

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS  
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

---

FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE Y AÉREA

---

# DISCURSO

LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN

POR EL SEÑOR

D. JOSE MARÍA TORROJA Y MIRET

y

# CONTESTACIÓN

DEL EXCMO. SEÑOR

D. AMÓS SALVADOR

PRESIDENTE

EL DÍA 16 DE MAYO DE 1920



MADRID

ESTABLECIMIENTO TIPOGRÁFICO DE FORTANET

IMPRESOR DE LA REAL ACADEMIA DE LA HISTORIA

Libertad, 29.—Teléf.º 991

1920

# DISCURSO

DEL SEÑOR

D. JOSÉ MARÍA TORROJA Y MIRET

SEÑORES ACADÉMICOS:

Es costumbre tradicional y sabia, por largo tiempo consagrada, la de que cuantos lleguen a este sitio, de altísimos honores y de hondos compromisos, comiencen su Discurso reglamentario agradeciendo vuestros votos y preguntándose a sí mismos qué hicieron para merecerlos.

Y he aquí que yo, el último de todos en orden a méritos, seré quizá el primero que falte a práctica tan arraigada.

No he de preguntarme por los merecimientos que en mí hayáis podido ver, porque me asegura mi conciencia que no tengo ninguno. Me habéis llamado a ocupar un puesto en esta Real Academia, no como galardón, sino como carga, para que a vuestro lado trabaje y de vosotros aprenda. No será mía la culpa, sino vuestra por entero, cuando mi voluntad y mi entusiasmo, que nunca han de faltáros, resulten insuficientes para suplir la carencia de todas las demás condiciones que serían indispensables para desempeñar medianamente las labores que gustéis encomendarme.

En cuanto al agradecimiento que he de expresaros por haber pensado en mí para ocupar un sillón que la muerte dejó vacante en vuestras filas, tampoco ha de parecerse al que uno a uno habéis ido ofrendando al subir a esta tribuna. Porque al llamaros a vosotros, la

Academia os rendía un homenaje personal: y en el caso presente, el homenaje no puede ir dedicado al que os dirige la palabra. Es un homenaje póstumo a la memoria de mi llorado padre (q. e. p. d.), cuya sombra quisisteis retener entre vosotros en la persona de uno de sus hijos.

Y si el hijo guarda desde hoy en lo más sagrado de su corazón un afecto inextinguible de reconocimiento hacia vosotros, no es sino como tal hijo, que así recibe el testimonio más palpable de la amistad con que siempre distinguisteis a aquel hombre bueno y sabio que compartió vuestras tareas durante un cuarto de siglo. Que no en vano, como recordaba yo hace poco en ocasión para mí solemne (1), uno de nuestros más ilustres escritores, al preguntarle cuáles eran sus mejores amigos, respondió acertadamente: «Mis hijos lo sabrán el día que yo muera.»

Aumenta mi natural turbación, al hacer más patente mi pequeñez, el hecho de haber sido yo elegido para ocupar el sitio que en esta Academia ocupó un hombre de tan sólida ciencia y cultura universal, de tan exquisito espíritu y galanura de forma, al hablar y al escribir, como el Excmo. Sr. D. Francisco de P. Arrillaga y Garro.

Y permitidme que os diga que habéis sido hartos injustos con vuestro ilustre compañero; quien durante quince años de Secretario general de esta Academia trazó con tan profundo espíritu crítico, autoridad indiscutible e irreprochable forma literaria las biografías de los que dejaban huecos entre vosotros para bajar al sepulcro, merecía en verdad más alto panegirista en esta hora que no puede para él llamarse de las alabanzas, porque ellas no hubieron de faltarle —y muy merecidas— desde su juventud.

Muy joven y con el número uno de su promoción, que durante todos los años de la carrera había conservado, obtuvo el título de Ingenie-

(1) Descubrimiento de la lápida que la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid dedicó a la memoria del que durante cuarenta años fué su Catedrático, Ilmo. Sr. D. Eduardo Torroja y Caballé (19 de Febrero de 1920).

ro de Montes, y en tanto aprecio lo tuvo durante toda su vida, que aun habiendo ocupado puestos socialmente más elevados, volvió periódicamente a prestar servicio en tan honroso Cuerpo, cuantas veces la falta de este requisito hubiera podido alejarle de él.

Fué su primer destino en el Distrito Forestal de su país natal, Navarra, y le dió ocasión de estudiar los hayales de Amezcoa y de trabajar en el plano del Pirineo, circunstancia esta última que le valió, años más tarde, ser nombrado Miembro de Honor del Club Alpino Francés.

Pasó a Segovia primero y luego a la Comisión del Mapa Forestal de España, estudiando para éste la provincia de Tarragona.

Estos servicios especiales, desempeñados con todo el interés que su juventud y su entusiasmo le inspiraban, no le impidieron ingresar en el Ateneo de Madrid y fundar con otros compañeros la *Revista Forestal Económica y Agrícola*, que con el título después de *Revista de Montes* sigue en la actualidad siendo el órgano de los ingenieros de esta especialidad. Y entre los trabajos de publicista técnico de esta época, descuella su interesante obra *Estudios Forestales del Reino de Prusia*, publicada en 1869.

Interrumpe por unos meses estos trabajos, para pasar a la Dirección General de Estadística; pero vuelve pronto a reanudar su anterior especialidad, y durante dos años explica en la Escuela de su Cuerpo las asignaturas de Ordenación y Valoración de Montes y de Minerología aplicada. Y su actividad insaciable, ayudada por sus vastos conocimientos lingüísticos, le permiten traducir del alemán, por esta época, el *Compendio de Valoración de Montes*, de Heyer, que se publica de Real orden, a propuesta de la Junta Superior del Cuerpo.

En 1872, el general Ibáñez, que ponía los cimientos del actual Instituto Geográfico y Estadístico, seleccionando, con el raro talento que caracteriza a los grandes organizadores, el personal superior que había de realizar una honda labor científica, comprendió la eficacisi-

ma ayuda que de Arrillaga podía obtener, y consiguió llevarle a su lado.

En este momento empieza la segunda época, más brillante aún que la primera, de la vida científica de mi ilustre antecesor. Comenzaba a destacarse su personalidad, y en ésta, la universalidad de aptitudes y conocimientos, que siempre fué, a mi modo de ver, una de sus características.

En 1873 es nombrado vocal de la Comisión encargada de redactar la *Ley de Aguas*, y asiste como Delegado del Ministerio de Fomento a la Exposición Universal de Viena; dos años más tarde vuelve a ostentar la representación de nuestro país en el Congreso y Exposición Internacional de Ciencias Geográficas celebrado en París, presidiendo varias sesiones de su Sección de Geografía Matemática, y tanto de éste como del anterior certamen publica interesantes informes, siendo honrado por el Gobierno francés con las palmas de Oficial de Instrucción pública.

La serie de labores que llevamos enumeradas y la categoría de las misiones que Arrillaga ha desempeñado hasta esta fecha, harían suponer en otro cualquiera una larga vida de méritos; él contaba sólo a la sazón veintinueve años.

En el siguiente lustro fué socio fundador y primer Secretario de la Real Sociedad Geográfica de Madrid, Correspondiente de la de Holanda, Comendador de Carlos III, Delegado extranjero en la Comisión de Geografía de Portugal, Vocal de la Comisión permanente de Pesas y Medidas, y encargado, en nuestro Instituto Geográfico, del Mapa Topográfico de España, del Censo de Población de 1877 y de los trabajos de Metrología de Precisión.

Lleva nuevamente la voz de España en el Congreso y Exposición de Ciencias Geográficas de Venecia, en 1881; toma parte activa en los trabajos para la división del territorio nacional en Zonas para Reclutamiento del Ejército, y es agraciado con cuatro condecoraciones más, nacionales y extranjeras: las de Isabel la

Católica, Mérito Militar, Mérito Naval y la italiana de San Mauricio y San Lázaro.

Trabaja intensamente en el Ateneo, donde ocupa importantes puestos, y, sin dejar los trabajos del Instituto Geográfico, es nombrado Profesor de Topografía y Geodesia en la Escuela Politécnica, cuya dirección desempeña interinamente.

En 7 de Noviembre de 1890, después de haberla desempeñado interinamente algún tiempo, ocupa en propiedad la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, en sustitución del general Ibáñez.

Estando al frente de este organismo oficial, con la autoridad que le daban sus trabajos como ingeniero del mismo, y una consideración y afecto de sus subalternos tan verdadera que llevó a los geodestas a proponerle como Geodesta honorario y número uno de su escalafón, honores en que fué confirmado por Real decreto, parece debía aspirar a seguir en aquel puesto como Director técnico.

Y, sin embargo, el cariño al Cuerpo de Montes que antes hicimos notar, hace que se decida, perdiendo honores y emolumentos, a pedir el reingreso en él, con la categoría de Ingeniero Jefe, desempeñando una Comisión extraordinaria de Recopilación de la Legislación de Montes.

Aunque él intente rehuirlos, los honores debidos a su creciente prestigio le persiguen, y en pocos años es nombrado Gran Cruz de Isabel la Católica, Miembro *honoris causa* del Instituto Estadístico de Londres, y Académico de Número de vuestra docta Corporación.

Como Delegado de España en la Asociación Geodésica Internacional, asiste a las reuniones de Florencia (1891), Bruselas (1892), Ginebra (1893), Insbruck (1894) y Berlín (1895). Al dejar la Dirección del Instituto, es elegido (1897) Miembro de la Comisión Permanente de aquella Asociación, por voto unánime de cuantos en ella figuraban en aquel tiempo, y desde tal fecha no deja de participar activamente en sus importantes tareas.

Una vez más representa a nuestra patria en la tercera Conferen-

cia del Instituto Internacional de Estadística, celebrada en Viena en 1891, y también es nombrado Miembro de éste, cargo que conservó hasta su muerte, y que sólo él poseía entre nuestros compatriotas.

Académico correspondiente de la de Ciencias y Artes de Barcelona en el mismo año, Gran Cruz del Tesoro Sagrado del Japón y Presidente de Honor del Congreso Geográfico Hispano-Portugués-Americano, Director general interino de Obras públicas en 1892 e individuo de la Comisión Permanente del Consejo de Instrucción pública.

En 1894 es nombrado vocal del Comité Internacional de Pesas y Medidas, asistiendo a sus reuniones en diferentes fechas, y dos años después, Comisario regio de la Escuela Central de Artes e Industrias, con la difícil misión de restablecer entre el Claustro de profesores la armonía perdida a consecuencia de la reorganización que en sus planes de estudio acababa de hacerse, dando entrada a las enseñanzas de orden técnico junto con las artísticas, que hasta entonces habían sido exclusivas. No era fácil su labor de encauzar las opuestas tendencias de arquitectos, ingenieros, doctores, escultores, pintores, grabadores y delineantes, y formar un plan orgánico que mantuviera a cada especialidad en sus justos límites; pero la vasta cultura de Arrillaga, sus dotes de mando, afables y enérgicas a la vez, y su alto prestigio, consiguieron darle tan feliz término, que cuando a los dos años de nombrado quiso cesar en el cargo por considerar terminada su gestión, el Claustro de los mismos profesores pidió unánimemente su continuación. No accedió Arrillaga, que durante la época de su mando había renunciado en favor del material de la Escuela la gratificación que como Comisario regio le correspondía; pero propuso a la Superioridad —y así se hizo— nombrar de nuevo en su lugar al mismo Director a quien él había ido a sustituir.

Hemos visto a D. Francisco de P. Arrillaga como ingeniero, como geodesta, como diplomático y como organizador; he aquí que del

conjunto de sus múltiples y diversas aptitudes, S. M. la Reina Regente sabe obtener un nuevo y difícil servicio: el de dirigir la enseñanza de SS. AA. RR. la Princesa de Asturias y la Infanta Doña María Teresa, y luego, el de ser Profesor de Historia Natural de S. M. el Rey (q. D. g.), premiando éste tales servicios con la llave de gentilhombre de Cámara con ejercicio.

En la memoria de todos vosotros están las circunstancias, extraordinariamente difíciles, en que el Gobierno llamado Nacional encargó a Arrillaga de la Dirección General de Correos y Telégrafos en 1918. Marcó este puesto, desempeñado con entereza y criterio que la edad no pudo aminorar, la última etapa de su vida oficial, tan larga y provechosa para la Ciencia y para España.

Y si no temiera abusar de vuestra paciencia, señores Académicos, con tan largo recuento de los méritos de mi ilustre antecesor, os hablaría de sus trabajos en la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, donde ocupó altos cargos, y de sus Congresos, en los que presidió varias veces su Sección de Aplicaciones, y en el reciente Congreso Nacional de Ingeniería, en el que figuró al frente de la Sección de Industrias Forestales.

Por igual motivo, no me extiendo en las alabanzas que merece su labor en la Asociación Internacional de Academias, primero, y luego en las gestiones delicadísimas —de que con tanto calor y tristeza me hablaba pocos días antes de morir— que realizó para adelantar algo el día de paz, ya que no de amor, entre las organizaciones científicas de los diversos países beligerantes y neutrales.

Conocéis estas cuestiones mejor que yo, puesto que él mismo os las había expuesto con todo género de datos y atinados juicios, y sólo por cumplir el mandato de vuestros Estatutos, he podido hablaros de los méritos de Arrillaga, que en tanta estima tuvisteis que durante quince años fué vuestro Secretario general, es decir, el hombre de confianza de todos.

Permitidme sólo que, como el último de sus admiradores y ami-

gos, desee a él la paz eterna, y a España muchos hijos que como él sepan honrarla y servirla.

Este rápido esbozo de la vida y los trabajos de Arrillaga que los azares de la suerte y vuestra extremada benevolencia me han dado ocasión de hacer, me lleva como de la mano a juntar a su recuerdo el de otros Académicos también ilustres que en el desfile de la muerte le precedieron y que con él pusieron los sólidos cimientos del Instituto Geográfico y Estadístico, y rápidamente lo elevaron hasta una altura admirada por propios y extraños. Me refiero, como habréis adivinado, a D. Carlos Ibáñez e Ibáñez de Ibero, luego Marqués de Mulhacén; D. Frutos Saavedra Meneses y D. Eduardo Monet Iruretagoyena.

Honró el primero durante treinta años la medalla núm. 20 de esta Academia, la misma que de él heredó mi padre en 1891. Por espacio de tiempo más breve, pero no con menos brillo, ostentó en su pecho el segundo la medalla núm. 34, que es la misma que después de acompañar otros seis lustros a mi antecesor, me habéis hecho la inmerecida honra de ofrecerme.

Y si D. Fernando Monet, el que más avanzada edad alcanzó de los tres camaradas, no llegó a sentarse entre vosotros, fué sin duda debido a su excesiva modestia, la característica más íntima de su modo de ser, que le llevó a renunciar al ascenso a general cuando a él le llevaron las inexorables leyes del escalafón, por verse de otro modo obligado a ocupar un puesto más elevado que el de geodesta práctico, de observador y calculador inimitable, para el que con encantadora ingenuidad me decía pocos meses antes de morir había nacido y vivido siempre. Al renunciar a las funciones de mando que por tan sobrados méritos le correspondían, se recluyó en su modesta casa, no a esperar inactivo el fin de sus días, sino a sustituir la labor geodésica, que tanto nombre debiera haberle dado, por el estudio y perfeccionamiento de curiosos aparatos, en cuya construcción empleaba la mayor parte de su pensión de retirado, y sobre uno de los

cuales, el *corógrafo*, tuvo la humildad de pedirme mi opinión, él, sabio insigne, a mí, pobre aficionado, como si por completo estuvieran entre nosotros trocados los papeles.

\* \* \*

Exige el Reglamento de esta Academia que sus Miembros, al entrar en ella, lean un trabajo de índole científica, dando así ocasión al culto público que los escucha de confirmar la justicia de la elección al saborear y aplaudir sabias disertaciones.

Dedicado desde hace quince años, primero en los escasos ratos que me dejaban libres los cursos de la Facultad de Ciencias y de la Escuela de Caminos, y luego, como trabajo preferente, al estudio teórico y práctico del LEVANTAMIENTO DE PLANOS TOPOGRÁFICOS POR MEDIO DE LA FOTOGRAFÍA, ordinaria primero y estereoscópica después, sólo de algo relacionado con estos asuntos podré hablaros en esta ocasión. Y como más interesante en estos momentos, por los rápidos progresos alcanzados durante los cuatro años de guerra europea y las fundadas esperanzas que en él pueden cifrarse, fijaré especialmente mi atención en la FOTOGRAMETRÍA AÉREA. Presenta este tema la ventaja, por otra parte, de no perder en la paz el interés que en la guerra tuvo.

Múltiples y diversos son los aspectos bajo los cuales puede considerarse la FOTOGRAMETRÍA O APLICACIÓN DE LA FOTOGRAFÍA A LA MEDIDA, y su caso particular, la FOTOTOPOGRAFÍA O TOPOGRAFÍA FOTOGRAFICA, y, en consecuencia con ellos, las ramas de la Ciencia que con fruto las utilizan.

Para el matemático, su teoría general será un interesante capítulo de la Geometría descriptiva, y no sólo ésta, sino toda la Geometría, tanto sintética como analítica, podrán servirle para la resolución de los problemas auxiliares que en su aplicación práctica se han ido presentando.

Para el ingeniero, la Fototopografía constituirá un método práctico de obtener planos topográficos con una rapidez, exactitud y economía superiores a las de todos los demás que le han precedido.

El artillero, para afinar sus punterías; el ingeniero militar, para seguir los trabajos de zapa del enemigo; el oficial de Estado Mayor, para sorprender sus movimientos; el astrónomo, para el descubrimiento de nuevos astros o estudio de los ya conocidos; el Banco de emisión, para descubrir las falsificaciones de sus billetes; el geólogo, para estudiar los movimientos de los glaciares, las erupciones de los volcanes y las formas características de los diferentes terrenos; el meteorólogo, el arqueólogo, el constructor, el criminalista y, en general, todo aquel que ha de verificar medidas de precisión, podrán hallar en la Fotogrametría un recurso de inestimable valor.

Y hasta el profano en toda disciplina científica podrá asomarse a los oculares del estéreo-autógrafo de Orel, síntesis y cumbre de los métodos que nos ocupan, y manejando con dos manubrios y un pedal el estilite que aparece sobre el terreno que por ellos divisa, construir de éste un plano perfecto con sus caminos y barrancos y hasta sus curvas de nivel.

Si en este punto cerramos la cadena cuyos eslabones vamos recorriendo y volvemos al cinemático, éste nos dirá que el aparato de Orel es una sorprendente máquina que construye en su forma más general la ecuación de tres variables, representativa del terreno que aparece en una fotografía estereoscópica.

Todo esto es la Fotogrametría.

\* \* \*

Los orígenes de esta fecunda rama de la técnica moderna pueden remontarse hasta el año 1759, en que vió la luz en Zurich el tratado de Perspectiva de J. H. Lambert, conteniendo las construcciones fun-

damentales que pueden servir para la obtención de un plano topográfico de un terreno del que se conoce una vista o perspectiva cónica.

La primera aplicación práctica de estos principios se debe al ingeniero hidrógrafo francés Beautemps Beaupré, el cual, en la expedición científica realizada por los años 1791 al 93 en las islas de Tasmania y Santa Cruz, obtuvo una serie de croquis de los panoramas más interesantes, y a su regreso a Francia dedujo de ellos algunos mapas aproximados, sin más que determinar cada uno de los puntos característicos del terreno por intersección de las dos visuales dirigidas a él desde dos estaciones en que aquellos croquis fueron tomados.

Este procedimiento exigía, para dar resultados satisfactorios, una gran exactitud en los dibujos que en el campo se hacían, y la dificultad de conseguirla fué, sin duda, motivo del poco desarrollo que adquirió.

Para salvar tal inconveniente, el entonces capitán de ingenieros del ejército francés, Aimé Laussedat, comenzó en 1850 a emplear la cámara clara de Wollaston, modificada por él para dar mayor fijeza al punto de vista. Y dos años después sustituyó este aparato por la cámara oscura, que permitía seguir con mayor finura los contornos y accidentes del terreno.

Con ella pudo efectuar el clásico levantamiento del plano del fuerte de Vincennes, que es el primer trabajo serio que se ha hecho en esta materia. Obtuvo Laussedat tres vistas, y los planos deducidos de cada dos de ellas, dibujados en papel transparente y colocados sobre otro plano obtenido con el mayor esmero por los métodos corrientes, coincidieron exactamente con él.

Pero el dibujo a mano de las perspectivas resultaba muy lento, y pensó obtenerlas por medio de la fotografía. A fines de 1851 obtuvo del ministerio de la Guerra autorización para adquirir una cámara fotográfica, y con ella siguió con éxito creciente sus experiencias,

dando de ellas cuenta, el 14 de Noviembre de 1859, a la Academia de Ciencias de París, y obteniendo de ésta un informe favorable.

Si nos hemos detenido algo en la enumeración de los antecedentes consignados, ha sido, en primer lugar, por mostraros claramente la evolución de lo que podemos llamar Fotogrametría embrionaria, y además, para haceros ver el estado exacto de la cuestión en el momento en que se desarrollaron hechos poco conocidos hasta ahora, pero que revisten notable interés para la historia científica de nuestra patria y, en especial, de esta Real Academia.

Era a la sazón Presidente de su Sección de Ciencias Exactas el Académico fundador D. Antonio Terrero y Díaz-Herrero, general de brigada y Director de estudios de la Escuela Especial de Estado Mayor del Ejército.

Hombre de vasta cultura, ex Profesor de la Academia de Artillería, primero, y luego de la citada, había trabado amistad personal con Laussedat, cuando éste vino, en Agosto de 1858, comisionado por el Gobierno francés, a estudiar los métodos y aparatos empleados en la medida de la base de Madridejos, por el general Ibáñez.

Conocía Terrero los trabajos de Laussedat y se interesaba grandemente por ellos, hasta el punto de proponer como tema para el concurso ordinario de premios de la Academia, correspondiente al año 1863, el de «Determinar los errores probables que resultan en los planos topográficos deducidos de dos perspectivas fotográficas, teniendo en cuenta todas las causas de error que pueden influir en su producción».

Esta Real Academia, al aceptar la propuesta del ilustre general, reconocía oficialmente la importancia y trascendencia de la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos, y con certero instinto iba a investigar el grado de exactitud de que era capaz, ya que la falta de ésta pudiera ser el punto débil por donde fallara todo el sistema.

Al concurso acudió el capitán Laussedat y obtuvo en él la única

recompensa concedida. Fué ésta la primera de carácter oficial otorgada a la Fotogrametría, y correspondió en parte no pequeña al plano del pueblecillo de Le Buc, que a la Memoria acompañaba como ejemplo de aplicación práctica. También fué este plano el primero obtenido fotográficamente: sus datos de campo (una base de 334,80 metros y ocho fotografías) fueron tomados en tres horas el día 4 de Mayo de 1861, ante la Comisión de ingenieros de la Guardia Imperial, nombrada por el ministerio de la Guerra para informar sobre ellos; los de gabinete se terminaron en tres o cuatro días. El original del plano y fotografías de este trabajo quedaron en los archivos de esta Academia, hasta que fueron remitidos a su autor para reproducirlos en la última obra que éste publicó. Desgraciadamente, no han sido devueltos hasta la fecha.

Pero no fué ésta la única, ni aun la principal intervención del general Terrero, en los primeros tiempos de la Fotogrametría.

Desde 1833 hasta 1837 explicó en la Academia de Artillería varias materias, especialmente la Geometría descriptiva, cuya enseñanza introdujo en el Ejército, y en 1838 pasó a la Escuela de Estado Mayor, en la que estuvo encargado de la asignatura de Astronomía y Geodesia, hasta su promoción a jefe de Estudios en 1852, en sustitución del general Monteverde.

Interesado vivamente por los asuntos fotogramétricos, y especialmente preparado para estudiarlos desde el punto de vista geométrico, natural era que pensara en hacerlo. Fruto de sus trabajos fué un artículo titulado «Fototopografía, es decir, Aplicaciones de la Fotografía al Levantamiento de Planos topográficos», que ocupa 15 páginas en la Revista titulada *La Asamblea del Ejército y la Armada*. Revista de Ciencia, Arte e Historia Militar. Año V, 2.<sup>a</sup> época, tercer tomo, año 1862, págs. 31 a 46.

Aunque firmado solamente con sus iniciales, acusa la personalidad de su autor y tiene la importancia histórica de ser el primer estudio teórico de la Fotogrametría, y haberse publicado veintiún años

antes que los trabajos del Profesor de la Escuela Politécnica de Charlotenburg, Dr. Guido Hauck, hoy considerados como fundamentales, en el *Journal de Crelle*.

En particular, el teorema llamado universalmente de Hauck, fundamental para la «identificación de puntos» en la Fotogrametría de Laussedat, fué enunciado y demostrado veintiún años antes por nuestro ilustre compañero.

Aun sin tratarse de un invento de primer orden, no estamos tan sobrados de figuras preeminentes en el campo de la Ciencia, que resulte sin interés para esta ilustre Corporación y para los Cuerpos de Artillería y Estado Mayor la reivindicación de los méritos y la memoria, menos conocidos de lo que debieran, del general Terrero y de sus trabajos citados.

\* \* \*

Cumplido este deber de justicia, entraré de lleno, contando siempre con vuestra benevolencia, en el rápido esbozo que me propongo hacer del fundamento geométrico de la Fotogrametría.

Para que la exposición resulte más clara y ordenada, la dividiremos en tres partes:

- I. Fotogrametría ordinaria o Método de intersecciones.
- II. — estereoscópica o Método de las paralajes.
- III. — aérea.

El Método de intersecciones es, como su propio nombre lo indica, el que determina cada punto por intersección de los rayos que le proyectan desde las dos estaciones fotográficas o centros de proyección.

Ya vimos en las breves notas históricas precedentes que estas proyecciones podían obtenerse a simple vista (Beautemps Beaupré) con la cámara clara de Wollaston, con la obscura, o automáticamente con la fotográfica (Laussedat).

En cualquiera de estos casos —que sólo difieren unos de otros en la exactitud y en la rapidez de su obtención— el procedimiento es el mismo.

Desde dos puntos convenientemente elegidos en el campo, de modo que dominen la zona de terreno que se quiere representar, se obtienen dos perspectivas o vistas de ésta y se miden los datos necesarios para conocer la posición relativa de los dos centros y los dos planos de proyección respectivos.

Esto equivale a la representación diédrica más general de una figura en el espacio, por dos proyecciones de la misma, obtenidas desde dos puntos cualesquiera sobre dos planos, también arbitrariamente elegidos (aunque en la práctica, y para simplificar las construcciones, suelen éstos ser verticales).

La figura que se representa —en general, el terreno— viene determinada como resultado de una correspondencia entre dos radiaciones, cada una de las cuales se halla definida por su vértice y una sección plana.

Si estos vértices son, como caso particular, las direcciones perpendiculares a los planos de proyección respectivos, y éstos, a su vez, son perpendiculares entre sí, el sistema general diédrico que acabamos de definir se convertirá en el sistema de representación de Monge.

Ninguna dificultad presentan, después de lo dicho, ni la representación del punto y de la recta por sus respectivas proyecciones, ni la del plano por sus trazas sobre los dos de referencia.

Tampoco lo presenta el problema de cambio de planos, que puede enunciarse de este modo:

«Dadas las proyecciones de una figura desde dos puntos dados sobre dos planos igualmente conocidos, determinar la proyección de la misma desde un tercer punto sobre un tercer plano.»

Fácil es ver que el haz de los planos que pasan por los dos centros de proyección y por cada uno de los puntos de la figura que se

quiere representar, corta a los dos planos de proyección según dos haces de rectas que son perspectivas y cuyo eje perspectivo es la recta de intersección de estos planos, y sus vértices las trazas de éstos con la recta de unión de los dos centros.

Es decir, que si determinamos en cada una de las dos fotografías o perspectivas la recta de intersección de su plano con el de la otra, y la imagen en ella del vértice de proyección o estación en que la otra se obtuvo, estas dos imágenes serán vértices de dos haces en que dos rayos homólogos (los proyectantes de las imágenes de un mismo punto del terreno) se cortarán en puntos del eje perspectivo o recta de intersección de los planos de las dos vistas.

Según esto, dada la imagen de un punto en una de las fotografías, tendremos en la otra una recta sobre la que habrá de estar la imagen que en ella tenga el mismo punto. Esta propiedad puede servirnos para resolver las dudas que existan en la «identificación de las imágenes de un mismo punto del terreno sobre las dos fotografías», base para determinar la posición del punto en el espacio.

Tal es la propiedad que lleva el nombre de «Teorema de Hauck», aunque, como antes vimos, debiera, en justicia, llamarse «Teorema de Terrero».

Volviendo al problema del cambio de planos, tal como hace unos instantes quedó enunciado, veremos que si las dos proyecciones conocidas son dos fotografías, y la que se busca una proyección ortogonal sobre un plano horizontal, ésta no será otra cosa que el plano topográfico deducido de aquéllas.

Esta es la Fotogrametría ordinaria o Método de intersecciones, aplicado por Laussedat y estudiado teóricamente por Terrero y Hauck.

Observemos la diferencia notable que de lo dicho se deduce entre la determinación del punto y de la recta.

Las tres proyecciones de un punto en el espacio desde tres centros y sobre tres planos de proyección cualesquiera tienen entre sí

una relación trivalente o de triple enlace, como puede verse observando que, dada arbitrariamente una proyección, la segunda viene ya sujeta a una condición (la de estar sobre una recta determinada), y la tercera queda ya completamente definida, lo cual exige otras dos condiciones. Las proyecciones de una recta, en cambio, están sujetas a dos condiciones solamente, y éstas determinan la tercera, dadas arbitrariamente las otras dos; la relación es aquí bivalente o de doble enlace.

Esto procede de que en el plano, tanto el punto como la recta dependen en su posición de dos parámetros, y en el espacio, el punto depende de tres y la recta de cuatro. Por eso hay un grado más de libertad en la determinación de la recta por sus proyecciones que en la del punto.

Las construcciones arriba esbozadas permiten resolver el cambio de planos, problema fundamental de la Fotogrametría ordinaria, por medio de construcciones efectuadas en los tres planos de proyección. Puede hacerse lo mismo, con mayor sencillez, operando sobre un solo plano. Basta para ello, abatir los planos de las dos fotografías sobre el del topográfico que se va a obtener, y aplicar a este caso particular el teorema de Mc. Laurin-Braikenridge.

Y simplificando aún más, puede construirse un sencillo aparato, publicado en un trabajo nuestro que vió la luz el año 1907 en la Revista de esta Real Academia, mediante el cual, sin más que recorrer con dos estiletos las imágenes de una línea del terreno en dos fotografías, un lápiz dibuja automáticamente la planta o proyección horizontal de la misma en el plano topográfico.

Aunque de especial interés y ninguna dificultad, se saldría de los estrechos límites de este Discurso el estudio detenido de la «relación trivalente trilineal» que existe entre las tres proyecciones de una figura de tercera categoría, y el modo general cómo, dados los puntos conjugados de dos planos, podemos determinar el del tercer plano que forma terna con ellos; la imposibilidad de obtener este resul-

tado para los puntos de los ejes singulares de las tres figuras planas y los procedimientos especiales que nos permiten llenar esta laguna.

Y otro tanto puede decirse de los interesantes y curiosos problemas de «determinación de los puntos principales de cada proyección o fotografía», o sea de la imagen sobre ella del centro de proyección de la otra, en función de las imágenes de un cierto número de puntos en las vistas, resuelto en su caso más general, analíticamente, por Hesse, y, geoméricamente, por Sturm.

Hemos estudiado anteriormente las relaciones que ligan las tres proyecciones de una figura en el espacio, obtenidas desde tres centros sobre tres planos, suponiendo que tanto estos planos como aquellos centros se hallaban en la oposición en que se obtuvieron aquellas proyecciones. Pero puede presentarse el caso de tener sólo dos o más de estas proyecciones o fotografías de un objeto con cierto número de datos complementarios, y proponernos el problema de deducir de ellas la forma y dimensiones de éste.

El profesor Finsterwalder ha condensado los resultados de sus investigaciones sobre estos problemas de la orientación de las fotografías en el teorema siguiente, en cuya demostración no podemos entrar.

*Dos fotografías y cinco medidas (es decir, cinco dimensiones del objeto), o tres fotografías y tres medidas, o cuatro fotografías y una medida, determinan el objeto de una manera unívoca.*

Cuestiones son todas éstas de interés puramente especulativo, pero de las que para nada necesita la práctica de los métodos fotogramétricos, atendida sólo a sencillos casos particulares.

Es, entre ellos, el fundamental de la Fotogrametría aérea el de hallar en el espacio la posición del punto de vista y del plano de la imagen fotográfica obtenida desde él.

En el terreno de la Geometría, podría enunciarse en la forma siguiente: «Determinar el vértice de una radiación que tenga como sec-

ción plana una figura dada y cada uno de cuyos rayos pase por un punto de posición fija, sabiendo, además, que aquella sección se ha obtenido proyectando estos mismos puntos desde un centro desconocido.» Esta última condición es necesaria, pues sin ella el problema sería, en general, imposible.

Pasaremos por alto el estudio de los problemas de Steiner y de Dolezal y otros análogos —aunque más generales— que nosotros hemos resuelto, así como la discusión del problema general; notaremos sólo que el conocimiento del centro y plano de proyección buscados exige seis condiciones para determinar las tres coordenadas de aquel y los tres coeficientes de la ecuación de éste. O lo que es igual, las nueve coordenadas de tres puntos de la fotografía, que se reducen a seis incógnitas por conocerse en ésta las tres distancias que separan cada dos de aquéllos.

Numerosos son los casos de aplicación práctica a que antes hicimos referencia, según se conozcan o no datos especiales, como la distancia focal de la cámara fotográfica, ángulo de inclinación de la placa respecto de la vertical, centro de la misma, haces de rectas paralelas que en ella se observan, dirección de una recta de horizonte, etcétera, etc.

Con la enunciación escueta de algunos de estos problemas, única que cabe en los estrechos límites del presente trabajo, terminaremos este rápido estudio del problema de la orientación de las vistas, de gran importancia en la Fotogrametría aérea, más complicada que la terrestre por la imposibilidad en que aquélla se encuentra de hacer en su móvil elemento las observaciones precisas que son fáciles en tierra firme.

\* \* \*

El interés y aprecio con que en España y Francia fueron seguidos los primeros pasos de los trabajos de Laussedat no duraron mucho. En nuestra patria, muerto Terrero, en 1878, transcurrió un cuarto de

siglo sin que apenas se viera trabajo ni publicación alguna referente a estos asuntos. En Francia, el mismo Laussedat tuvo que luchar penosamente para que el Estado le facilitara algunos recursos, con que perfeccionar y aplicar su sistema y sus aparatos; al estallar la guerra francoprusiana de 1870 acababan de suprimirle toda subvención, «por razón de economía». ¡Y bien caro hubo de pagar este ahorro la imprevisión de tal medida! Sólo en las últimas semanas del sitio de París, Laussedat, que se hallaba en su interior, consiguió el restablecimiento de su servicio para efectuar reconocimientos y levantamientos de las posiciones del sitiador; pero la firma del armisticio le sorprendió sin haber podido dar comienzo a este trabajo, ocupado como estaba en otros asuntos. Formó luego parte de la Comisión mixta para delimitación de las fronteras de los territorios de Alsacia y Lorena, y ¡cuál no sería su asombro cuando al ser presentado al general von Strantz, presidente de la Comisión prusiana, éste le felicitó calurosamente por sus trabajos y métodos, que habían prestado brillantes servicios al Ejército alemán en toda la campaña y especialmente en los sitios de Estrasburgo y del mismo París!

A partir de este momento, siguió Alemania perfeccionando su servicio fotogramétrico militar y aplicándolo con éxito creciente, no sólo a los trabajos militares, sino a los geográficos de montaña en el territorio nacional y de sus colonias, siendo dignos de especial mención los estudios que sobre la parte teórica de la Fotogrametría han realizado numerosos investigadores, entre ellos el profesor de la Escuela Politécnica de Munich, Sebastián Finsterwalder, quien, en colaboración con varios alumnos que dedicaron a ello su Memoria doctoral, ha hecho detenidos estudios sobre varios problemas interesantes que en aquélla se presentan.

No quedó Austria rezagada en este camino, y buena prueba de ello son los interesantísimos levantamientos hechos, a partir de 1890, por el Instituto Geográfico Militar de Viena, bajo la dirección del ge-

neral von Hübl, y las publicaciones, del más alto interés científico, de los profesores Schiffner, Schell, Steiner y Dolezal.

Digna de especial mención es la Sociedad Internacional de Fotogrametría, fundada en Viena el año 1908, bajo la dirección del rector de la Escuela Politécnica de esta ciudad, profesor Eduardo Dolezal, uno de los más ilustres propagadores de este género de estudios. Constituida por hombres de ciencia, ingenieros, aviadores y cuantas personas se interesan por las aplicaciones de la fotografía a la medida, pudo reunir en su revista *Archivos Internacionales de Fotogrametría* cuanto de interesante en su especialidad se hacía en los diferentes países, hasta el año 1914, en que, con motivo de la guerra europea, suspendió aquélla su publicación.

En Italia, Porro publicó en 1855 un interesante trabajo sobre la «Aplicación de la Fotografía a la Geodesia» y veintitrés años después comenzó a ocuparse seriamente en el asunto el Instituto Geográfico Militar de este país, primero bajo la dirección del general Anibal Ferrero, y, después, del ingeniero Pio Paganini, habiéndose levantado en campañas sucesivas el plano de una gran extensión de la zona de los Alpes.

En el Observatorio Meteorológico de Upsala (Suecia), se empleaba ya en 1877 el método fotogramétrico para determinar la altura de las nubes y corrientes de aire; y en 1882, el profesor G. de Geer obtuvo por este mismo método el plano de varios glaciares de Spitzberg.

En Suiza se aplicó la fotografía al mapa nacional desde el año 1889, y con ella hizo Simón el notabilísimo plano de la Jungfrau, sobre el que estudió el ferrocarril que hoy conduce a su cumbre.

Los métodos de Laussedat se han aplicado en gran escala en América del Norte, sobre todo en 1899, para determinar los límites del Canadá con el territorio de Alaska, que Rusia acababa de ceder a la República norteamericana. Estos trabajos fueron dirigidos por el capitán C. Deville, hoy director del Instituto Geográfico del Canadá, quien antes y después, en diferentes campañas, levantó, fotográfica-

mente, el mapa de las montañas Rocosas, venciendo de este modo inconvenientes de clima y aislamiento que imposibilitaban en absoluto el empleo de los métodos corrientes.

Y también se han efectuado trabajos interesantes con el método de intersecciones, en diversas fechas, en Rusia, bajo la dirección del ingeniero de caminos Thielé; en Nueva Zelanda, por Heimbrod; en la India, con el fototeodolito inglés de Bridges-Lee; sin olvidar el plano del Mont Blanc, hecho por los hermanos Vallot, única aplicación de la Fotogrametría que puede señalarse como de alguna importancia en su país de origen.

Bastan los datos consignados en las anteriores páginas para dar idea del desarrollo que alcanzó la aplicación de la fotografía al levantamiento de planos o método de intersecciones.

Las ventajas de éste sobre los anteriormente empleados son evidentes en caso de alta montaña, como muchos de los que hemos ido enumerando, en que hay verdadero interés en abreviar la duración de las operaciones de campo, por un lado, y por otro, la intrincada constitución que suele tener el relieve de estos terrenos da un valor inestimable a los croquis perfectos que proporcionan las placas, que son la única garantía de la exactitud de la representación que queremos obtener.

\* \* \*

En las anteriores páginas hicimos notar la extraordinaria rapidez con que la topografía utilizó como auxiliar a la *fotografía*, apenas comenzó ésta a constituir una realidad. Y he aquí que, contrastando con tal presteza, dejó transcurrir siglos enteros sin pensar en la posibilidad de hacer otro tanto con la *estereoscopia*, que no es en el fondo sino la visión binocular, natural en el hombre.

Sabe éste, desde que comienza a darse cuenta de sí mismo, que puede, con ayuda de la vista, distinguir los diferentes términos en que están repartidos los objetos que le rodean; e instintivamente efectúa

la medición de las distancias relativas de las desigualdades del terreno sobre que camina y sabe el impulso que ha de dar a una piedra, por ejemplo, para hacerla llegar a un punto determinado.

Como la percepción del relieve, base de la medición estereoscópica de las distancias, tiene para la vista normal del hombre un límite que la práctica enseña oscila alrededor de los 450 metros, más allá del cual todos los objetos aparecen como situados en un mismo plano de frente, para salvarlo ideó los gemelos de campo y pudo con ellos ver el relieve a muchos kilómetros de distancia.

Y, sin embargo, parecía haber una imposibilidad para la medición del relieve observado; se sabía qué estaba delante y qué detrás; pero no se pensaba poder medir cuánto, es decir, la distancia relativa entre dos puntos. Faltaba la escala que poder manejar en el campo para por medio de ella poder saber la distancia a que de nosotros se encontraban los puntos que por la visión estereoscópica viéramos coincidir con sus distintas divisiones.

Un ingeniero alemán, Héctor Groussilliers, fué quien ideó el modo práctico de construir esta escala; lo comunicó en 1893 a la casa Carlos Zeiss, de Jena, para aplicarle al tele-estereoscopio de Helmholtz, y para lograr tal resultado se valió de la misma estereoscopia a que ha de aplicarse.

Imaginemos una regla de un kilómetro de longitud, dividida y numerada. Hagámosla girar alrededor de su origen, que situaremos fijo en un punto de estación. Para saber la distancia a que de éste se halla uno cualquiera del terreno, bastaría mover aquélla convenientemente para que se apoye sobre él, y leer el número escrito en la división con que este punto del terreno coincide. Esta regla material es irrealizable, pero puede sustituirse por su imagen en relieve, obtenida marcando en el plano focal de cada uno de los dos sistemas ópticos de los gemelos, su correspondiente imagen fotográfica; estas dos imágenes darán, al ser observadas simultáneamente, la misma apariencia que la regla real, y los movimientos de la escala virtual

que de tal modo hemos construído se darán sin más que mover los gemelos.

Esta es la base de los telémetros estereoscópicos de Zeiss, proyectados por su colaborador técnico, el Dr. Carlos Pulfrich.

Y aquí notaremos una circunstancia curiosa que nos recuerda al gran compositor alemán escribiendo partituras sublimes que no pudo oír jamás. El Dr. Pulfrich, uno de los hombres que más han estudiado y hecho progresar la estereoscopia, carece de visión estereoscópica, porque, a consecuencia de un accidente, perdió uno de sus ojos.

Los gemelos estereoscópicos podrían emplearse en lugar de la disposición estadimétrica de los aparatos topográficos, con la ventaja de suprimir el empleo de las miras y de dar la distancia por una simple lectura. Dificultades de orden práctico han impedido que esta solución se generalizase, mereciendo, no obstante, especial mención entre los aparatos ideados para realizarla el *corógrafo* proyectado por el coronel Monet.

La estereoscopia ha vencido la parte más difícil del problema de la topografía, y, sin embargo, no se atreve a resolverlo por completo por sí sola.

\* \* \*

Viniendo en el método de Laussedat determinado cada punto por intersección de sus dos rayos proyectantes, es preciso para que no resulten errores inadmisibles que estos rayos se corten bajo un ángulo suficientemente grande. Ello obliga, al tratarse de zonas cada vez más distantes del emplazamiento de las dos fotografías, a separar proporcionalmente una de otra, es decir, a aumentar la base fotográfica.

Pero este aumento no puede hacerse sin tropezar con dos inconvenientes graves; en primer lugar, al ir aumentando los ángulos bajo los cuales se ven desde los extremos de esta base, las zonas distantes, se pierden las próximas, que dejan de aparecer en las placas, y

en segundo, el aspecto del terreno en las dos fotografías va siendo cada vez más diferente, y más difícil la indentificación de las dos imágenes de un mismo punto.

Esta circunstancia impide que el alcance y rendimiento de la Fotogrametría ordinaria puedan franquear cierto límite; la práctica ha demostrado que no suele pasar aquél de cinco o seis kilómetros, y éste de tres o cuatro kilómetros cuadrados en la escala de 1/25.000, corriente en los trabajos geográficos.

Pero la estereoscopia, que, como acabamos de ver, no pudo constituir por sí sola un método topográfico completo, sirvió en cambio para prestar a la Fotogrametría ordinaria una superior ayuda, y, juntas las dos, constituyen hoy día la Fotogrametría estereoscópica, reuniendo las ventajas de una y otra y salvando casi todos sus inconvenientes.

\* \* \*

El fundamento de este nuevo método consiste precisamente en sustituir aquella intersección gráfica por la coincidencia óptica de un estilete que aparece en el plano focal de un estereoscopio, con cada uno de los puntos del terreno que en éste se contempla.

Para aumentar la base estereoscópica —y por tanto el alcance del relieve— de las fotografías, no se obtienen éstas con veráscopos corrientes, sino con una misma cámara (llamada fototeodolito o fototaquímetro), colocada sucesivamente en dos posiciones que pueden estar separadas cuanto se quiera una de otra y provista de disposiciones especiales para asegurar el paralelismo de la placa en uno y otro extremo de la base. Claro que los resultados que así se obtengan serán idénticos a los que produciría un veráscopo gigante cuya base fuera de decenas o centenares de metros. En esta forma puede llegarse a unos 15 kilómetros de alcance, empleando en cada caso una base cuya longitud sea, aproximadamente, el 4 por 100 de la distancia media de la zona que se quiere representar.

Colocadas las dos placas que forman un conjunto estereoscópico en un aparato llamado estereocomparador, proyectado por el doctor Pulfrich y construido por la casa Zeiss, se observan por un microscopio binocular, cuyo retículo consiste en un estilete fijo, que, mediante movimientos apropiados de los soportes de aquéllas, puede llevarse a coincidencia con cada uno de los puntos del terreno.

En el instante en que esta coincidencia óptica se verifica, en tres escalas que lleva el aparato se leen tres números, que son, respectivamente, la abscisa de la imagen del punto en la placa de la izquierda, la ordenada de la misma imagen y la paralaje del punto, o sea la diferencia entre las abscisas de sus imágenes en las dos placas, refiriéndose siempre estas coordenadas a los ejes de cada placa.

Fácil es ver que de estos tres datos, variables de uno a otro punto, y de la distancia focal del objetivo y longitud de la base, constantes para todos los de un mismo par de placas, se deducen, mediante cuartas proporcionales, las tres coordenadas de los puntos del terreno, pudiendo, por tanto, construir un plano de éste.

Como las medidas de las placas efectuadas en las escalas del estereocomparador son de una exactitud grande (0,01 y 0,005 de milímetro), la precisión del método depende exclusivamente de la agudeza visual estereoscópica o facultad de apreciar la coincidencia óptica del estilete con el terreno.

La práctica demuestra que un mediano operador, después de cierta práctica, efectúa esa coincidencia con exactitud comparable a la de aquellos límites de error.

El cálculo de las cuartas proporcionales que acabamos de decir son precisas para deducir las coordenadas de los puntos del terreno de los datos leídos en el estereocomparador, si bien es sencillo para cada uno, resulta penoso por su repetición continuada para cientos y miles de ellos.

Para evitar estos cálculos, el Dr. Pulfrich ideó el *tablero* de su nombre, en el que se sustituyen por sencillas construcciones, con excelente criterio sistematizadas. Realizadas éstas, tenemos ya las proyecciones y las cotas de los diferentes puntos, y podremos entre ellos interpolar las curvas de nivel como en los métodos topográficos corrientes.

Hemos supuesto hasta ahora que las dos semi-vistas que constituyen la estereoscópica se hallaban en un mismo plano. Pero frecuentemente conviene abarcar zonas que no se dominan desde ninguna ladera perpendicular a su dirección general, como convendría para el establecimiento de la base estereoscópica, sino sólo desde otra oblicua a ella. Esto puede hacerse igualmente mediante vistas cuyas dos mitades se hallen en planos paralelos entre sí, pero no a la dirección de la base, constituyendo lo que se conoce con el nombre de par oblicuo de placas.

Las fórmulas que de este género de vistas deducen las coordenadas de los puntos del terreno son más complicadas que las anteriores y su construcción gráfica, mediante un tablero especial que el doctor Pulfrich ha ideado para este caso, es lenta y poco exacta. Para sustituirle, vuestro Académico corresponsal, D. Antonio Torroja, Ingeniero de Minas y Catedrático de la Universidad de Barcelona, ha ideado un nuevo aparato, el estereógrafo, que resuelve a la vez este caso, y el caso anterior, de placas normales.

\* \* \*

Aunque el empleo combinado del estereocomparador para efectuar mediciones en las placas, y el tablero Pulfrich o el estereógrafo para deducir de estas mediciones las coordenadas de los puntos, puede resolver, como hemos visto, el problema de la construcción de planos, no cabe duda que sería del más alto interés hallar un aparato que realizara automáticamente estos cálculos, sin necesidad de inter-

vención continua del operador para cada punto: algo así como una *máquina algébrica fotogramétrica*.

Por otra parte, la circunstancia de que a cada punto del terreno fotografiado corresponda una sola posición de los órganos del estereocomparador, cuando se hace coincidir el índice de éste con la imagen de aquél en el relieve aparente que el aparato produce, hizo pensar al entonces teniente del Ejército austriaco, caballero Eduardo de Orel, encargado especialmente del servicio fotogramétrico en el Instituto Geográfico Militar de Viena, en la posibilidad de construir un aparato que, guiado por el estereocomparador, dibujara automáticamente el plano topográfico.

El primer modelo del aparato que Orel proyectó con este objeto, y que lleva el nombre de estereoautógrafo, se terminó el año 1909, y a sus primeras pruebas tuvo la satisfacción de concurrir en Viena en la citada fecha, compartiendo con su inventor temores pronto desvanecidos y esperanzas siempre colmadas. No sólo da directa y automáticamente la situación y cota de cada punto, con el cual se lleva a coincidencia el índice del estereocomparador, sino que, obligando a permanecer fijo el punto de encuentro de una varilla con la escala en que se van leyendo los diferentes valores de la altura de los puntos, ésta permanecerá constante, y todos los puntos del terreno con que el índice puede llegar a coincidencia serán, por este enlace, de una curva de nivel. Es decir, que si manejamos las tres manivelas del estereocomparador de modo que el estilete se mueva, estando constantemente en contacto con el terreno, los puntos de éste que habrá ido recorriendo, y que el trazador dibujará entretanto, son los de una curva de nivel.

Bastará colocar fijo en otro punto de la escala de alturas el punto de lectura de éstas, y repetir la operación del estilete, para obtener otra curva de nivel, marcada de un modo continuo y automático por el trazador del estereoautógrafo.

Limitábase el modelo descrito, como el primer tablero de Pulfrich,

a resolver el problema en el caso de placas normales. Y, como antes, el interés del de las oblicuas no podía ser olvidado. Orel lo sabía, y ayudado por la casa Zeiss, que construyó uno y otro, modificó su aparato para abarcar este caso, y lo consiguió con el modelo 1911. A la mayor complicación de las fórmulas de las placas oblicuas corresponde inevitablemente un aumento correlativo en la del aparato que ha de resolverlas; pero, en cambio, la precisión en éste es mayor, llegando a hacer el trazado de las curvas con error menor de un quinto de milímetro.

Actualmente se está terminando el cuarto modelo del estereoautógrafo, que llevará la fecha del corriente año y abarcará, además de los dos anteriores, el caso de placas no verticales, de especial interés para la Estereofotogrametría aérea, en que, seguidamente, nos ocuparemos. Como dato curioso, que revela la extraordinaria precisión del aparato, diremos que las articulaciones de este modelo son todas de bolas de acero especialmente fabricadas para este objeto, garantizando el ajuste de dos milésimas de milímetro.

Orel ha llegado, pues, con su aparato, a hacer posible, en condiciones extraordinarias de exactitud, el trazado automático de curvas de nivel de un terreno, deducido de dos fotografías de éste, verticales u oblicuas, paralelas o convergentes, siempre que el ángulo que sus planos formen no exceda de 30 grados.

Constituye el estereoautógrafo un formidable avance del automatismo en los dominios, para él vedados hasta ahora, de la topografía; un paso más en la sustitución del hombre por la máquina; y nada de extraño tiene que, como los problemas que el topógrafo ha de realizar son complejos, compleja sea también la máquina que los resuelve.

No se trata de un peldaño más en la evolución racional de los métodos fotogramétricos; no es sólo un avance en rapidez, exactitud y economía; no se limita a hacer factibles trabajos que antes no lo fueran: el estereoautógrafo representa algo más fundamental en la

historia del levantamiento de planos. La estadia logró dar las distancias sin necesidad de que el topógrafo las recorriera y midiera trozo a trozo; el inventado por Orel es el primer aparato que permite trazar líneas del terreno sin determinarlas punto por punto, reproduciendo con exactitud las verdaderas formas del terreno.

Imposible sería la enumeración de los trabajos realizados con el método de las paralajes, que debe su nombre a la analogía que presenta con el que desde antiguo emplean los astrónomos para determinar las distancias a que de nosotros se hallan algunos astros, en función de la paralaje angular de éstos, que en el fondo es lo mismo que la paralaje lineal medida en el estereocomparador.

Los Institutos Geográficos de Viena, Berlín, Florencia y Río de Janeiro disponen de estereoautógrafos, y casi todos los centros similares de los restantes países, de estereocomparadores Pulfrich. Además, existen varias Sociedades nacionales, federadas bajo la dirección de Orel, para aplicar el aparato de éste a trabajos topográficos de diversa índole, tanto en escalas pequeñas o geográficas, como grandes o técnicas, y el importe total de los trabajos realizados asciende ya a muchos millones, siendo indudable que la normalización gradual de las relaciones entre los diversos países favorecerá la rápida difusión de estos métodos y aparatos, tan útiles para el progreso general de las naciones.

\* \* \*

El pintor que quiere reproducir un paisaje sobre un plano vertical se coloca respecto del lienzo en la misma posición que tomará el observador que más tarde ha de admirarle. La ejecución de la obra ha de hacerse lógicamente desde el mismo punto de vista que su examen.

Los mapas topográficos son la proyección del terreno sobre un plano horizontal desde un punto infinitamente lejano sobre él. Natu-

ral parece que el topógrafo, por no ser menos racional que el pintor, ejecute su trabajo desde un punto que sea, al menos, elevado sobre el suelo: desde un aeronaue.

Y así se ha hecho, con éxito creciente, desde el principio de la navegación aérea.

Pero durante muchos años, las fotografías aéreas no eran documentos que bastaran para obtener directamente planos topográficos, sino croquis más o menos perfectos que ayudaban a los formados por los métodos corrientes. Hoy comienza a revestir la Fotogrametría aérea los caracteres de exactitud y seguridad que la pueden hacer figurar dignamente al lado de la terrestre.

Como ésta, la Fotogrametría aérea nació en Francia. En 1858 obtuvo Nadar, desde la barquilla de un globo cautivo, la primera fotografía aérea de que se tiene noticia, y que comprendía la parte de París entre el Arco de Triunfo de la Estrella y Neuilly. Tantas esperanzas hizo concebir a su autor, que éste llegó a anunciar que, por el mismo procedimiento, se haría en poco tiempo un mapa de Francia más completo y exacto que el del Estado Mayor y hasta que el del Catastro:

Al cabo de sesenta años, la Fotogrametría aérea no ha podido llegar a realizar esta profecía, a pesar de sus innegables progresos, logrados en su mayor parte durante el último lustro. No podemos negar, sin embargo, que algún día sea capaz de hacerlo.

Su primera aplicación práctica, que tuvo lugar en Norteamérica, se remonta al año 1862, en que los unionistas, en la guerra de Secesión, obtuvieron desde globos cautivos vistas del campo enemigo y referencias continuas de sus movimientos, sirviéndose de estos datos para sus combinaciones estratégicas.

Con carácter más científico se organizó en el Ejército japonés el servicio fotográfico aéreo, y se empleó con éxito en su guerra contra Rusia en 1904. Esta nación, que también tenía material adecuado para tal servicio, quiso enviarlo al frente de combate, al ver que lo

empleaba su enemigo; pero cuando llegaron las brigadas encargadas de él, la campaña había terminado.

Casi por la misma fecha abrió el Aéreo-Club de Francia el primer concurso de fotografía aérea, en globos y cometas, y cinco años después (1909) aparecían las primeras fotografías obtenidas desde aeroplanos; y la Sección Laussedat, de la «Sociedad Francesa de Fotografía», organizaba otro concurso de métodos y aparatos automáticos de fotografía aérea, recomendando la inscripción automática sobre las placas, de los datos necesarios para su orientación (altitud, ángulos de inclinación del eje óptico del objetivo y de la recta de horizonte de la placa, etc.).

La Exposición Internacional de Fotografía celebrada en Dresde en 1909, fué el primer certamen en que la fotografía aérea hizo brillante acto de presencia, y a partir de esta fecha el ministerio de la Guerra alemán, el austrohúngaro y numerosas organizaciones de estos dos países, dedicaron al asunto la más viva atención.

Los Estados Mayores de los Ejércitos de casi todas las grandes potencias empezaban también a interesarse por la fotogrametría aérea, y enviaban Comisiones de oficiales para iniciarse en estas cuestiones en los Imperios Centrales, que es donde habían alcanzado mayor desarrollo.

En las maniobras del Ejército francés el año 1911, en la región de Verdun, el servicio de aviación francés obtuvo algunas vistas fotográficas; pero este ensayo fué abandonado los años siguientes, y como hace notar un escritor militar francés, el alto mando de su país no daba gran importancia a estos trabajos, y más bien los miraba como un deporte que como un medio auxiliar de positivo valor.

El descubrimiento de un aparato fotográfico, provisto de todos los accesorios necesarios, en el zeppelin capturado el 22 de Agosto de 1914 en Badonvilliers, decidió a los generales franceses a ocuparse seriamente en la creación del servicio aéreo fotográfico, y éste y los que posteriormente fueron estableciendo las demás na-

ciones de la *Entente*, han prestado durante la campaña servicios inestimables.

Los Imperios Centrales, por su parte, tenían en tan alta estima este servicio, que su alto mando pudo decir en un documento oficial, fechado en Enero de 1918: «Es casi imposible que las intenciones del enemigo permanezcan desconocidas, porque el estudio de las fotografías permite ver claramente la actividad que desarrolla.»

\* \* \*

Al contrario de la terrestre, que había alcanzado en 1914 casi toda la importancia que tiene en la actualidad, la Fotogrametría aérea ha sufrido durante la guerra tan honda transformación, que puede aquella fecha separar dos períodos de su historia completamente diferentes.

Hasta 1914 utilizaba los globos esféricos, libres o cautivos, las cometas y combinaciones de ambos elementos.

Posteriormente, los progresos sorprendentes de los aeroplanos, y los no despreciables de los dirigibles, han hecho que sean de estos dos grupos, especialmente del primero, los aparatos de que se vale.

Razones económicas limitan el empleo de globos tripulados y de dirigibles. Si se trata de reconocimientos ligeros, podrán servir los pequeños globos y las cometas. Para un trabajo serio de topografía, el empleo del aeroplano es, hoy día, casi insustituible.

Entre los diversos tipos de cometas, hay que elegir para este fin los más estables, y, mejor aún, trenes compuestos de varias unidas a un mismo cable; la estabilidad es aceptable, si el viento guarda cierta constancia. Del mismo cable va colgada la cámara mediante diversas disposiciones, entre las que citaremos la de Saconney, con estabilizador automático.

Si se quiere emplear un globo, convendrá sea de los globos cometas, que a igualdad de volumen son mucho más estables que los esféricos; al lado del inconveniente de exigir un aparato generador

de hidrógeno, presenta sobre las cometas la ventaja de poderse emplear en días de calma, en que su fijeza es muy grande.

Estos globos han sido empleados principalmente en Alemania, en tanto que los franceses, desde Batut (1888), han solido preferir las cometas, habiéndose hecho curiosas experiencias por Wenz (1897) para elevarlas arrastrando su cable desde un automóvil.

Las fotografías que desde estos aparatos se obtenían eran casi siempre horizontales o verticales. Pero la inestabilidad del medio de sustentación de la cámara hacía que no fuera posible en este caso asegurar la posición exacta de la cámara con respecto al terreno, ni los ángulos de inclinación de las placas. La primera se determinaba, en algunos casos, mediante visuales que tres operadores convenientemente situados en tierra dirigían a la cámara en el momento de abrirse el obturador de su objetivo; pero diversas causas contribuían a producir errores grandes en este sistema.

Varios ingeniosos procedimientos se han usado para determinar la inclinación de la cámara en el momento de la exposición.

Tratándose de fotografías obtenidas desde globos, el profesor Finsterwalder adoptó el sistema, propuesto por Schiffner en 1892, de colgar del ecuador de aquél varias cuerdas de unos cincuenta metros de longitud, convenientemente lastradas, cuyas imágenes en la fotografía daban el punto de fuga de las verticales de ésta.

También se ha empleado en Alemania, para los globos tripulados, el fusil ideado por el profesor C. Koppe, de Braunschweig, Ingeniero de Caminos, y construído por el Barón von Bassus, de Munich, cuyo cañón, que se apoya en el borde de la barquilla, lleva en su extremo la cámara, montada sobre un eje de giro perpendicular a él. El obturador del objetivo se maneja desde el gatillo en el momento en que en dos espejos se ven simultáneamente, calado un nivel en el plano del cañón y eje de giro, y apuntado el eje del objetivo sobre el punto del terreno que haya de aparecer en el centro de la fotografía.

De los ensayos realizados con este aparato por el profesor Finsterwalder se deduce que, bien manejado, no da errores superiores a unos diez minutos.

En Francia, para placas verticales se ha usado mucho el nivel del comandante Jardinet, constituido por cuatro tubos planos de vidrio reunidos por otros de caucho, formando un marco rectangular que encuadra la placa sensible y proyecta sobre ésta una silueta de los meniscos del mercurio, que hasta cierta altura lo llena; la recta tangente a estos dos meniscos es paralela a la de horizonte de la fotografía. En buenas condiciones se puede llegar a determinar la inclinación del horizonte de la placa con este aparato, con error menor de medio grado, según Clerc.

Para tener, no sólo la dirección de esta recta, sino su verdadera posición, y al mismo tiempo el ángulo de inclinación del eje óptico del objetivo con la horizontal, el comandante Saconney adaptó a un aparato que destinaba a levantamientos hidrográficos (1905) un nivel compuesto por dos Jardinet, situados en las caras opuestas de la cámara, uno dispuesto como acabamos de indicar, y otro idéntico y en comunicación con él por sus lados superiores y por los inferiores. Si se regula la cantidad de mercurio de modo que, estando nivelada la cámara, el plano de nivel de aquél contenga el eje óptico del objetivo, fácil es ver que el punto de intersección de las diagonales del rectángulo formado por los centros de los cuatro meniscos permanecerá fijo, cualquiera que sea la inclinación del aparato. Y de esta propiedad se deduce fácilmente la solución del problema enunciado.

El capitán Ulyanine, del Ejército ruso, se valió de un nivel esférico de aire, en cuyo vidrio hay grabada una cuadrícula que, reproducida en la placa fotográfica, junto con la burbuja, da la posición de ésta y, por tanto, la inclinación del aparato.

Los alemanes emplean diversos aparatos, contruidos por las casas Zeiss y Goerz, cuyo fundamento consiste en el empleo de péndulos que miden las inclinaciones en diferentes sentidos, según la

posición de sus ejes de giro. Estas inclinaciones aparecen registradas automáticamente en la placa, mediante limbos graduados planos o cilíndricos, que se mueven junto a un índice fijo.

Fundándose todos estos aparatos y otros análogos que renunciamos a enumerar en la acción de la gravedad sobre ciertas masas, la inercia de éstas producirá errores tanto más grandes cuanto más bruscos sean los movimientos de sus elementos de sustentación. En un globo de cualquier género merecerá su empleo cierta confianza si la atmósfera está tranquila; una cometa necesitará un viento muy uniforme; un aeroplano sólo podrá emplearlos con alguna seguridad si, teniendo esta última condición, marcha en línea recta con velocidad constante.

Para el caso en que, por imposibilidad de obtener la necesaria fijeza en el aparato, o por especiales condiciones del trabajo, se obtengan fotografías oblicuas, es muy conveniente poder transformar éstas en otras verticales u horizontales, que sean secciones de la misma radiación que produjo aquéllas. De este modo se simplifican extraordinariamente las construcciones necesarias para la obtención del plano.

Se trata de sustituir una vista oblicua por otra vertical u horizontal, idéntica a la que se hubiere obtenido con la misma cámara en la misma posición si la placa hubiera ocupado en el aire una u otra de estas posiciones.

El primer aparato destinado a resolver este problema fué el del capitán alemán Th. Scheimflug, de cuyos resultados figuraban muestras en la Exposición Internacional de Fotografía de Dresde, del año 1909.

Posteriormente se han ideado otros muchos; pero la base de casi todos ellos consiste en colocar la fotografía original y la placa sobre que ha de formarse la transformada en dos *chasis* que pueden girar alrededor de dos rectas paralelas entre sí, y perpendiculares al eje óptico de un objetivo fotográfico. Fácil es ver los ángulos que han de formar las dos placas con este eje. Para que la imagen de la foto-

grafía original sea clara, es preciso que los ejes de giro de los dos *chasis* ocupen posiciones conjugadas respecto del objetivo, cosa que en algunos aparatos, como el de Clerc, se obtiene automáticamente mediante un sistema articulado.

\* \* \*

Los datos que de las fotografías aéreas pueden obtenerse son de tres clases:

1.º Croquis con indicaciones especiales, principalmente para caso de guerra.

2.º Complemento de planos existentes.

3.º Formación de planos de terreno desconocido, sea sólo en planimetría, sea también con nivelación.

En el primer caso pueden deducirse de las fotografías, ya sean de eje vertical (que son las más ricas en detalles), horizontal (las de mayor alcance y efecto artístico) o inclinado (prácticamente los más fáciles de obtener), datos de gran interés.

Durante la última guerra, los croquis aéreos fotográficos han prestado grandes servicios suministrando datos preciosos sobre la situación, movimientos y propósitos del enemigo.

Con auxilio de lentes apropiadas y sobre *clichés* de luz uniforme, que son los que dan mayor detalle a la vez en las zonas en luz y en las de sombra, los observadores, prácticos ya con una experiencia de cuatro años, podían estudiar las vías de comunicación del adversario, su categoría, puntos vulnerables y tráfico, la altura de las edificaciones, líneas de transmisión de energía eléctrica, telegráficas y telefónicas, emplazamientos de la artillería y ametralladoras, estado de destrucción de las defensas enemigas durante el combate, y multitud de datos análogos, que sin este nuevo recurso hubiera sido imposible obtener.

No es menor la utilidad de la fotografía aérea para completar pla-

nos existentes, comparando con éstos las obtenidas sobre plano horizontal o las transformadas de las oblicuas.

Una fotografía, aun siendo de plano horizontal, no puede nunca confundirse con un verdadero plano topográfico, porque aquélla es una proyección cónica (suponiendo el objetivo libre de todo error de distorsión), y éste es una proyección cilíndrica.

Para evitar tal confusión, una circular del Estado Mayor francés, fechada el 18 de mayo de 1916, prohibía terminantemente formar planos topográficos por yuxtaposición de fotografías.

No obstante, estos agrupamientos de fotografías dan panoramas que pueden ser —salvando su origen— de utilidad en muchos casos, como el formado por el capitán de Ingenieros italiano C. Tardivo, en 1909, de parte de la región arqueológica de Roma.

La necesaria transformación en horizontales de vistas que no lo son, se facilita notablemente si se conoce la posición exacta de cierto número de puntos del terreno de los que aparezcan por lo menos tres en cada vista, ya que de este modo se tiene un triángulo con cuyos vértices han de coincidir las correspondientes imágenes transformadas.

En cada vista horizontal puede obtenerse un calco de los detalles que no figuren en el plano antiguo, y llevando a coincidencia sobre éste el triángulo director de aquélla, transportarlos y en tal forma completar aquél rápidamente.

Claro es que la exactitud de estos nuevos datos deducidos de las vistas, será tanto menor cuanto menos llano sea el terreno, y no merecerá confianza alguna si se trata de regiones quebradas.

\* \* \*

La obtención de planos exactos por medio de vistas aéreas, o sea la Fotogrametría aérea, presenta ya dificultades no despreciables.

Exige, ante todo, tener por lo menos dos fotografías del terreno

que se quiere reproducir y conocer cierto número de datos, en cuyo estudio, hecho por el profesor Sebastián Finsterwalder, nos ocupamos ya en otro lugar.

Pero aunque, según se deduce de estos trabajos, dos vistas de un terreno con su orientación interior (puntos centrales y distancias focales), bastan para reconstituir aquél, salvo la escala, la complicación de las construcciones necesarias para aplicarle, basadas en el teorema de Terrero-Hauck, hace que se determine casi siempre en la práctica la orientación exterior (proyección de la estación en el plano y dirección del eje óptico respecto del terreno), lo cual exige el conocimiento de tres puntos de éste,  $A$ ,  $B$  y  $C$ , cuyas imágenes  $a$ ,  $b$  y  $c$ , aparezcan en las vistas.

Dadas estas imágenes  $a$ ,  $b$  y  $c$ , se llama triedro fotográfico el determinado por las rectas que unen cada una de ellas con el centro del objetivo; para hallar la orientación exterior basta buscar el plano que corte este triedro según un triángulo idéntico al  $abc$ .

La primera solución de este problema fué dada por Finsterwalder, y Saconney publicó posteriormente otra más sencilla con varios casos particulares en que los tres puntos  $A$ ,  $B$  y  $C$ , o sólo dos de ellos, se hallen a la misma altura.

Una vez conocida la orientación exterior de las dos fotografías, se pueden obtener los puntos del plano topográfico mediante sencillas construcciones, que variarán según se trate de fotografías oblicuas, verticales u horizontales, pero basándose siempre en los métodos de la Perspectiva geométrica.

Las cámaras fotográficas que se emplean desde los aviones no presentan otra particularidad que el modo de suspensión, si no son de mano, y los registros de pendientes que anteriormente describimos. Tan sólo en algunos casos se han empleado cámaras múltiples, como la usada por el ingeniero de Caminos ruso Thielé, para sus trabajos en Rusia y Persia, que consta de siete unidas invariablemente, una de placa horizontal y las otras inclinadas alrededor de aquélla:

al disparar simultáneamente, mediante un contacto eléctrico, los siete objetivos, las zonas reproducidas por todos ellos se completan, abarcando gran extensión de terreno.

Recientemente se han propuesto en Alemania varios métodos muy ingeniosos para suprimir las construcciones geométricas que en los anteriores párrafos hemos indicado como necesarias para obtener cada uno de los puntos del plano topográfico deducido de fotografías aéreas.

El Dr. Griesel construyó en los talleres de Zeiss una cámara fotográfica, con suspensión Cardan, que tenía un eje de giro horizontal, alrededor del cual podía tomar diversas posiciones desde 0 a 30°, midiéndose éstas en un limbo graduado. Un nivel y una brújula, situados en su interior, giraban alrededor de otros dos ejes paralelos al anterior y podían, mediante los respectivos círculos, colocarse con inclinaciones idénticas a la de la cámara, registrándose automáticamente sus indicaciones mediante dos pequeños objetivos, unidos eléctricamente al principal. Análogos a éste, aunque dispuestos para ser llevados a mano, son los aparatos de los Dres. Gall, y Hugershoff y Cranz.

Para obtener de las fotografías procedentes de estas tres cámaras los datos necesarios para la construcción del plano, hay otra serie de aparatos de gabinete que consisten en unas cámaras análogas a las anteriores, montadas en forma tal que, mediante giro alrededor de un eje horizontal, pueden llevarse a la misma inclinación que tenían en el aire al obtenerse la fotografía. La observación de ésta se hace por medio de un microscopio (Hugershoff y Cranz), o un ante-ojo (Pulfrich), montados sobre dos ejes de giro, uno vertical y otro horizontal, cuyos ejes ópticos pasan constantemente por el punto nodal de incidencia del objetivo de las cámaras.

Claro es que las medidas angulares realizadas en esta forma serán idénticas a las que se harían si en lugar de la placa estuviese el terreno que representa. O lo que es igual, si el aeróstato estuviera inmóvil y desde él se efectuaran las observaciones.

Una diferencia esencial existe al llegar a este punto. Hugershoff y Cranz observan la placa directamente, en tanto que Pulfrich lo hace a través de un objetivo fotográfico idéntico al empleado para obtenerla, con lo que se compensan los errores que éste hubiera podido producir en la marcha de los rayos. Es el método empleado hace tiempo en Astronomía y usado por el profesor Koppe desde 1890 en su fotoplancheta.

El ingeniero diplomado T. Fischer ideó un método para determinar la inclinación del eje óptico del objetivo y la del horizonte de la placa, que son los dos datos cuyo conocimiento coloca a las fotografías aéreas en las mismas condiciones para su aprovechamiento que las obtenidas con los aparatos terrestres. Este método, que es de aproximaciones sucesivas, exige, como los de Finsterwalder y Sacorney, el conocimiento de tres puntos del terreno que aparezcan en las fotografías, y ha sido últimamente simplificado por el doctor Pulfrich.

También en el aire se ha pensado utilizar, como en tierra, las ventajas de la fotografía estereoscópica. Para ello, Thielé ideó, en 1908, acoplar dos de sus cámaras múltiples, una a cada uno de los extremos de una viga rígida que colgaba de un globo o cometa; la base era de dos metros.

Para aumentarla, Dolezal propuso montar cada una de las cámaras en una de las barquillas de un zeppelin.

El único medio de hacer bases aún mayores consiste en obtener las dos semi-vistas con un mismo aparato desde dos posiciones distintas de un aeroplano que marcha en línea recta. De la velocidad de éste puede deducirse con suficiente aproximación el espacio recorrido, o sea la longitud de la base estereoscópica.

Claro es que el paralelismo entre las dos semi-vistas no era fácil de obtener con la necesaria exactitud, y esto hizo que no pudieran aplicarse con fruto en esta forma los métodos estereofotográficos.

Para obviar este inconveniente, el inventor del estereoautógrafo,

Orel, el ingeniero Wild, colaborador científico de la casa Zeiss, y el ingeniero húngaro Vago, están en estos momentos haciendo ensayos para estabilizar la cámara fotográfica montada en un aeroplano, normalmente a la dirección de su marcha, por medio de cuatro giróscopos, y esperan —según hace pocos días me han comunicado— obtenerla pronto, con un error menor de diez segundos de ángulo durante veinte de tiempo en un viraje en ángulo recto del avión.

Si estas esperanzas se confirman, pronto será una realidad la Fotogrametría aérea estereoscópica, que podrá hacer uso del modelo 1920 del estereoautógrafo, y cuyo porvenir no puede ser más brillante, ya que a las ventajas de la terrestre, principalmente la supresión de la identificación de puntos, unirá la de no exigir las laboriosas construcciones y cálculos que hemos indicado como necesarios en la no estereoscópica, y podrá dar directa y automáticamente las curvas de nivel.

\* \* \*

Si en las anteriores páginas me he limitado a la aplicación que al levantamiento de planos tiene la fotografía, no es porque ésta sea la única, sino porque, como más general, comprende a todas las demás, que no son pocas ni poco importantes.

Y llegado a este punto de mi disertación, que, repitiendo un dicho conocido, ha sido sobrado larga porque no supe condensarla más, limitaré lo poco con que aún he de molestar vuestra atención, a las aplicaciones que a las diferentes ciencias y artes puede hacerse de la Fotogrametría estereoscópica, menos conocidas por ser más modernas, que las de la ordinaria.

Casos particulares de ella de notable importancia son los estudios de glaciares, que determinan, no sólo su forma exacta en un momento dado, sino las variaciones de ésta con el tiempo; las observaciones métricas de las erupciones volcánicas y sus efectos; la traslación de dunas, desarrollo de erosiones y aterramientos de los

terrenos; variación de torrentes; avance o retroceso de playas, y tantos otros problemas de interés para el geólogo.

El hidrógrafo hallará en la Estereofotogrametría el único medio práctico de obtener planos de costas inabordables, colocando su buque paralelamente a ellas, y a proa y popa dos fototeodolitos especiales que, manejados simultáneamente por un contacto eléctrico, darán una vista estereoscópica de la que deducirá aquéllos. Este procedimiento se emplea hace más de quince años en las Marinas alemana, rusa, austriaca, italiana y otras, y ha sido usado además para estudio del alcance de los proyectiles marinos y maniobras de torpederos y pequeñas unidades, sacando, con cortos intervalos, fotografías estereoscópicas desde dos puntos elevados de la costa (Pola, Spezia, etcétera). Y si desde un aeroplano se obtienen las fotografías, éstas acusarán claramente la situación y magnitud de los escollos sumergidos que pueden constituir peligro grave para la navegación.

No han sido menores los auxilios que de la Fotogrametría estereoscópica ha obtenido la Astronomía. El astrónomo francés Warren de la Rue obtuvo, hace ya sesenta años, una vista estereoscópica de la luna, valiéndose de los diferentes aspectos que presenta a causa de la libración; combinando dos fotografías del mismo astro, obtenidas, una por Loewy y otra por Puiseux, en París, compuso el doctor Pulfrich una estereoscópica, cuya base era de 95.000 kilómetros, aproximadamente la cuarta parte de la distancia que nos separa de aquél.

De dos fotografías obtenidas las noches del 9 y 10 de junio de 1899 por el profesor Wolf, del Observatorio de Heidelberg, de Saturno, en la constelación de la Serpiente, con base de 1,73 millones de kilómetros (diferencia entre los caminos recorridos en veinticuatro horas por la Tierra y Saturno, que se hallaban casi en oposición), se obtiene un precioso relieve en que el planeta y sus satélites aparecen claramente aislados delante del resto de los astros que ocupan el plano del fondo, y Saturno se halla de nosotros, como sabéis, a unos 1.260 millones de kilómetros. El estudio de esta fotografía valió

a su autor, además, el descubrimiento de un nuevo planeta de duodécima magnitud.

No ha sido éste el único astro variable que se ha descubierto por destacarse de los fijos sobre los que aparece; y si de los lejanos venimos a los próximos, podremos estudiar los tamaños y variaciones de los flóculos, manchas y protuberancias solares y medir las montañas y los cráteres de la luna, y hasta hacer de la parte visible de ésta un plano con curvas de nivel.

La Meteorología podrá conocer, entre otros datos, la altura y movimientos de las nubes, auroras boreales y estrellas fugaces, posición y longitud de los relámpagos, etc.

En terreno enteramente diferente, la Arquitectura y la Arqueología, podrán, por medio de vistas estereoscópicas, disponer de los datos necesarios para las plantas y alzados de los edificios o ruinas que les interesen. La regularidad y orden de las formas de éstos podrá permitir una fácil solución del problema, aunque no se disponga del estereocautógrafo, ya que será éste el único caso que podrá resolverse con el sólo auxilio de la perspectiva.

Merecen especial mención en este lugar los interesantes trabajos del Dr. Meydenbauer, Director del Archivo de Monumentos de Prusia, fundado en 1885, para obtener plantas y alzados de edificios sin necesidad de tomar medidas sobre ellos mismos, sino sólo mediante fotografías, que primero fueron convergentes para aplicar el método de intersecciones; y hoy pueden con mayor ventaja ser estereoscópicas, si se dispone de los aparatos de gabinete necesarios.

Y no es menor el interés que en multitud de ocasiones presenta el tener un medio de poder seguir, paso a paso, y archivar después, las excavaciones de una ciudad o monumento enterrados que vuelven a la luz del día.

Análogamente, el ingeniero, después de haber obtenido estereofotográficamente un plano exacto para estudiar y replantear sus proyectos, podrá valerse del mismo medio para conservar la historia de

la ejecución de sus obras y para cubicar los desmontes o terraplenes y los volúmenes de fábrica que vaya realizando. Y este testigo indiscutible ha decidido en más de un caso litigios que de otro modo no hubieran tenido justa resolución.

Si en lugar de emplear los objetivos fotográficos naturales usamos los teleobjetivos, el alcance de la Fotogrametría aumentará enormemente, y podrán obtenerse, como antes de la guerra última y durante ella han hecho varios Ejércitos beligerantes, planos detallados de zonas y obras situadas a varias docenas de kilómetros de distancia de la frontera o línea del frente que los fototeodolitos no podían franquear.

*Estereoscopia monocular de eclipse* llamó el Dr. Pulfrich a un nuevo aparato, modificación del estereocomparador, ideado por él para comparación de objetos. Si tratamos de comparar dos reglas de precisión, colocaremos cada una de ellas en uno de los soportes del aparato, y mirando con el ocular único de éste, las veremos yuxtapuestas, y el gran aumento con que aparecen nos permitirá apreciar la menor diferencia entre ambas y todo error que exista en la que con el patrón se compara. Lo mismo podremos hacer, por ejemplo, con dos espectros.

Podemos también, mediante una disposición mecánica que ha dado nombre al aparato, hacer que los dos objetos aparezcan alternativamente a nuestra vista, cambiándose uno por otro cada medio o cada dos segundos. Si los dos son absolutamente idénticos, ningún cambio notaremos; pero si hay alguna parte en ellos que sea distinta, ésta aparecerá borrosa o móvil, y el resto claro y fijo; esto nos da el medio de descubrir y localizar el error en un billete de Banco o grabado análogo que sea falso, al compararlo con uno legítimo. El mismo efecto producirán las modificaciones hechas en los trabajos de zapa de un Ejército comparando fotografías de días sucesivos.

La Astronomía hallará aquí un medio seguro de distinguir las imágenes de los astros de los defectos de las placas que con ellas pudie-

ran confundirse. Y también las estrellas fijas, que en dos fotografías de fechas distintas aparecerán como tales, de las movibles, que darán imágenes borrosas o destellantes.

Los trabajos realizados hace tres lustros por W. Laas desde el buque de guerra alemán *Preussen*, y algo después por el profesor E. Kohlschütter, de Berlín, sobre fotografías de la superficie del mar para estudiar su forma y movimientos, han tenido recientemente (1919) interesante continuación en los del Dr. Karl Zaar de Brünn (Austria).

Propúsose éste estudiar la forma exacta de la superficie del agua en movimiento en diferentes condiciones. Construyó un modelo del río Elba en un tramo en que está encauzado por medio de espigones transversales y con una cámara Selke Zeiss, cuya base estereoscópica puede variar entre 28 y 50 centímetros, obtuvo una serie de fotografías instantáneas al magnesio, del agua que por él corría, con una velocidad igual a la medida en el río. De ellas dedujo un precioso plano de la superficie del agua con curvas de nivel cada cinco milímetros.

Para hacer ésta más visible echaba en su superficie papelitos que daban en la placa una imagen más o menos alargada, según la velocidad del líquido en cada punto, y, además, marcaban la dirección de su trayectoria.

También otra serie de experimentos le dió la forma de la onda producida en el agua por el paso de un buque a diferentes velocidades. Combinando este dato, referente a varios perfiles del casco, con la medida de la resistencia que a su marcha se oponía, seguramente podrá deducir consecuencias interesantísimas para la arquitectura naval.

Finalmente, para terminar vuestro suplicio al escucharme, que lo es también mío al verme obligado, por mandato reglamentario, a proporcionároslo, os diré que, de la combinación de varios de los aparatos antes enumerados, se ha formado el *estereoautoplástico*, el cual,

de varias fotografías estereoscópicas simultáneas de una persona o escultura, obtenidas con una misma cámara por medio de combinaciones apropiadas de espejos, deduce una escultura idéntica, que una herramienta especial labra en un bloque, sin más que seguir con un estilete, en el relieve estereoscópico de la fotografía, las formas del modelo.

\* \* \*

Hemos llegado, señores, al término de mi pobre disertación, que sólo por imperio de vuestros Estatutos puede llamarse Discurso científico, y únicamente ha sido, como habéis visto, una enumeración incompleta y desabrida de algunos de los horizontes que la Fotogrametría ha abierto a las ciencias puras y aplicadas.

Pero ved que de esta pobreza científica, si yo soy el autor, sois vosotros mis cómplices; me llamasteis a vuestro lado sin mérito alguno para ello. Sólo me quedaba el recurso de acudir a vuestro llamamiento con mi escaso bagaje de conocimientos, sin olvidar que no a éste, sino a vuestra extremada benevolencia, debo el honor que en estos momentos me dispensais.

## BIBLIOGRAFÍA

- BASCHIN (O.).—«Die Wellen des Meeres». (Meereskunde, 1, Heft 12, Berlin, 1907.)
- BASSUS (K.).—«Ballonphotogrammetrie». (Aeronautische Mitteilungen, 1900.)
- BERNDT (W.).—«Das Stereoskop als Hilfsmittel der Biontologie». (Naturwissenschaftlichen Wochenschrift, 9, 1910.)
- BOCK (F.-K.).—«Versuch photogrammetrischer Küstenaufnahmen gelegentlich einer Spitzbergen Expedition in Sommer 1907». (Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde. Berlin, 1908.)
- BRICARELLI (J.).—«Lo Stereoscopio in Astronomia», precioso sussidio nell'analisi delle lastre fotografiche» («La Civiltà catolica», volume III, serie 18, 1907.)
- BRUCKNER (E.).—«Oberleutnant Ed. Ritter von Orels Stereoautograph». (Mitteilungen der k. u. k. Geographischen Gesellschaft in Wien, 1911.)
- CLERC (L.).—«Applications de la Photographie aérienne». Paris, 1920.
- CORBIN (P.).—«La Stéréoautogrammetrie». («Revue générale des Sciences pures et appliquées», 30 Mars, 1914, Paris.)
- DEVILLE (E.).—«Levé topographique des Montagnes Rocheuses, exécuté par la Photographie». («Bulletin de la Société Française de Photographie», 1893, Paris.)
- «Photographie Surveying, including the elements of Descriptive Geometry and Perspective». Ottawa, 1895.
- «On the use of Wheatstone stereoscope in Photographing Surveying». (Transactions of the Royal Society of Canada. 2.<sup>a</sup> serie, vol. VIII, 1902-03, Ottawa.)
- DOLEZAL (E.).—«Die Anwendung der Photographie in der praktischen Messkunst». Halle, 1896.
- «Photogrammetrische Arbeiten in Schweden». (Zeitschrift für Vermessungswesen, Stuttgart, 1903.)

- DOLEZAL (E.) — «Das Grundproblem der Photogrammetrie, seine rechnerische und graphische Lösung, nebst Fehleruntersuchungen». (Zeitschrift für Mathematik und Physik. Band LIV, 1906, Leipzig.)
- «Arbeiten und Fortschritte auf dem Gebiete der Photogrammetrie im Jahre....., 1901-02-03-04-05-06»..... (Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik..... von J. M. Eder. Halle.)
- «Das Problem der sechs Strahlen oder der sieben Punkte in der Photogrammetrie». (Sitzungsberichten der k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem. naturw. Klasse. Band cxv, Abt. II, a., 1906.)
- «Photogrammetrie in der Architektur und Denkmalpflege». (Internationalen Architekten-Kongress. Wien, 1908.)
- «Über die Bedeutung der Photogrammetrie». (Internationale Kongress für angewandte Photographie. Dresden, 1909).
- «Die photographische Ballonaufnahmen und ihre Verwertung». Wien, 1910.
- ESTANAVE (E.).—«Relief stéréoscopique en projection. Images à aspect changeant par l'écran stéréoscopique». («Bulletin de la Société française de Photographie, II série, 1908.)
- FINSTERWALDER (S.).—«Die geometrischen Grundlagen der Photogrammetrie». (Jahresbericht der deutschen Mathematikervereinigung, VI, 1897.)
- «Ortsbestimmungen im Ballon». (Münchener Verein für Luftschiffahrt. Jahresbericht für das Jahr 1898. München.)
- «Über die Konstruktion von Höhenkarten aus Ballonaufnahmen». (Sitzungsbericht der königlich bayerischen Akademie der Wissenschaften. II Klasse, 1900, München.)
- «Neue Methode zur topographischen Verwertung von Ballonaufnahmen». (Münchener Verein für Luftschiffahrt. Jahresbericht für das Jahr, 1902, München.)
- «Eine Grundaufgabe der Photogrammetrie und ihre Anwendung auf Ballonaufnahmen». (Abhandlungen der k. bayerischen Akademie der Wissenschaften. Band 22, 1903.)
- «Über die mittels der photogrammetrischen Flinte im Luftballon erzielten Resultate». (Münchener Verein für Luftschiffahrt. 16 Jahresbericht, 1905, München.)
- «Eine neue Lösung der Grundaufgabe der Luftphotogrammetrie». (En la misma Revista, 1915.)
- und SCHEUFELE (W.).—«Das Rückvärtseinschneiden in Raum». (Sitzungsberichte der math-phys. Klasse der k. bayerische Akademie der Wissenschaften. Band 33, 1903.)

- FLEMER (J.).—«Topography. Phototopography as practiced in Italy and in the Dominion of Canada. Washington, 1894.
- «Topography. Photo-Topographic Methods and Instruments». Washington, 1898.
- «An elementary treatise on Phototopographic Methods and Instruments». New York and London, 1906.
- FOERSTRE (W.).—«Die Anwendungen des stereoskopischen Prinzips auf die Himmelserscheinungen». (Mitteilungen der Vereins von Freunden der Astronomie und kosmische Physik, 1901.)
- FOURCADE (H. G.).—«On a stereoscopic method of photographie surveying». (Transactions of the South African Philosophical Society, vol. XIX, part 1, 1903.
- GALBIS (J.).—«Ensayo de los Métodos fotogramétricos». Madrid, 1908.
- HAMY (M.).—«Sur l'emploi du stéréoscope en Astronomie». (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 132, 1901.)
- HAUCK (G.).—«Theorie der trilinearen Verwandtschaft ebener Systeme». («Journal für die reine und angewandte Mathematik». Band 95, 1883; Band 97, 1884; Band 98, 1885, Band 108, 1891; Band 111, 1893.)
- «Neue Konstruktionen der Perspektive und Photogrammetrie». («Journal für die reine und angewandte Mathematik». Band, 95, 1883, Berlin.)
- HESSE (O.).—«Die cubische Gleichung, von welcher die Lösung des Problems der Homographie von M. Chasles abhängt». «Journal für die reine und angewandte Mathematik, 1850.)
- HILDEBRANDSON (H.).—«Études internationales des nuages 1896-97». Observations et mesures de la Suède. Upsala, 1898.
- HÜBL (A. F.). — «Die stereophotogrammetrischen Terrainaufnahmen». (Mittheilungen des k. u. k. militär-geographisches Institutes, 1904, Wien.)
- «Beiträge zur Stereophotogrammetrie». (Mittheilungen des k. u. k. militärgeographischen Institutes, 1905, Wien.)
- «Das stereophotogrammetrische Vermessung von Architekturen». (Wiener Bauhütte, 1907.)
- HUGERSHOFF (R.) und CRANZ (H.).—«Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen». Stuttgart, 1919.
- «Internationales Archiv für Photogrammetrie». Wien. Band 1, 1908-09; Band 2, 1909-11; Band 3, 1911-13.
- IRIARTE (C.) y NAVARRO (L.).— «Topografía fotográfica, o sea Aplicación de la Fotografía al Levantamiento de Planos». Madrid, 1899.
- JESSE (C.).—«Untersuchungen über die sogenannten leuchtenden Wolken».

- (Sitzungsberichte der k. Academie der Wissenschaften in Berlin, 1890 und 1891.)
- JORDAN (Dr. V.).—«Handbuch der Vermessungskunde». Stuttgart, 1897.
- KOHLSCHÜTTER (E.).—«Die Forschungsreise S. M. S. Planet. II. Stereophotogrammetrische Aufnahmen». («Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, 1906.)
- «Stereophotogrammetrische Arbeiten, Wellen und Küstenaufnahmen. III. Ozeanographie». («Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie», 1909.)
- KONKOLY (N.).—«Die Methoden und Mittel der Wolkenhöhenmessung». Budapest, 1902.)
- KOPPE (C.).—«Die Photogrammetrie oder Bildmesskunst». Weimar, 1889.
- KORZER (K.).—«Die Stereoautogrammetrie im Dienste der Landesaufnahme». (Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes. Band 33. Wien, 1913.)
- KOSTINSKY (S.).—«Über die stereoskopische Methode der Untersuchung von Himmelsphotographien und ihre Anwendung zur Bestimmung der relative Eigenbewegung der Sterne». («Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St. Petersburg. 6.<sup>a</sup> série, num. 17, 1908.)
- «Über die Eigenbewegung der Sterne in der Umgebung der Sternhaufen  $\alpha$  und  $\eta$  Persei», 1909.
- LAAS (W.).—«Die Messung von Meereswellen und ihre Bedeutung für den Schiffsbau». (Schiffsbautechnisch Gesellschaft zu Berlin, 1905.)
- «Photographische Messung der Meereswellen». (Zeitschrift der Verein deutscher Ingenieure, 1905.)
- LACMANN (O.).—«Die Raumbildmessung». (Zentralblatt der Bauverwaltung. Berlin, 1919.
- LAMBERT (J. H.).—«Freie Perspektive oder Anweisung, jeden perspektivischen Grundriss von freien Stücken und ohne Grundriss zu verfertigen». Zurich, 1759.
- LASKA (W.).—«Über ein Problem des photogrammetrischen Küstenaufnahme». (Monatshefte für Mathematik und Physik, Wien.)
- LAUSSEDAT (A.).—«Mémoire sur l'emploi de la chambre claire dans les reconnaissances topographiques». («Mémorial de l'officier du Génie», 1854, Paris.)
- «Reconnaissance faite à l'aide de la Photographie pour la délimitation de la frontière entre l'Alaska et la Colombie britannique». (Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 1894.)

- LAUSSE DAT (A.).— «Recherches sur les Instruments, les Méthodes et les Dessin topographiques». Tome II. Paris, 1901-03.
- «Sur le relevé des Monuments d'Architecture d'après leurs photographies pratiqué surtout en Allemagne». (Comptes Rendus de l'Académie de Sciences de Paris, 1906.)
- «Sur plusieurs tentatives poursuivies dans la marine allemande pour utiliser la photographie dans les voyages d'exploration». (Comptes Rendus, 1906.)
- LEHMAN (H.).—«Die Kinematographie, ihre Grundlagen und ihre Anwendung». («Natur und Geisteswelt», n. 358,1911.)
- LORIA (G.).—«Fondamenti geometrici della Fotogrammetria». («Giornale di Mathematica di Battaglini, volume XLI, 1903, Napoli.)
- «Metodi di Geometria Descrittiva», cap. XV. «Fotogrammetria teorica». Milano. («Manuali Hoepli»), 1909.
- LOSCHNER (K.).—Gruppierung der Messbildinstrumente». (Zeitschrift für Instrumentenkunde). Band 38, 1918.
- LÜSCHER (H.).—«Die Stereophotogrammetrie». Frankfurth, 1910.
- «Der Stereoautograph Modell 1914, seine Berichtigung und Anwendung». (Zeitschrift für Instrumentenkunde. Berlin, 39, 1919.)
- MANEK (F.).—«Über die Fortschritte der Photogrammetrie und deren Verwendung zu Ingenieur-Arbeiten». (Zeitschrift der bulgarische Ingenieur und Architekten Vereins. Sofia, 1910.)
- MÁS y ZALDÚA (A.).—«Fototopografía práctica». Barcelona, 1902.
- «Aplicaciones topográficas de la Fotografía. Estereofotogrametría». Madrid, 1912.
- «La Estereofotogrametría en 1913». Madrid, 1914.
- MEYDENBAUER (A.).—Über die Anwendung der Photographie zur Architektur und Terrainaufnahme». (Zeitschrift für Bauwesen. Band 17, 1867.)
- «Ein deutsches Denkmälerarchiv, ein Abschlusswort zum zwanzigjährigen Bestehen der Messbildanstalt in Berlin», 1905.
- MOLL (Cap. E.).—«Der Pulfrichsche Kimmtiefenmesser». («Hansa. Deutsche nautische Zeitschrift», 1906.)
- NEUFFER (F.).—«Die Portée-Ermittlung bei Schiessversuchen gegen die See». (Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens. Pola, 1907.)
- OREL (E.).—«Der Stereoautograph als Mittel zur automatischen Verwendung von Komparatordaten». (Mitteilungen des k. u. k. Militärgeographischen Institutes. Band 30, 1911, Wien.)
- «Über die Anwendung des Stereoautographischen Verfahrens für Map-

- ... pierungszwecke». (Mitteilungen des k. u. k. militärgeographisches Institutes. 31 Band, 1912, Wien.)
- PAGANINI (P.).—«La Fototopografia in Italia». («Rivista Marittima», 1894.)  
— «Fotogrammetria». Milano. («Manuali Hoepli», 1901.)
- PIE y ALLÚE (J.).—«Fotogrametría o Topografía fotográfica». («Revista Minera», Madrid, 1895.)
- PORRO.—«Applicazione della Fotografia alla Geodesia». («Il Politecnico», volume X e XI. Milano.)
- PROCHASKA EDLER von MUHLKAMPF (A.).—«Oberleutnant von Orels Stereoaograph». (Mitteilungen über Gegenstände des Artillerie und Geniewesens, 1911, Wien.)
- PULFRICH (Dr. C.).—«Notice sur le Télémètre stéréoscopique fabriqué par la Maison Carl Zeiss à Jena». (Physikalische Zeitschrift. Leipzig, 1899.)  
— «Über eine Prüfungstafel für stereoskopisches Sehen». (Zeitschrift für Instrumentenkunde. Berlin, 1901.)  
— «Auffindung eines neuen Planeten (1899, I. F.) mit Hilfe des Stereo-Komparators». (Astronomische Nachrichten, 1902.)  
— «Neue stereoskopische Methoden und Apparate für die Zwecke der Astronomie, Topographie und Metronomie». Berlin, 1903.  
— «Über die Anwendung des Stereo-Komparators für die Zwecke der topographischen Punktbestimmung». (Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1904, Heft 2, Berlin.)  
— «Über ein neues Verfahren der Körpervermessung». (Archiv für Optik. Leipzig, 1907.)  
— «Über die Ausmessung stereophotogrammetrischer Küstenaufnahmen vom Schiff aus». (Zeitschrift für Instrumentenkunde. 1908, Heft 11, Berlin.)  
— «Stereoskopisches Sehen und Messen». Jena, 1911.  
— «Über ein neues Spiegelstereoskop». (Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1912, Heft 11 und 12, Berlin.)  
— «Über die Kronstruction der Lage und der Höhe eines Punktes nach stereophotogrammetrischen Aufnahmen mit gleichmässig nach links oder rechts verschwenkten horizontalen Achsen». (Zeitschrift für Instrumentenkunde. Heft 32, 1912, Berlin.)  
— «Über Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen und die ihr dienenden Instrumente». Jena, 1919.
- SACONNEY (Th.).—«Métrophotographie», Paris, 1913.
- SAMTER (M.).—«Das Messen toter und lebender Fische für systematische und biologische Untersuchungen». (Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde, Band. 2, 1906.)

- SCHEIMFLUG (T.).— «Der Perspektograph und seine Anwendung». (Photographische Korrespondenz, 1906.)
- «Photogrammetrie en Ballon. Procès verbaux des séances et mémoires de la cinquième conférence de la Commission Internationale pour l'Aérostation scientifique à Milan». Strassburg, 1907.
- SCHELL (Prof. A.).— «Die Bestimmung der optischen Konstanten eines zentrierten sphärischen Systems mit dem Präzisionsfokometer». (Sitzungsberichten der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse; bd. cxii. Abt. II a Juli, 1903.)
- «Die stereophotogrammetrische Bestimmung der Lage eines Punktes im Raume». Wien, 1904.
- «Die stereophotogrammetrische Ballonaufnahme für topographische Zwecke». (Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematische naturwissenschaftliche Klasse Abteilung II a., 1906.)
- SELINGER (P.).— «Topographie des Menschen durch Stereophotogrammetrie». Berlin, 1907.
- SCHIFFNER (F.).— «Die photographische Messkunst oder Photogrammetrie, Bildmesskunst, Phototopographie». Halle, 1892.
- SCHILLING (Dr. F.).— «La Photogrammetrie comme application de la Géométrie descriptive». Traduit par L. Gérard. Paris, 1908.
- SIMON (S.).— «Photogrammetrische Studien und deren Verwertung bei den Vorarbeiten für die Jungfrau Bahn». (Schweizer Bauzeitung, Hefte 23. 24 und 25. Zurich, 1895.)
- «Photogrammetrische Arbeiten für die Jungfrau Bahn». (En la misma Revista, cuadernos 11 y 12. 1896.)
- STEINER (F.).— «Das Problem der fünf Punkte, eine Aufgabe der Photogrammetrie». (Wochenschrift der österreichisches Ingenieur und Architekten Vereins, 1891.)
- STEINER (J.).— «Die Photogrammetrie im Dienste des Ingenieurs, ein Lehrbuch der Photogrammetrie». Wien, 1893.
- STURM (R.).— «Das Problem der Projektivität und seine Anwendung auf die Flächen zweiten Grades». (Mathematische Annalen, Band 1, 1869.) Leipzig.
- «Die Lehre von den geometrischen Verwandtschaften». Leipzig, 1909.
- TORROJA (A.).— «El Estereógrafo». (Memoria presentada al Congreso de Valladolid de la Asociación para el Progreso de las Ciencias, 1915.)
- TORROJA (J. M.).— «Fundamento teórico de la Fototopografía». («Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid», tomo VI, 1907-08.)

- TORROJA (J. M.).—«Aplicación de las Coordenadas proyectivas al Problema general de la Fototopografía». («Anales de la Facultad de Ciencias de Zaragoza», número 5, 1908.)
- «El Problema de la Orientación de las Vistas en Fototopografía». (Memoria presentada al Congreso de Zaragoza de la Asociación para el Progreso de las Ciencias, 1908.)
- «Le Problème général de la Photogrammetrie et de la Perspective en coordonnées projectives». (Internationales Archiv für Photogrammetrie, Wien. Band I, Heft 4, 1909.)
- «Aplicaciones métricas de la Estereoscopia». Madrid, 1909.
- «Sur une question de priorité à propos du Theorème de Hauck». (Internationales Archiv. für Photogrammetrie, Wien Band II, Heft 2, 1910.)
- «Notes historiques sur la Photogrammetrie en Espagne». (Id. id. Band II, Heft 4, 1911.)
- «Fototopografía teórica y práctica». Zaragoza, 1911.
- «Levantamiento de Planos por medio de la Fotografía Estereoscópica». Madrid, 1913.
- «El Estereoautógrafo de E. von Orel». (Arxius de l'Institut de Ciencies, Any II, núm. 1. Barcelona, 1913.)
- «Notas sobre el Método fotográfico estereoscópico». (Memoria presentada al Congreso de Madrid de la Asociación para el Progreso de las Ciencias, 1913.)
- «Sobre los Progressos de la Fotogrametría en España». (Memoria presentada al Congreso de Valladolid de la A. P. C., 1915.)
- «La Estereofotogrametría en 1915». (Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros civiles de España. Madrid, 1916.)
- VALLOT (J.).—«Applications de la Photographie aux Levés de détail de la carte du Mont Blanc». (Annales de l'Observatoire météorologique du Mont Blanc.)
- VALLOT (H. et J.).—«Applications de la Photographie aux Levés Topographiques en haute montagne». Paris, 1907.
- WOLF (M.).—«Die Verwendung des Stereokomparators in der Astronomie». (Astronomische Nachrichten, Band CLVII, 1902.)
- «Die veränderlichen Sterne des Orionnebels». (Astronomische Nachrichten, 1903 )
- «Aufnahmen des VI und VII Jupitermondes und eine neue Methode der Vermessung von Reflektorplatten». (Astronomische Nachrichten, 1907.)
- ZEISS (C.).— Varios prospectos detallados sobre los telémetros estereoscópicos estero-comparador microscopio monocular de eclipse, fototeodolitos, etc.

## DATOS BIOGRÁFICOS DEL EXCELENTÍSIMO SR. D. FRANCISCO DE P. ARRILLAGA Y GARRO

Nació en Pamplona el 2 de abril de 1846. Fué bautizado en la iglesia parroquial de San Nicolás. Su padre era guipuzcoano y su madre alavesa.

Cursó sus primeras letras en la Escuela Municipal de Pamplona de la calle de San Francisco.

La segunda enseñanza la estudió en el Instituto de Pamplona, desde el curso de 1856-57 al de 60-61, con nota de sobresaliente en todas las asignaturas y premio en casi todas y en el grado de Bachiller en Artes.

En fin de septiembre de 1861 se trasladó a Madrid para prepararse al ingreso en la Escuela de Ingenieros de Montes, que consiguió al año, entrando con el número uno de su promoción, que conservó hasta su salida, en todas las asignaturas.

En 30 de octubre de 1865 fué nombrado ayudante segundo del Cuerpo de Montes, y el 19 de diciembre de 1866 ayudante primero.

En 7 de enero de 1867 se le destinó a prácticas en el distrito forestal de Navarra, donde se presentó el 6 de febrero. Durante este período de prácticas, que terminó en el mes de septiembre, estudió los hayales de Amezcoa y colaboró en el levantamiento de planos del Pirineo navarro.

En 23 de septiembre fué nombrado ingeniero segundo del Cuerpo de Montes, con sueldo de 900 escudos desde 1.º de octubre, y destinado al distrito forestal de Segovia, del que se posesionó en 21 de octubre, desempeñando interinamente el cargo de ingeniero jefe, hasta el 1.º de julio de 1868, en que se le destinó a la Comisión del Mapa forestal de España.

En este período de su destino en la Comisión del Mapa forestal estudió la provincia de Tarragona.

En 3 de marzo de 1868 fué admitido como socio en el *Ateneo Científico y Literario* de Madrid.

El año de 1869 fundó con otros ingenieros de Montes la «Revista Forestal Económica y Agrícola», llamada luego «Revista de Montes», que aún subsiste. Publicó este año la obra de «Estudios forestales del Reino de Prusia».

El 18 de febrero de 1869 fué nombrado ingeniero primero de Montes.

El 25 de agosto de 1869 se le designó para formar parte de la Dirección General de Estadística, cesando en 1.º de julio de 1870, en que volvió a la Comisión del Mapa forestal, hasta el 5 de noviembre de ese año en que tomó posesión del cargo de Profesor de la Escuela de Ingenieros de Montes, para el que fué nombrado en 27 de septiembre.

Desempeñó en propiedad la cátedra de Ordenación y Valoración de Montes, e interinamente la de Mineralogía aplicada. Permaneció en la Escuela los dos cursos de 1870-71 y 1871-72. En este período tradujo del alemán el «Compendio de Valoración de Montes», de G. Heyer, añadiendo varias notas y un prólogo. La obra fué publicada por el Gobierno en virtud de informe de la Junta Superior del Cuerpo.

En 1.º de marzo de 1873 fué nombrado Correspondiente de la Academia Cervántico-Española de Vitoria.

Por Real orden de 2 de enero de 1872 fué destinado como agregado al Instituto Geográfico y Estadístico, no tomando posesión del cargo hasta terminar el curso y exámenes, en 24 de octubre de 1872.

En 12 de mayo de 1872 fué agraciado con la placa de Comendador de Isabel la Católica.

En los años 1873 y 1874 desempeñó el cargo de vocal de la Comisión encargada de redactar la «ley de Aguas».

Asistió como delegado del ministerio de Fomento a la Exposición Universal de Viena de 1873, estudiando la parte forestal, publicando, en 1874, el resumen de estos trabajos en una «Memoria sobre la parte dasonómica de la Exposición Universal de Viena».

Fué delegado de España en el Congreso y Exposición Internacional de Ciencias Geográficas en París en 1875.

Publicó a su regreso, en la «Gaceta» de noviembre de 1875, la Memoria de los concursos celebrados en aquella Exposición, en la que presidió varias sesiones del grupo de Geografía matemática.

El Gobierno francés le agració, en 10 de agosto de 1875, con las Palmas de oficial de Instrucción pública.

En 1876 fué miembro fundador de la Sociedad Geográfica de Madrid, de cuya primera Junta directiva fué secretario, perteneciendo a ella hasta su muerte, colaborando en sus trabajos, principalmente con una conferencia pública que se imprimió con el título de «Geografía física del mar».

En 8 de abril de 1876 fué nombrado correspondiente de la Sociedad Geográfica Holandesa.

En 23 de abril de 1877 fué agraciado con la encomienda de Carlos III.

En 17 de marzo de 1877 fué nombrado delegado extranjero en la Comisión Central permanente de Geografía de Portugal.

Desde el año 1877 estuvo al frente de la publicación del Mapa topográfico de España en escala de 1 por 50.000 y del Censo de 1877, así como de los trabajos de metrología de precisión.

El 14 de febrero de 1879 fué nombrado vocal de la Comisión permanente de Pesas y Medidas.

En 1881 fué delegado de España en el Congreso y Exposición de Ciencias Geográficas de Venecia, publicando, en 1882, la «Reseña del Congreso y Exposición de Geografía de Venecia».

Tomó parte principal en los trabajos para la división del territorio nacional en zonas para el reclutamiento del Ejército y establecimiento de reservas y depósitos, adoptado por el ministerio de la Guerra y publicado, con un mapa, en agosto de 1882.

En 3 de julio de 1880 fué ascendido a ingeniero jefe de segunda clase del Cuerpo de Montes, continuando supernumerario en el Instituto Geográfico y Estadístico.

En 29 de marzo de 1882 fué nombrado Comendador de número de la Orden Española de Isabel la Católica.

En 11 de agosto de 1882 el Rey Humberto de Italia le concedió la Encomienda de la Orden de San Mauricio y San Lázaro.

En 30 de abril de 1882 fué nombrado Caballero de segunda clase de la Orden del Mérito Naval.

En 17 de septiembre de 1882 Caballero de tercera clase de la Orden del Mérito Militar.

En estos años tomó activa parte en las tareas del Ateneo, siendo secretario de sección, primero, vicepresidente de la Sección de Ciencias y vicepresidente de la Junta directiva, habiendo contribuido a la construcción del actual edificio.

Sin dejar los trabajos del Instituto, fué nombrado profesor por Real orden de 11 de septiembre de 1886 a 1890, de Topografía y elementos de Geodesia en la Escuela General Preparatoria de Ingenieros y Arquitectos, llamada Politécnica, habiendo, en 1887, desempeñado interinamente la Dirección de dicha Escuela.

En 26 de noviembre de 1888 fué nombrado ingeniero jefe de primera clase del Cuerpo de Montes.

En 7 de noviembre de 1890, después de algún tiempo de ser interino, fué nombrado director general del Instituto Geográfico y Estadístico, cargo que desempeñó sin interrupción hasta el 12 de julio de 1895.

En 20 de julio del mismo año se le confiere la Comisión extraordinaria de formar una recopilación de la legislación de Montes, tomando posesión de su cargo el 13 de julio, una vez que cesó en el de director general del Instituto Geográfico y Estadístico.

En 29 de noviembre de 1886 fué agraciado con la Gran Cruz de la Real Orden de Isabel la Católica.

Por Real decreto de 23 de septiembre de 1892 fué nombrado geodesta primero honorario, disponiendo figurase a la cabeza del escalafón, por iniciativa de los geodestas.

En 1892 fué nombrado miembro *honoris causa* del Instituto Estadístico de Londres.

En 22 de diciembre de 1888 fué elegido Académico de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, tomando posesión en 1.º de julio de 1890.

Fué elegido secretario perpetuo de esta Corporación en 1905.

En 21 de febrero de 1891 fué nombrado delegado de España en la Asociación Geodésica Internacional para la Medición de la Tierra, asistiendo ese año a la reunión que tuvo lugar en Florencia. El año 1892 asistió a la reunión de la misma Asociación, en Bruselas, y a la de Ginebra el año 1893, y a la siguiente en 1894, en Inspruck, y a la de Berlín de 1895, no asistiendo a la de 1896 por haber cesado en el cargo de director general del Instituto Geográfico y Estadístico. En 21 de junio de 1897 fué elegido para la Comisión permanente consultiva de la Asociación Geodésica Internacional, por unanimidad entre los miembros de dicha Asociación, quedando así unido a las tareas de esta Institución, a la que siguió perteneciendo hasta su muerte, en constante relación con sus principales miembros.

En 10 de abril de 1891 fué designado como vocal para la Comisión de estudio del plan de ferrocarriles secundarios, en la que permaneció hasta el 22 de julio de 1893.

En 4 de julio de 1891 fué nombrado delegado de España para concurrir a la tercera Conferencia del Instituto Internacional de Estadística en Viena, donde estuvo del 28 de septiembre al 3 de octubre. Desde esa época perteneció ya durante su vida al Instituto Internacional de Estadística, figurando a su muerte en las listas como único representante de España.

En 22 de enero de 1891 fué nombrado socio de honor del «Club Alpin Français» por sus trabajos de planos del Pirineo.

En 18 de diciembre de 1891 fué nombrado Académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona, con la que permaneció en constante relación y comunicación.

En 16 de febrero de 1892 el Gobierno del Japón le otorgó la Gran Cruz del Tesoro Sagrado del Japón.

En 17 de octubre de 1892 fué elegido presidente de honor del Congreso Geográfico Hispano-Portugués-Americano. Durante los meses de julio y agosto de este año desempeñó interinamente la Dirección general de Obras públicas.

En 21 de diciembre de 1893 fué elegido vocal de la Junta provincial de Beneficencia de Madrid, en la que continuó hasta su muerte, habiendo desempeñado cargos de la Comisión de Gobierno interior y en especial la del Hospital del Niño Jesús.

En julio de 1894 fué elegido vocal del Comité Internacional de Pesas y Medidas, asistiendo regularmente a París a las reuniones los años 1899, 1900, 1901, 1903, 1905, 1907, 1909 y 1913, habiendo dado cuenta siempre al Gobierno español de todas estas reuniones y de la marcha de la Sociedad en amplios informes. Durante la guerra mantuvo contacto con los principales representantes de todos los países, encauzando las opiniones y resolviendo arduas y delicadas cuestiones, logrando por fin, bien poco antes de su muerte, imponer su criterio de justicia y consideración a los neutrales.

En 27 de enero de 1896 fué nombrado individuo de la Comisión permanente del Consejo de Instrucción pública, en la que cesó en 19 de mayo de 1900.

Por Real decreto de 4 de diciembre de 1896 fué nombrado ingeniero jefe de primera clase con la categoría de jefe de Administración de tercera, y en 23 de febrero de 1897 se le nombró vocal de la Junta Consultiva de Montes, y por Real decreto de 16 de febrero de 1901, vocal del Consejo forestal, al que perteneció hasta su jubilación en 8 de septiembre de 1906, cesando en el servicio del Estado el 15 de septiembre de este año, cuando contaba sesenta de edad y cuarenta de servicio.

Ascendió a inspector general de segunda clase en 1.º de julio de 1902, y de primera clase en 23 de junio de 1906.

Por Real decreto de 20 de noviembre de 1896 fué nombrado comisario regio de la Escuela Central de Artes y Oficios, en que cesó por Real decreto de 26 de noviembre de 1898, por haber terminado la misión que se le encomendó de restablecer la armonía en el Claustro y enseñanzas de aquella Escuela, no obstante haber pedido el Claustro unánimemente su continuación.

En 1895 fué designado por S. M. la Reina Regente para profesor de Sus

Altezas Reales las serenísimas señoras Princesa de Asturias e Infanta doña María Teresa, cargo que desempeñó durante diez años. Desempeñando ese cargo asistió como vocal del Tribunal al examen solemne de matemáticas de S. M. el Rey Don Alfonso XIII (q. D. g.)

En 8 de noviembre de 1901 fué nombrado profesor de Historia Natural de S. M. el Rey, cargo que desempeñó hasta la mayoría de edad, continuando luego por Orden de 12 de noviembre de 1902, para seguir los estudios en forma de conferencias, hasta el año 1906.

En 15 de diciembre de 1905 fué agraciado por S. M. el Rey con la llave de gentilhombre de cámara con ejercicio.

El 14 de febrero de 1907 fué nombrado vocal de la Comisión Protectora de la Producción Nacional, y el 27 de Mayo del mismo año de la Junta de Protección de la Industria Nacional.

En 1910, miembro de la Asociación Internacional de Academias.

En 9 de febrero de 1911, vocal de la Junta Consultiva para el Monopolio de la Fabricación y venta de Cerillas y Fósforos.

Por Real decreto de 27 de marzo de 1918 fué nombrado director general de Correos y Telégrafos, con el Gabinete llamado Nacional, cesando en 27 de noviembre del mismo año.

Perteneció, desde su fundación, a la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, presidiendo la Sección de Ciencias aplicadas, y asistiendo a los Congresos de Zaragoza, Madrid, Sevilla y Bilbao, en todos los cuales tomó activa parte.

Por último, intervino muy de cerca con el Sr. Laviña, en la organización del primer Congreso de Ingeniería Española, en el que figuró como presidente de Sección de la de Industrias forestales, y en ella dirigió eficazmente los trabajos, asistiendo con puntualidad y asiduidad a todos los actos del Congreso y Exposición.

OBRAS PUBLICADAS POR EL EXCELENTÍSIMO  
SR. D. FRANCISCO DE P. ARRILLAGA Y GARRO

1869. «Estudios forestales del Reino de Prusia. Maridd».
1872. Traducción del alemán del «Compendio de valoración de Montes», por el Dr. Gustavo Heyer. Madrid, 123 págs.
1875. «La producción forestal». Memoria sobre la parte dasonómica de la Exposición Universal de Viena de 1873, publicada de orden del Ministerio de Fomento. Madrid, 347 págs. y 19 láminas.
1879. «Geografía física del mar». Conferencia leída ante la Sociedad Geográfica de Madrid el 5 de abril de 1878. Madrid, 23 págs.
1882. «Reseña del Congreso y Exposición de Geografía en Venecia», publicada de Real orden. Madrid, 173 págs.
1890. «Discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales».
- 1893, 1898, 1901 y 1907. «Discursos de contestación a los de ingreso en la misma de los Sres. D. Eduardo Torroja, D. Diego Ollero, D. Leonardo Torres y D. Nicolás de Ugarte».
1916. «Discurso leído en la sesión celebrada por la misma Real Academia en la solemne entrega de la Medalla Echegaray al excelentísimo Sr. D. Leonardo Torres y Quevedo».
- 1905 a 1919. «Reseñas anuales de los trabajos de la Academia en los Anuarios respectivos».

# CONTESTACIÓN

DEL EXCMO. SEÑOR

D. AMÓS SALVADOR

SEÑORES:

**N**o puedo pedir a mi pluma que escriba una sola palabra para esta solemnidad, motivada por la pérdida del Sr. Arrillaga, porque se negaría a ello, afligida y apesadumbrada, si no dedicara las primeras a su memoria.

Nada tengo que añadir a lo dicho tan elocuentemente por el nuevo Académico, que tan a maravilla ha dibujado la respetable figura del hombre de ciencia, activo, trabajador, perseverante, estudioso y cultísimo, así como del caballero intachable, honrado y austero; pero no puedo excusar yo el recuerdo, en homenaje del amigo queridísimo, con quien he vivido muchos años en armonía perfectísima y del Secretario que compendia en sí toda la Academia, que era la Academia misma, y, además, ordenada, seria, ejemplar y estimable. Reciba, pues, en el Cielo, morada perdurable de los buenos, el abrazo cariñoso que mi amistad le dedica.

Viene a reemplazarlo un hijo de Torroja; de aquel Torroja compañero y amigo nuestro, tan admirado y querido; de aquel Torroja tan virtuoso y tan sabio; de aquel Torroja, al que, con sólo que procure parecersele, tendrá bastante su hijo para ser memorable.

¡Y ya se le parece!

¡Y ya es también memorable!

¡Porque, por parecersele, es ya esclarecido geómetra!

Nació el 11 de marzo de 1884.

Se hizo Licenciado en Ciencias Exactas en 1904, con nota de sobresaliente y premio extraordinario, ingresando el mismo año en la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Doctor en Ciencias en 1907, versó su tesis doctoral sobre «Fototopografía Teórica y Práctica», y fué calificado de sobresaliente.

Mediante oposición obtuvo el premio extraordinario del Doctorado.

El mismo año, estando en la Escuela de Ingenieros, fué invitado por el profesor Ed. Dolezal, Rector de la Escuela Politécnica de Viena, para figurar como colaborador fijo en el *Internationales Archiv für Photogrametrie*, revista científica dedicada exclusivamente a los progresos de la fotogrametría.

Ingeniero de Caminos en 1909, con el núm. 1 y nota de «muy bueno» fué pensionado al terminar la carrera por la Escuela del ramo, para ir a varios países en viaje de estudios. Visitó en Viena el Instituto Geográfico Militar y asistió a los primeros pasos del estereoautoógrafo de Orel.

A su regreso, sirvió al Estado cinco meses en la División Hidráulica del Ebro, y quedó supernumerario para colaborar en el magno proyecto de los riegos del Alto Aragón, donde estuvo dos años:

Terminado este estudio volvió al extranjero, pensionado por la Junta de Ampliación de Estudios, para estudiar esta vez los métodos fotogramétricos en Alemania, Austria, Francia y Rusia, presentando a su regreso una Memoria titulada *Levantamiento de Planos por medio de la Fotografía estereoscópica*, publicada en 1913 en el tomo XI de las *Memorias de los Pensionados*.

En 1912 fué nombrado, por concurso, Ingeniero geógrafo, y dos años más tarde, le encargó la Dirección del Instituto Geográfico y Estadístico del ensayo del método estereofotogramétrico en la Sierra del Guadarrama. En virtud de los excelentes resultados obtenidos,

se adoptó el método para los trabajos del Mapa nacional en países montañosos, y desde entonces es Jefe del servicio fotogramétrico.

En 1913 fué nombrado auxiliar técnico del Laboratorio de Automática, dirigido por nuestro ilustre compañero Sr. Torres Quevedo, en el que trabajó cinco años, dedicándose a la construcción y ensayo de aparatos que luego se destinan a la Dirección General de Obras Públicas y al Instituto Geográfico y Estadístico.

En la Exposición aneja al primer Congreso Nacional de Ingeniería se le concedió una medalla de oro por su fototaquímetro.

Socio fundador de la «Sociedad Matemática Española» y Miembro de la «Real Sociedad Geográfica» y de la «Asociación para el Progreso de las Ciencias», presentó comunicaciones a tres de sus Congresos.

Finalmente, entre las publicaciones que yo conozco, puedo citar las siguientes:

1. «Fundamento teórico de la Fototopografía» (1907).
2. «Aplicación de las Coordenadas proyectivas al problema general de la Fototopografía» (1908).
3. «El problema de la orientación de las vistas en Fototopografía» (1908).
4. «Le problème générale de la Photogrammetrie et de la perspective en Coordonnées projectives» (1909).
5. «Aplicaciones métricas de la Estereoscopia» (1909).
6. «Sur une question de priorité à propos du Théorème de Hauck» (1910).
7. «Notes historiques sur la Photogrammetrie en Espagne» (1911).
8. «Levantamiento de planos por medio de la Fotografía estereoscópica» (1913).
9. «El Estereoautógrafo de E. von Orel» (1913).
10. «Notas sobre el Método fotográfico estereoscópico» (1913).
11. «Sobre los progresos de la Fotogrametría en España» (1915); y
12. «La Estereofotogrametría». Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros civiles de España (1915).

Como veis, por sus trabajos meritísimos y por sus descubrimientos, el Sr. Torroja es personalidad del mayor relieve en el novísimo

método de levantamiento de planos por medio de la fotografía, y singularmente de la estereoscópica; de suerte que podemos, orgullosamente, decir que desde el general Terrero, que dió el teorema fundamental, injustamente conocido con el nombre de «Hauck», hasta el Sr. Torroja, los españoles han tenido en el desenvolvimiento de este invento una participación muy gloriosa.

Y porque tiene esa participación en el suceso, y porque de ello sabe tanto, lo ha elegido para tema de su discurso. ¡Y qué tema para mí tan interesante, si mis ideas me permitieran acariciarlo, nada menos que acariciarlo, porque estoy desde muy antiguo de él enamorado!

Siempre he creído que lo primero que tiene que hacer un gobernante es conocer bien, desde todos los aspectos imaginables, el país que haya de gobernar, y como uno y principalísimo de esos conceptos, el territorio nacional; y para ello es esencialísimo el tener en el gabinete de estudio y sobre la mesa de trabajo ese terreno, representado en planos, con el detalle, la escala y circunstancias apropiadas para conocer en cada punto su altitud y relación con los circundantes. Y por eso, siempre que he sido Ministro de Hacienda, he dedicado mi atención especial al Catastro, y cuando lo he sido de Instrucción pública, he mirado con el mayor interés el perfectísimo que forma el Instituto Geográfico y Estadístico; y como cuando lo he sido de Fomento y cuando me he dejado llevar de mi afición a los estudios militares, he reconocido y afirmado mis convicciones sobre su importancia, al ver ahora cómo se puede, por el nuevo sistema, abreviar el tiempo necesario para obtener los planos y disminuir asombrosamente los gastos, no es de extrañar que me sienta más entusiasmado que los más entusiastas por el nuevo sistema, que tan a maravilla resuelve esos dos extremos fundamentales.

¿Quién había de decirme a mí, que hace un tercio de siglo escribí en un periódico, cuyo nombre no recuerdo, un artículo que no conservo, llamando la atención sobre el porvenir que esperaba al levanta-

tamiento de planos por medio de la fotografía, que al cabo de ese tiempo, muy sobrado para convertir un hombre robusto en un viejo achacoso, pero insignificante en la vida de la ciencia, lo había de ver hoy terminado y a punto de que, si no puede decirse que sea imposible algún perfeccionamiento, ya que es difícil imaginar algo que no pueda perfeccionarse, cabe afirmar sin pretensiones de adivino que, en el fondo, se ha llegado al final, y que será el método empleado exclusivamente, cuando en vez de manejar aparatos que pesan más de una tonelada y que cuestan muchos miles de duros, se utilicen otros más livianos y más al alcance de las modestas fortunas?

Así es que, si siguiendo mis convicciones y mis costumbres relacionadas con estos actos, en tan repetidas ocasiones expuestas, las cuales no me permiten tocar el discurso del Académico recipiendario ni para enaltecerlo, sino tomar un tema derivado de él para desenvolverlo, bien pudiera pensar que, en este caso, me sería lícito esclarecer el concepto de la «urgencia y necesidad de emplear el sistema estereofotogramétrico para el transporte del territorio nacional al Laboratorio o gabinete de trabajo, haciendo resaltar los resultados increíbles que se obtendrían en la Agricultura, en la Minería, en el ministerio de Hacienda, con el objetivo de la perecuación de ciertos impuestos; en el de Fomento, con el rápido y más barato estudio de las obras públicas, singularmente para el de las cuencas hidrográficas; en las aplicaciones de todas las ingenierías y de la Arquitectura, y finalmente, para la resolución acertada del fundamental problema de la defensa nacional». Pero ese tema no cumpliría con la segunda condición que siempre les impongo, que es la de que sea secundario, que no haga sombra al discurso a que se contesta, y éste no lo desenvolvería en menos espacio que el que ha necesitado aquel del que se deriva.

Prefiero tomar otro más sencillo, más fácil de ser desenvuelto al correr de la pluma y más atractivo desde ciertos puntos de vista. Me lo sugiere la juventud del nuevo compañero, que es lo más simpático

de lo nuevo, y la de la novísima aplicación de la Geometría descriptiva, de que ahora tratamos y de la que he sido en mis mocedades entusiasta aficionado.

Me explicaré.

Siendo como soy el más respetuoso de la antigüedad y el más enamorado de lo nuevo, pudiera decir que me he pasado la vida combatiendo el exagerado amor de lo antiguo y de lo nuevo, que nos lleva a verdaderos dislates.

Respecto de lo primero, me remito a los artículos que publiqué en el *Boletín de la Academia de Bellas Artes de San Fernando* «Sobre la conservación de los monumentos arquitectónicos», en los que creo haber demostrado que el respeto a la antigüedad de las ruinas no tiene fundamento, porque como tales ruinas son siempre recién nacidas y no tienen antigüedad, y porque hay que distinguir este valor de antigüedad, que nunca tienen, con el valor arqueológico que siempre atesoran.

Y voy ahora con el exagerado amor a lo nuevo.

No puedo negaros que hay en mí cierta especie de travesura al adoptar ese tema, porque me permite defenderme, poniendo los puntos sobre las íes, de los que me preguntaran cómo compaginaba este movimiento de entusiasmo por las novedades cuando tanto he hablado y escrito contra ellas.

Afirmo, desde luego, que yo las he combatido principalmente como gobernante, y hay que hacer desde ahora una distinción entre las aplicaciones a la gobernación de los pueblos, de las Ciencias matemáticas y fisicoquímicas, y las morales y políticas.

¿Se podría combatir lo mismo el binomio de Newton, el teorema de Sturm o la teoría de la gravitación universal, como la ley de la oferta y la demanda? ¿Se prestan tanto a la crítica las aplicaciones que hace el Estado, de la Ciencia, para el estudio de las transformaciones del trabajo mecánico de los ríos, convirtiendo unas fuerzas físicas en otras, según convenga a las necesidades públicas, como

se prestan a ello las doctrinas del libre cambio y del proteccionismo, o las relacionadas con la enseñanza, en las cuales los intelectuales más encumbrados de la tierra profesan las opiniones más diversas y opuestas? ¡Se ve, pues, que no son lo mismo unas novedades que otras, según sea el origen científico de que proceden!

Se ve que se puede ser, como gobernante, muy opuesto a ciertas novedades, y como tal también, y más especialmente como hombre de ciencia, recomendar y ser decidido partidario de otras novedades; pero esto es lo que me propongo detallar algún tanto.

Nada justificaría, no digo la aversión o antipatía, sino el mero desvío del invento, del descubrimiento, que son el alma con cuyo aliento vive el crecimiento científico, del que pende la civilización de los pueblos y el progreso humano, en el que se inspira la mejora de los tiempos y, por lo tanto, la de nuestra propia vida, tanto física como intelectual y moral. Pero, al escapar de ese peligro, es preciso no ir a caer en otro, acaso peor; hay que detenerse en otro extremo, que hay que conocer para rehuirlo igualmente, a saber: la afición desmesurada a lo nuevo, el amor exagerado por la novedad, la manía lamentable de dejarse arrastrar por lo desconocido, sin energía para defenderse, como si no fuera forzoso averiguar antes si lo nuevo es asimismo bueno.

Con mucho gusto haría yo ahora un trabajo destinado a combatir esa predisposición patológica, que arrebató a muchas adorables gentes hacia esos límites amorosos, tan perturbadores como demostraría si no me lo impidieran, entre otras razones, las del limitado espacio de que dispongo, según he indicado hace un momento. Además, sería muy difícil esquivar el estilo humorístico; y el donaire, el gracejo, sientan bien en la juventud, donde a todas horas retoza la alegría; pero, a mi edad, en actos tan formales como éste y presidiendo una Academia, si cayera en esas donosuras, habría, según frase corriente, ¡que pegarme un tiro! Diré, por lo tanto, del modo más serio, lo estrictamente indispensable para proporcionar un cabo a gen-

te tan entendida como la que me escucha dei que pueda tirar y arrojar en ovillo toda la cuerda, en cuyo punto final verá confirmadas, con más detalle, las conclusiones a que más brevemente me propongo llegar.

Si el amor a lo nuevo, cuando se exagera, es lamentable, cuando se complica con el amor a lo grande, y, sobre todo, con el amor a lo extranjero, hay que tenerle verdadero miedo. Y con más razón todavía si se rozan esos amores con las costumbres que son el fundamento de las leyes, por lo cual decía que como gobernante, como legislador, singularmente, los combatía.

No quiero deciros los muchos casos que he visto de amigos míos que se han arruinado porque, creyendo que eran inventos de gran aplicación entre nosotros los artículos o más bien anuncios tendenciosos que leían en periódicos extranjeros, a los que estaban suscritos para no olvidar esas lenguas, se metieron, sin entender nada de ello, en asuntos eléctricos, en la cría de animales domésticos, en la purificación y conservación de los vinos, en la de embutidos, en la utilización de maquinaria de géneros muy diversos, y en otras mil empresas parecidas a éstas, de las que salieron sin una peseta, pero de ninguna manera escarmentados.

No vale la pena de fijarse en esto, porque, aun cuando estos fracasos individuales sean muy de lamentar, tienen escasa trascendencia. Puede decirse de ellos lo que de los pedriscos: que «empobrecen, pero no encarecen». Aquel a quien un pedrisco le alcanza, puede quedar empobrecido; pero nunca la baja de la producción se hace bastante sensible en la cosecha para que afecte a los precios, elevándolos. Así mismo, con los errores que dejo apuntados pueden arruinarse algunos particulares, sin que la desdicha se extienda a la masa general del país; pero si esa manía de lo nuevo y de lo grande y de lo extranjero es enfermedad de políticos, entonces hay que tenerles más miedo que a las centellas; porque el rayo ocupa el pequeño espacio de su trayectoria lineal y daña puntos muy limitados de su carrera,

y cabe recogerlo con una punta metálica y llevarlo encadenado a hundirse en el sitio preciso de la tierra donde convenga sumergirlo, mientras que las novedades extranjeras implantadas de golpe y sin discreción en país que no las reclama, son como fenómenos cósmicos asoladores que descargan a la vez sobre todo el territorio nacional y lo aniquilan y destruyen.

Y aquí es donde, precisamente, tendría verdadera importancia y trascendencia lo que pudiera decir, porque conozco cosas tan funestas y de tanta enseñanza, que con sólo contarlas, sin comentario alguno, lograría que se aborrecieran apenas fueran conocidas; pero no puedo meterme en esa empresa, porque se referirían a varias personas de mi mayor estimación y cariño, que han gozado fama muy merecida de políticos eminentes, ciudadanos cultísimos y hombres austeros y virtuosos, los cuales serían conocidos apenas citara los hechos, y sería imperdonable que los entregara a la censura por ciertos aspectos, sin que a la vez los encomiara por otros que no sería del caso tratar ahora. Sólo diré, en general, algo de lo que caracteriza a los que se dejan arrastrar por ese amor, que como todos los amores es impetuoso, exagerado y violento.

Empiezan por tener en su biblioteca los grandes diccionarios enciclopédicos ingleses o alemanes, y como cada día tiene su actualidad, les basta madrugar un poco, ser curiosos y enterarse de lo que esos diccionarios les dicen con aplicación a aquel momento, para poder, con lo que han leído por la mañana, *improvisar* por la tarde en Academias, Ateneos y Cuerpos colegisladores, lo que les da fama de cultos y aptos para dirigir la opinión y las tareas legislativas. Es muy difícil que nadie les vaya a la mano, porque no es nada fácil descubrirles el secreto. Primero se necesita saber esas lenguas extranjeras, y no ligeramente, sino a conciencia; después, es necesario tener esos diccionarios que cuestan muy caros; luego es preciso leerlos, todo lo cual va disminuyendo mucho el número de los que pueden estar en el mismo caso. y si alguno se encuentra en él, no se

cuida tanto de denunciarlo como de sacar igual provecho de esa cultura. Y resultado de ella es conocer la legislación adecuada al caso de que se trate, en todos los países, y el deseo, mejor dicho, la manía de querer implantarla entre nosotros, con lo cual se nos ha hecho un daño incalculable; y es casi imposible evitarlo cuando su implantación se la proponen figuras altísimas de la oposición, y mucho más cuando llegan a ser gobernantes estos apreciables maníacos.

Bueno es conocer lo que pasa en el extranjero, porque el saber no ocupa lugar y puede servir de estimulante y de materia de consulta muy interesante; pero pensar que sin adaptarlas a nuestro temperamento y circunstancias pueden copiarse las leyes extranjeras, es delirar y hacer víctimas a los nacionales, de esos delirios.

Las condiciones geográficas, climatológicas, orográficas y étnicas definen las razas y las costumbres, bien diversas en los diversos paralelos y latitudes; y para las costumbres, como ya he indicado, se hacen las leyes, y no para las leyes, las costumbres; y cuando las leyes se inspiran en las costumbres, con facilidad arraigan; pero cuando las costumbres han de acomodarse a las leyes y modificarse con éstas, o no se consigue nada, ¡o hay que esperar un rato a que eso suceda!

Proguntaron a Solón si había dado a los atenienses las mejores leyes, y contesto: «Las mejores de las que podían recibir.» ¡Y la respuesta es como de Solón! Por bueno que sea lo extranjero, no por eso sólo ha de pensarse que debe y puede introducirse en otra parte; hace falta saber si está en condiciones de recibirlo, y en qué forma habría de modificarse para que lo recibiera, dado caso que no fuera en absoluto rechazable.

¿Y cómo se conoce lo extranjero? ¿Hay cosa más difícil? Se puede conocer, sin temor a equivocarse, lo que pasa en las Cámaras legislativas cuando se leen sus diarios de sesiones, o su legislación cuando se revisan las colecciones de sus leyes, o su historia cuando se lean sus historiadores de nota; pero los usos y costumbres es tarea de dioses más que de hombres el conocerlas. Se muere uno

de viejo, habiendo hecho labor de su vida el conocer las costumbres del territorio donde vive, y se va de este mundo sin conseguirlo. ¡Cómo se conocerá lo extranjero! Estoy seguro de haber tratado alguna vez este asunto, y si recordara dónde, lo copiaría; pero no lo recuerdo. Y decía algo como esto: los españoles del Norte no sabemos distinguir la inmensa variedad de cantes y de bailes andaluces; allí mismo son pocos los que diferencian las malagueñas, sevillanas, soleares, peteneras, etc., etc. Ni siquiera entendemos lo que nos hablan en la misma lengua con lo que, por su especial pronunciación, *se comen*.

Las jotas de mi tierra no las sé yo distinguir de las de Navarra, Aragón o Valencia, y otros saben cuál es la de Zaragoza, Logroño, Puente, la Aben Jot, etc., etc.

Siempre me ha vencido la risa cuando he oído decir:

«Voy a Marruecos para enterarme por mí mismo de aquel problema tan interesante para nosotros, o a Barcelona, para la cuestión catalanista, o a Londres para la cuestión social.» ¿En quince o veinte días, enterados? ¿Entrar en una población de cuatro o cinco millones de habitantes y pretender averiguar en unos cuantos días ni en unos cuantos meses lo que pasa en barrios de los más apartados y diferentes, que en muchos años no se acabarían de recorrer con alguna detención, no puede mover más que a risa! Se sabrá de ello lo que digan las personas con quienes se trate, y si fueren otras distintas, distintos serían los juicios que se formarían.

La Geometría descriptiva define el punto de vista donde ha de colocarse el ojo para ver una perspectiva; pero no conozco geometría que defina el punto de vista donde haya de colocarse la razón para mirar tantos y tantos problemas sociales como se resumen en la palabra Política. Por el acierto en elegirlo, sabiendo descartar los accidentes engañosos con excepcionales condiciones de entendimiento y de instinto, se caracterizan los grandes estadistas. ¡Y cuánto escasean!

Ni valen para formar los juicios lo que digan de lo extranjero a los nacionales, los escritores que les cuentan en su propia lengua los usos y costumbres de otros pueblos, ni lo que dicen en éstos sus naturales.

Para demostrar cómo se equivocan los que afirman su conocimiento de lo extranjero, sería curioso el poner de manifiesto ahora las opiniones de Madame de Staël, de Víctor Hugo, de Renán y de tantas otras lumbreras de la intelectualidad francesa, para ver si después de la guerra del 70, y de cuarenta y cuatro años de preparación para la del 14, y de las catástrofes a que ésta ha dado margen, aniquilando al mundo, podría sostenerse que eran los alemanes pacifistas inofensivos, y que Alemania y Francia habían nacido para vivir unidas, siendo el corazón la primera y la cabeza la segunda, y que, al fin, la cordialísima unión de Alemania, Inglaterra y Francia, asegurarían la paz y la prosperidad sobre la tierra: ¡cuando se hace tan difícil imaginar que puedan dejar de ser enemigas durante muchos siglos, si es que pueden dejar de serlo de modo perdurable!

Estos errores han sido después reconocidos por sus propios autores; mas no por eso dejaron de serlo, en su día, y con la rectificación se confirman.

Pero habrán de bastar a mi propósito recuerdos más palurdos y también más regocijados.

Es de todos bien conocido lo que han dicho de España los Dumas y otros muchos de nacionalidades muy diversas, cuya enumeración sería interminable, los cuales hacen pasar ratos agradabilísimos, porque hasta parece mentira, y aun cosa inverosímil, que se puedan decir con tanta seriedad tantos disparates.

No puedo, sin embargo, resistir a una tentación, que consiste en contaros lo que dice que vió un autor, cuyo nombre no recuerdo, de las corridas de toros, que es de lo que tratan con una predilección más marcada en las costumbres españolas. Dice que en el torrente de alegría que llena la calle de Alcalá al ir a la plaza, con aquella atmós-

fera esplendente, aquel cielo tan azul y aquel sol tan deslumbrador, vió entre la muchedumbre de personas que iban a pie, a caballo y en coches de las más variadas formas, a los picadores, con un hombre vestido de colorado en la grupa, las riendas en la mano izquierda y en la derecha ¡*la lanza!* Bien está que viera a la grupa lo que nosotros llamamos *monos sabios*, y en la izquierda las riendas, porque eso hacen todos los caballistas; pero que llevaran en la diestra la lanza, que no usan jamás, sino la garrocha, y ésta sólo en la plaza, ¡ya es ver! ¡Pues vió mucho más! Vió en un coche abierto de dos asientos, al renombrado espada Frascuelo, con el traje de luces, y apoyadas las manos en la empuñadura *del sable*. ¡Ni los Espadas van en Manuelas, porque van en coches de más asientos con la cuadrilla, ni usan para nada el sable, ni la espada con que matan la llevan nunca por la calle! Y si eso vió antes de llegar a la plaza, fácilmente adivinaréis lo que aquel buen hombre vería durante la corrida, con sus propios ojos, que no pudieron ver ni los suyos ni los de otro alguno, porque eso no se ve jamás en esas diversiones!

Y tampoco sirve lo que dicen los nacionales, porque, tomando la misma fiesta por ejemplo, según unos que la detestan, se creería que están todos en España ganosos de su extirpación, y que los miles de almas que de ordinario acuden a ellas, lo hacen a la fuerza y para bostezar, mientras que, según otros, es tan indispensable y fundamental para los españoles, que si por azar desapareciera, desaparecería España entera de la superficie del Globo.

¡No se pueden conocer los usos y costumbres de los pueblos con la facilidad que se piensa! Se necesita mucho tiempo, mucho estudio, mucho talento y mucho ingenio para llegar a saber algo; y cuando se desconoce lo propio o, al menos, no se le conoce debidamente para darle aplicaciones políticas, ¿cómo pretender el conocimiento de lo extranjero para iguales fines? ¿Y cómo pensar que pueda ser beneficioso, sino por el contrario, perjudicialísima, la intromisión de lo ajeno por el amor de lo nuevo?

En varios momentos de este trabajo he estado a punto de demostrar lo extendida que se halla esa manía, citando el caso de una cierta persona, y me retraía cierto género de vergüenza. ¡Por que era yo mismo! Pero no quiero acabarlo sin hacer confesión ante vosotros y propósito de la enmienda, para que, con vuestra absolución, de la que estoy cierto, recobre la tranquilidad del verdadero justo. ¡Hablaba y escribía contra el amor a lo nuevo, y pecaba yo mismo!

Yo también he tenido la manía de la novedad, y desde hace mucho tiempo y con gran extrañeza de algunos, he procurado llevar gente nueva y joven a las Cátedras, a los Consejos, a las Academias y a todas partes, porque decía que no podía sacarse tanto partido de la gente marchita, a punto de deshojarse y dejando caer a la vez los frutos averiados, como de los capullos más lozanos y frescos, capaces de abrirse en flores y de deleitarnos con la variedad de sus colores, lo exquisito de sus perfumes y lo sazonado de sus frutos. ¡Ay! Pero si de algunos he quedado tan contento, que no acabo de regocijarme con lo hecho, he tenido con otros tales desengaños, que no acabo de arrepentirme; y este es mi propósito de la enmienda, porque me he convencido de que algunas veces no se hace un bien a las Corporaciones donde se les lleva, y a ellos se les hace un mal. Las improvisaciones, por lo regular, hacen engreidos y presuntuosos. ¡Bueno es ser hombre de cultura; pero hay antes que ser hombre! ¡Bueno es pasearse por la ciencia, escalando sus escabrosidades y arideces, hasta doblar las más empinadas cumbres de la sabiduría; pero no menos es conveniente pasearse por la tierra, soportando los desengaños y contrariedades hasta saberse dominar. por haber llegado a ser hombre de mundo! Para lo primero, pueden bastar las precocidades; pero lo segundo sólo se consigue viviendo, y cuanto más mejor. porque los hombres, como los vinos, para llegar a hacerse exquisitos necesitan ser añejos.

Ya sabéis ahora por qué abomino lo nuevo y qué es lo nuevo que

abomino, así como por qué soy un enamorado de ciertas novedades y cuáles son éstas, y en qué se diferencian unas de otras.

Y por eso recomiendo y encomio la necesidad de adoptar oficialmente y lo más pronto posible la estereofotogrametría, esa preciosa aplicación de la Geometría descriptiva, que, partiendo de la perspectiva que da la representación de los objetos, no como son, sino como se ven, resuelve el problema de representarlos en planos y medirlos como son, y manejando, para ello, la maravilla de automática debida al sutilísimo ingenio del capitán Orel. Porque para los centros oficiales no puede ser obstáculo el peso de los aparatos ni el coste, cuando dan tanta rapidez, tanta exactitud y tanta economía sobre los métodos ordinarios.

Por todo lo dicho, se acrecienta mi regocijo al dar la bienvenida al nuevo Académico, en nombre de la Corporación, puesto que, además de ser un Ingeniero de la especialidad que también es la mía, por su juventud le quedan aún muchos años para ser útil en esta Casa, y por su experiencia es de los hombres de mundo de quienes tengo la certeza de que no desmentirá la tradición de su padre, y que será orgullo nuestro; por todo lo cual, repito, que, con singular complacencia le salgo al encuentro para decirle: «Entra, compañero querido, que los que aquí lo han de ser tuyos te esperan con los brazos abiertos, y en nombre de todos... ¡tu viejo jefe!