	Total. Toneladas.	Por metro lineal. Kilogs.	Total. Toneladas.	Por metro lineal. Kilogs.
Fink.....	126	2.030	118	1.930
Triangular iso- métrico.	110	1.803	119	1.950
Linville.	128	2.100	133	2.180
Bollman.....	163	2.670	167	2.730

Examinando después los diversos sistemas de vigas articuladas bajo los múltiples aspectos de la estabilidad, del coste efectivo, y de la facilidad del montaje y de adaptarse á diferentes luces, Mr. Shaler Smith establece la siguiente clasificación :

DESIGNACION DE LOS SISTEMAS.	Estabilidad.	Economía.	Facilidad del montaje.	Facilidad de adaptarse á diferentes luces.
Fink.....	1	2	2	2
Triangular.	2	1	3	1
Linville.	3	3	4	3
Bollman.....	4	4	1	4

Terminaremos estos apuntes dando á conocer los

pesos de varios puentes construidos en Europa y en América, cuyo estudio viene á comprobar la gran economía que ocasiona la adopción de las vigas articuladas respecto á los otros sistemas de puentes de hierro forjado; y como, según se ha visto, estos últimos resultan en general más económicos que los de fundición, fácilmente se comprende que son aún más importantes las ventajas que presentan los primeros si se comparan con los de hierro fundido.

(Se continuará.)

ENLACE GEODÉSICO Y ASTRONÓMICO DE EUROPA Y AFRICA (1).

Lámina 104 bis.

PRIMERA OPERACION.—ENLACE GEODÉSICO.

I.

El problema fundamental de la Geodesia, concerniente á la determinación de la forma general, dimensiones y principales irregularidades de nuestro planeta, acaba de recibir inesperado é importante impulso, destinado á ejercer eficaz influencia en su resolución definitiva, mediante el enlace geodésico y astronómico de las redes trigonométricas, española y argelina, separadas hasta hoy por una distancia inmensa, y como abismo imposible de franquear. Merced á tan vasta y difícil operación científica, llevada á dicho término en el último otoño por los geodestas y astrónomo del INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO español y los del Ministerio de la Guerra de Francia, permitido es ya calcular el mayor de los arcos de meridiano hasta el día trazados sobre el globo terráqueo, entre las islas Shetland, al N. de Escocia, y el límite septentrional del Desierto de Sahara : obra verdaderamente monumental, y resultado imperecedero de la paz y concordia existentes entre las naciones civilizadas, en cuya ejecución figurarán por partes iguales, de inteligencia, de trabajo y de gloria Inglaterra, Francia y España.

De tan extraordinario trabajo científico, ejecutado en representación de nuestra patria por su Instituto Geográfico y Estadístico, y que, para mayor claridad, desde luego debe considerarse descompuesto en dos partes distintas, relativa una al enlace ó empalme geométrico de las dos redes mencionadas, y otra á la comprobación astronómica de la exacta correspondencia de ambas triangulaciones, de los continentes europeo y africano, tuve oportunamente la honra, y cumplí de paso el deber, de dar verbalmente cuenta somera á la ACADEMIA. Y me apresuré á darla, no por alarde mezquino de vanidad, sino porque creí entonces que á mí, como académico y Director del mismo Instituto, me correspondía, con mejor derecho que á nadie, enterar á la Corporación de lo ocurrido y conseguido en este asunto : y, muy principalmente, porque, no habiendo tomado yo parte alguna en las observaciones geodésicas y astronómicas, me encontraba en situación completamente desembarazada para calificarlas en los términos

(1) *Revista de los progresos de las Ciencias*, tomo XXI, número 3.º

lisonjeros que merecen, procediendo con estricta imparcialidad, y para tributar á los Jefes especialmente encargados de las dos distintas, aunque inseparables, operaciones referidas, á los geodestas que los acompañaron y secundaron en sus trabajos, y al personal auxiliar subalterno á sus órdenes, no por humilde mérito digno de aprecio y recuerdo, los justos elogios á que se hicieron todos acreedores.

De la operacion propiamente geodésica advertí á la Academia, para legítima satisfaccion suya, que habia sido Jefe uno de sus individuos, el coronel D. Joaquin Barraquer, del Cuerpo de Ingenieros, agregado, muchos años há, al Instituto Geográfico y Estadístico. Y de la astronómica, otro compañero nuestro, parecidamente, don Miguel Merino, primer astrónomo del OBSERVATORIO DE MADRID, y astrónomo tambien del mismo Instituto.—El primero de estos dos señores, por lo reciente de su nombramiento, no ha tomado posesion todavía de su honroso cargo de académico numerario, y por eso yo, con evidente y lamentable desventaja, me encargué de reseñar los trabajos por él dirigidos en totalidad, y en mucha parte personalmente efectuados. Pero el segundo asistia á la sesion en que de este asunto se trataba; é, instado por mí, se prestó, no sin alguna vacilacion, á enterar á la Academia de lo hecho por él y por el reducido personal, que de su direccion y voluntad científica habia dependido en la última campaña.

Terminadas ambas reseñas orales, el Sr. Presidente de la Academia nos invitó, al Sr. Merino y á mí, á redactar por separado dos sucintas notas de los trabajos astronómicos y geométricos realizados en las sierras andaluzas para establecer su enlace geodésico con los montes argelinos: notas que deberian publicarse en la *Revista de los Progresos de las Ciencias*, como fragmentos del acta de tan memorable sesion, y medio de perpetuar el recuerdo de la gloriosa empresa científica, en que tanta y tan buena parte ha tomado España.

Cumple, pues, los deseos del Sr. Presidente, á los que se asoció unánime y generosa la Academia, presentando hoy estos apuntes de actualidad, interin los centros geodésicos de España y Francia, que han intervenido en la ejecucion de la obra comun á que se refieren, publican detalladamente cuanto han hecho para llevarla á cabo.

II.

Desde que Delambre, Méchain, Biot y Arago, al finalizar el pasado siglo, y en los albores del corriente, midieron el arco de meridiano comprendido entre Dunkerque y nuestra isla de Formentera, acariciábase la esperanza y se alimentaba el deseo de prolongar algun día aquel arco, ya de considerable amplitud, hasta el territorio africano. Pero la dificultad de producir intensos focos de luz, y de establecerlos en las cumbres de las montañas, de manera que desde muy léjos pudieran enfilarse y observarse por algun tiempo, ha sido en lo que va de siglo punto ménos que insuperable; y, sin esta condicion previa, por imposible debia tenerse cruzar el Mediterráneo con algunos triángulos geodésicos, y desde las costas españolas lanzarse y pasar, como de brinco gigantesco, á las argelinas, relacionando así los paralelos de latitud muy elevados, con los que rápidamente avanzan y han de progresar hácia el corazon del Africa. Por eso las tentativas hechas, por los años

de 1858, tanto por mí como por los coroneles franceses, Sres. Laussedat, de Ingenieros, y Severt, de E. M., para estudiar y preparar la operacion recientemente concluida, no dieron resultado alguno satisfactorio, por más que de la posibilidad de realizarla no cupiera nunca duda, gracias á las noticias facilitadas por los geodestas españoles, apostados en sitios favorables, y que, desde las cimas de las empinadas cordilleras andaluzas, lograron en diversas ocasiones, aunque siempre inesperadamente y como por casualidad, divisar con sus anteojos los cerros lejanos de la Argelia.

Mientras esto sucedia, los trabajos geodésicos de la triangulacion española se multiplicaban y extendian rápidamente, y eran ventajosamente calificados por el mundo científico. La cadena geodésica, ceñida á nuestra costa oriental, desde la frontera de Francia al cabo de San Antonio, proyectada y observada en otro tiempo por tres de los astrónomos franceses, poco ántes mencionados, se rehacia y rectificaba por los geodestas del Instituto Geográfico y Estadístico, pertenecientes á los Cuerpos facultativos de Artillería, Ingenieros y Estado Mayor, y se prolongaba hasta la misma Sierra Nevada, con lo cual al arco de meridiano anglo-franco-español, especie de compas enorme, destinado á medir la Tierra, aportábamos un contingente nacional de 800 kilómetros de extension. Y al propio tiempo que así se procedia, se estudiaban y precisaban los vértices que, como cimientos inencomovibles, habian de servir más adelante para apoyar los triángulos geodésicos tendidos sobre el Mediterráneo, entre España y África, á guisa de inmensos tableros de puente para pasar de una orilla á otra.

Por su parte, como fácilmente puede suponerse y es casi inútil advertirlo, el Gobierno frances no daba tampoco al olvido las gloriosas tradiciones científicas que constituyen la riqueza mejor ganada y el título de gloria más envidiable de la nacion vecina. Y, estimulado por el ejemplo de España, el Ministro de la Guerra de Francia enviaba sus geodestas á la Argelia, para que allí proyectasen y observasen una red de triángulos que cubriera con sus mallas el territorio de aquella vasta region, desde la costa y linde septentrional hasta las arenas del desierto. — Ambas triangulaciones fronterizas, efectuadas con elementos de trabajo de primer orden, y por observadores de los dos países, que unos con otros compiten en ciencia y experiencia, se hallaban ya terminadas, ó muy adelantadas, tiempo há; y, para poderlas utilizar en la resolucion del gran problema de la figura y verdaderas dimensiones de la Tierra sólo faltaba empalmarlas una con otra, forjando el colosal eslabon que habia de reunir las, y de completar la nueva cadena meridiana, desbaratada por las olas y brumas del Mediterráneo. Y esto es lo que se ha intentado hacer en la última campaña, y lo que se ha conseguido, aunque tras larga y angustiosa lucha, con providencial fortuna.

III.

Que el pensamiento de reunir ó eslabonar las triangulaciones de ambos continentes, europeo y africano, y de facilitar á los sabios geómetras del primero más amplio campo donde desenvolver sus facultades intelectuales y ejercitar su infatigable actividad data de muchos años atrás, y no ha cesado de agitarse y estu-

diarse incesantemente, pruébalo el hecho siguiente, que me permito recordar á la Academia, por su significacion honrosa para España.

Por excitacion del ilustre general prusiano Baeyer, creóse hácia el año 1860 una modesta *Asociacion* científica, con el objeto exclusivo, por de pronto al ménos, de fomentar la mensuración de un arco de meridiano en la Europa Central, desde Cristianía á Palermo. Comisionado yo por nuestro Gobierno, asistí por entónces á una de las sesiones de la naciente *Asociacion*; y, autorizado para ello, ofrecí el concurso de nuestra patria, no para la medicion del arco comprendido entre aquellas dos distantes poblaciones, sino para contribuir á la rectificacion y prolongacion del otro arco occidental, más ámplio todavía, y de justa celebridad histórica, limitado al N. por las islas Shetland, y al S. por el Desierto de Sahara: á condicion, bien entendido, de que el Gobierno frances cooperase por su parte en la obra comun, 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 continuacion de España, se brindasen también Rusia, Francia y Portugal á contribuir eficazmente á la medicion y estudio geodésico de la superficie de la Tierra, en la parte que legítimamente y sin violencia pudiera corresponderles, la primitiva *Asociacion* de geodestas, principalmente suecos, alemanes é italianos, cambió muy pronto de carácter, y aún de título ó nombre, y se convirtió en la actual *Asociacion Geodésica Internacional para la medicion de arcos de meridiano y de paralelo en Europa*. Si de esta *Asociacion* recibí yo más tarde pruebas de afecto inolvidables, y la honrosa distincion de presidirla, entiéndase bien, como yo siempre lo he creído, que no á la persona en quien recaian eran tributadas en realidad, sino á la nacion á quien primitivamente habia representado, y continuaba representando luégo, sin verdaderos merecimientos científicos para ello.

IV.

Las buenas relaciones, entabladas por el que suscribe, como Presidente de la *Asociacion Internacional* mencionada, con el teniente coronel de Estado Mayor, Sr. Perrier, delegado del Gobierno frances en la misma Asamblea científica, contribuyeron eficazmente á la realizacion del proyecto de empalme de las triangulaciones española y argelina: ¡proyecto generoso, como adormecido y abandonado por tantos años! — El señor Perrier, durante sus campañas geodésicas en la Argelia, habia repetidas veces columbrado las cimas de nuestras cordilleras y serranías: aunque, con perfecta distincion, sólo tenía, ántes 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 descubria 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 elevacion 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 triangulacion argelina, denominados de M'SABINA, cerca de

Orán, y de FILHAOUSSEN, inmediato á la frontera marroquí, propuestos por el Sr. Perrier, y, aunque mucho ménos elevados, de situacion 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 ántes 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 reflexion y emision de la luz solar, y pequeños goniómetros para la medicion 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 operacion proyectada era factible, aunque no, sin imprudencia ó temeridad, con los demasiado pobres elementos de observacion, de que ellos habian dispuesto. Los reflejos heliotrópicos se vieron, sí, recíprocamente, desde España y África; pero se vieron como relámpagos fugaces, trémulos é indecisos, que apenas daban tiempo para fijar las direcciones de donde procedian, sin error de apreciacion bastante considerable.—Mucho se habia conseguido con lo hecho; pero faltaba todavía madurar muy despacio y con tino lo que faltaba por hacer.

V.

Nada definitivo, sin embargo, podia 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 ejecucion de la obra demandaba. Con este objeto me dirigí yo al Sr. Ministro de Fomento; le expuse el estado de la cuestion y sus antecedentes y consecuencias honrosas para nuestro país, y respetuosamente le supliqué interpusiese su influencia y valimiento para que no se malograra en ciérnes la empresa mencionada y ya con prolijidad en las anteriores líneas definida. Y, á excitacion 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: invitacion á que el segundo Gobierno contestó, el 17 de Marzo, aceptando como bueno el pensamiento que se le habia propuesto, y designando al Señor Perrier para que se concertase conmigo, decidiésemos juntos el programa detallado de la operacion, 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, adonde creí necesario trasladarme, para dar mayor impulso á los trabajos preparatorios, acompañado de los Sres. Merino, Barraquer, Lopez Puigcerver y Estéban; astrónomo aquél, y geodestas los demas 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 cuestion de dignidad, y por merecer todos mutuamente ilimitada confianza, sino porque, de lo contrario, no podría terminar la operacion 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 fuere factible proceder sin daño ó error en los resultados.

3.º Con las señales heliográficas, durante el día, de muy difícil y muy cuestionable visibilidad, segun el reconocimiento del terreno, en el verano anterior, habia 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 produccion de la electricidad se convino, despues de largas discusiones y de pensarlo muy despacio, en emplear los generadores electro-magnéticos de Gramme, movidos por pequeñas máquinas de vapor de tres caballos de fuerza.

4.º Asimismo se decidió que los goniómetros de precision fuesen iguales en los cuatro vértices, y contruidos, con la habilidad y conciencia artistica que tanto les distingue, por los hermanos Brunner, de París. É iguales tambien debían ser los aparatos de produccion y emision de las luces de petróleo y eléctricas, y en lo posible hasta en los demas aparatos accesorios que, en combinacion con los goniómetros, se empleasen.

Y 5.º Terminadas las operaciones geodésicas, si á tanto llegaba nuestra buena suerte, se intentaría tambien realizar el enlace astronómico de las dos triangulaciones, pospuesto por de pronto, para no complicar demasiado la primera operacion, y por no comprometer el éxito de la jornada con la acumulacion excesiva de material y personal en los mismos vértices. La operacion astronómica, por estas varias consideraciones diferida, debía comprender la determinacion 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 redaccion 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 prescindia yo de tratar por completo de este asunto.

VI.

Adoptadas las disposiciones preparatorias que dejo enumeradas, procedióse sin pérdida de tiempo á la ad-

quisicion del material de campaña, y designacion del personal que debía encargarse de su manejo y buen empleo.

Para los trabajos geodésicos pusieron, por parte de España, á las inmediatas órdenes del Sr. Barraquer, el comandante de Estado Mayor D. Vicente Lopez Puigcerver, el capitán de Ingenieros D. Juan Borrés, y los tenientes de Artillería D. Priamo Cebrian y D. Clodoaldo Piñal, agregados todos al Instituto Geográfico y Estadístico. Y en representacion de Francia se encargaron de observar en la Argelia, á las órdenes ó bajo la direccion del Sr. Perrier, los capitanes de Estado Mayor Sres. Bassol, 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, contruidas 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. Mangin, y destinado á reflejar la luz que se produjese en su foco; dos aparatos portátiles del mismo autor, provistos de lentes planos-convexas, de 0^m,20 de diámetro, para sustituir, en caso de necesidad, al reflector precedente, y emitir por refraccion hacia los vértices fronterizos las señales luminosas producidas en el de su instalacion; dos reguladores Serrin para la produccion 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 tambien apropiado á la medicion de los ángulos, obra maestra de los artistas ya citados hermanos Emilio y Leon Brunner.

Dos meses ántes de salir de París el material referido, con los demas accesorios que es fácil suponer, y que por brevedad no se mencionan, despaché desde Madrid al capitán de Ingenieros D. Tomás Borrés, 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 Filábres el voluminoso, pesado y delicadísimo material de observacion.

Previos reconocimientos minuciosos, y dando pruebas de gran energia de espíritu y de actividad inquebrantable, el capitán Borrés 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 vérti-

ces era menester tratar de utilizar. Cuántas y de qué especie serian estas dificultades, indicalo sobradamente el hecho de haber sido necesarios diez y ocho dias 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 sorprendia á los conductores de aquel extraño convoy, compuesto de larga fila de carretas arrastradas por bueyes.

Los rústicos albergues de tosca mamposteria mal trabada con barro, cal y arena, con puertas y ventanas de madera y techos de pizarra, contruidos bajo la direccion del capitán Borrés en ambos picos, y destinados á servir de precioso refugio á los observadores y auxiliares suyos, reunian 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 respectivamente 1.140 y 585 metros sobre el nivel del mar.

VII.

A pesar de los obstáculos que entorpecieron la conduccion del material desde París á Madrid, su distribucion aquí en dos partes iguales, remision á Mulhacen y Tetica, é instalacion en estos vértices, á fines del mes de Agosto todo estaba pronto para comenzar las operaciones y los observadores en sus puntos: Baraquer, Borrés y Cebrian, en el primero; y en el segundo, Lopez Puigcerver y Piñal. Los aparatos habian llegado sin detrimento; las máquinas de vapor funcionaban sin dificultad, y las de Gramme, despues de sometidas á escrupuloso reconocimiento y de remediadas en ellas algunos pequeños desperfectos, producian verdaderos torrentes de electricidad y focos de luz intensísima. En los últimos dias de aquel mes, poseidos jefes y auxiliares de actividad febril, y penetrados profundamente del sentimiento de su deber, hicieron lo que á sangre fria 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 hubiera sido allí en cualquier concepto necesaria, é impulsado ademas por la ambicion científica de escribir, en los cuadernos de campaña tan memorable, algunas observaciones propias, hechas desde la cumbre altísima de la Alpujarra; mas ni mi cooperacion personal y auxilio moral se necesitaban, ni pude satisfacer tampoco el disculpable deseo que constituia el segundo objeto de mi viaje. Tan pronto como llegué á la cima de la cordillera, el 1.º de Setiembre, 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 dias permanecimos así, sin poder hacer más que rectificar la situacion de los aparatos, poner en movimiento las máquinas, producir la luz eléctrica, y simular y ensayar el trabajo futuro de observacion, en la prevision de cuantas contingencias pudieran, por diversidad de motivos, presentarse.

A los tres dias de estancia en aquellos lugares tuve, con harto dolor, que abandonarlos, para trasladarme á la ciudad de Ginebra, donde muy en breve debia reunirse bajo mi presidencia la Asociacion Internacional Geodésica. Pero al ausentarme de la Sierra Nevada y de la vecina cordillera de los Filábres, donde iba á ensayarse la solucion del problema que mayor interés excitaba por entónces en el seno de aquella Asociacion, en las condiciones más angustiosas y comprometedoras que imaginarse podian, me alentaba un gran consuelo, dimanado de la conviccion adquirida sobre el terreno de que, si la operacion era de suyo realizable, la llevaria 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 dia 9 de Setiembre, podian darse por terminadas el último dia 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 *Comision Internacional de Pesas y Medidas*, y allí recibia los telégramas directos de Mulhacen, de Tetica, de M'Sabiha y de Filhaoussen, que por momentos se me dirigian, y me enteraban de los progresos y de las dificultades de la vasta operacion, por franceses y españoles con entusiasmo inusitado acometida. Desde París tuve, al fin, la honra de telegrafiar al Gobierno español la noticia de la terminacion de las observaciones geodésicas, que cuidé tambien de poner en inmediato conocimiento del Gobierno francés, y desde allí transmití por telégrafo las felicitaciones de los Sres. 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 podia lisonjearles por de pronto; la aprobacion de los sabios y corporaciones científicas debía completarla muy en breve.

VIII.

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 decepcion de no columbrar durante el dia de un lado á otro del Mediterráneo las señales que incesante y recíprocamente se transmitian, y anhelaban enfilas 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 operacion se intentase por los procedimientos y con los recursos ordinarios, el fracaso hubiera sido completo, el desaliento se habria apoderado de nosotros, y lo que ahora es un hecho consumado, tal vez se habria calificado de generosa aspiracion, 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 resolucion

adoptada en las conferencias preliminares de París, de apechar con todo y arrostrar animosamente las consecuencias risibles de un descalabro, transportando y subiéndolo á la region 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, emitida desde Filhaoussen, columbrasen el más leve vestigio, durante catorce días consecutivos, de cruel y desesperadora ansiedad; desde el 9 de Setiembre 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 Setiembre, 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 Setiembre por demas 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 solo día. Y sobre la nieve congelada en los alrededores del vértice, por cuatro veces volvió á nevar en el transcurso del mes copiosamente alguna. Como 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 ménos 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 furiosos 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 Setiembre, 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 recibí yo en París el 20 la noticia, por telegrama suscrito por el coronel señor Barraquer, cuya lectura me dejó aterrado. Decía así aquel tan breve como desconsolador despacho telegráfico: «Ha caído hoy, á las once y media horas 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 señor Barraquer para retirarse en caso tan apurado como el que me describía, y aún 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.

IX.

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 acometida, ni se disipó por completo, ni aún 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 extemporáneo é incómodo de las horas de observación, la crudeza de los temporales, y aún 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?

Mas 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, aún considerado el asunto por su aspecto más favorable.

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

TRIANGULOS.

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

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 tenemos 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.º de Febrero de 1880.

CÁRLOS IBAÑEZ.

(Se continuará.)

PARTE OFICIAL.

1.º de Octubre (*Gaceta del 2*).—FOMENTO.—Ley autorizando al Gobierno para que pueda otorgar la concesion de la línea del Ferrol á Betanzos.

23 de Setiembre (*Gaceta del 2 de Octubre*).—FOMENTO.—Real orden disponiendo se publique en la *Gaceta de Madrid* la cesion gratuita que la Diputacion de Pontevedra hace de las nuevas acciones de la Compañía del ferro-carril de Medina del Campo á Zamora y Orense á Vigo, como auxilio para la construccion del de Redondela á Pontevedra.

1.º de Octubre (*Gaceta del 2*).—FOMENTO.—Real orden disponiendo que los Gobernadores de las provincias, á quienes corresponde la imposicion de correctivos á las Empresas de ferro-carriles por faltas en el servicio de explotacion, cumplan estrictamente las disposiciones vigentes, y especialmente la ley de policia de los mismos.

1.º de Octubre (*Gaceta del 3*).—ULTRAMAR.—Real decreto fijando las reducciones del descuento que desde 1.º de Noviembre próximo hasta el 30 de Junio de 1881 tendrán en sus haberes y asignaciones las clases civiles y militares de las islas Filipinas.

1.º de Octubre (*Gaceta del 3*).—ULTRAMAR.—Reales decretos promoviendo á Jefes de Administracion de segunda clase á los Ingenieros Jefes de igual clase de Caminos D. Enrique Trompeta y Vinei y D. Manuel Lopez Bayo, que sirven en las islas Filipinas.

23 de Setiembre (*Gaceta del 3 de Octubre*).—FOMENTO.—Real orden aprobando la trasferencia de la concesion del tranvía de Carcagente á Gandía, hecha por D. Federico y D. Enrique Trenor al Marqués de Campo.