

El levantamiento del mapa topográfico a escala 1:50.000 en Cataluña (1912-1932)¹

Luis Urteaga
urteaga@ub.edu

Francesc Nadal
fnadal@ub.edu

Universitat de Barcelona

Resumen

El primer levantamiento topográfico a gran escala del territorio catalán, efectuado con carácter sistemático, completo y uniforme, fue realizado entre 1912 y 1932. Este artículo estudia la organización del citado levantamiento, que formaba parte de la ejecución del *Mapa topográfico de España* a escala 1:50.000, y que en Cataluña fue llevado a término por el Instituto Geográfico y Estadístico y el Depósito de la Guerra. Se analiza el desarrollo de las labores topográficas, y se describe el personal y el instrumental empleado en las mismas. Una de las novedades de los trabajos topográficos conducidos en Cataluña fue la introducción de la fotogrametría terrestre en las zonas de montaña.

Palabras clave: cartografía topográfica, historia de la cartografía, Mapa Topográfico Nacional, Instituto Geográfico y Estadístico, Depósito de la Guerra.

1. Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación CSO2008-06031-C02-01/GE0G, financiado por la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación. Una versión preliminar del mismo se publicó formando parte del estudio sobre "La primera edición del Mapa topográfico de España a escala 1:50.000. Folls relatius a Catalunya (1910-1945)", en *Atles topogràfic-històric de Catalunya 1:50.000*, Barcelona, Institut Cartogràfic de Catalunya, 2012, 13-64. Estamos muy agradecidos por la ayuda prestada a Elena Camacho Arranz, Joan Capdevila Subirana, Jesús Sastre Domingo y Paz Vellón Serrano del Instituto Geográfico Nacional; Luis Magallanes del Centro Geográfico del Ejército; Jaume Massó, Carme Montaner, Rafael Roset y Marc Torres del Institut Cartogràfic de Catalunya; y nuestros colegas del Grupo de Estudios de Historia de la Cartografía Jesús Burgueño Rivero y José Luis Villanova Valero.

Resum: *L'aixecament del mapa topogràfic a escala 1:50.000 a Catalunya (1912-1932)*

El primer aixecament topogràfic a gran escala del territori català, efectuat amb caràcter sistemàtic, complet i uniforme, va ser realitzat entre 1912 i 1932. Aquest article estudia l'organització del citat aixecament, que formava part de l'execució del *Mapa topogràfic de España* a escala 1:50.000, i que a Catalunya va ser portat a terme per el Instituto Geográfico y Estadístico i el Depósito de la Guerra. S'analitza el desenvolupament de les tasques topogràfiques i se'n descriu el personal i l'instrumental emprat. Una de les novetats dels treballs topogràfics realitzats a Catalunya va ser la introducció de la fotogrametria terrestre a les zones de muntanya.

Paraules clau: cartografia topogràfica, historia de la cartografia, Mapa Topográfico Nacional, Instituto Geográfico y Estadístico, Depósito de la Guerra.

Abstract: *The survey of the Topographic Map at 1:50.000 in Catalonia (1912-1932)*

The first large-scale survey of Catalonia, done on systematic, comprehensive and uniform basis, was carried out between 1912 and 1932. This article examine the organization of that survey, which was part of the implementation of the Topographic Map of Spain at 1:50.000, and that in Catalonia was carried-through by the Instituto Geográfico y Estadístico and the Depósito de la Guerra. It analyzes the development of the topographic work, and describes the personnel and equipment used in them. A novelty of the survey conducted in Catalonia was the introduction of terrestrial photogrammetry in mountain areas.

Key words: topographic cartography, history of cartography, National Topographic Map, Instituto Geográfico y Estadístico, Depósito de la Guerra.

* * *

Entre 1912 y 1932 se llevaron a término las operaciones topográficas, de campo y de gabinete, necesarias para proceder a la formación de las hojas correspondientes a Cataluña del *Mapa topográfico de España* a escala 1:50.000 (actualmente *Mapa Topográfico Nacional*, MTN50). La importancia de estas operaciones es difícil de exagerar. Pese a la existencia de antecedentes destacados, se trata del primer levantamiento topográfico a gran escala que abarca todo el territorio catalán con carácter sistemático, completo y uniforme (ver Montaner, 2000; Burgueño, ed., 2008; Roselló, 2008). Una empresa cartográfica de gran ambición, que exigió movilizar a centenares de cartógrafos y emplear considerables recursos técnicos y económicos.

La carta topográfica española consta en total de 1.114 hojas, con un formato de 10' de latitud por 20' de longitud, ochenta y cinco de las cuales corresponden a Cataluña. Su levantamiento fue durante muchos años competencia exclusiva del Instituto Geográfico y Estadístico, la agencia cartográfica oficial española, que actualmente recibe el nombre de Instituto Geográfico Nacional.

Sin embargo, durante la dictadura del general Primo de Rivera pasaron a tomar parte en las operaciones topográficas los cartógrafos del Cuerpo de Estado Mayor. En consecuencia, en lo que se refiere a Cataluña, el levantamiento topográfico corrió a cargo de dos instituciones distintas: el propio Instituto Geográfico, que inició las operaciones de este género en 1912, y el Depósito de la Guerra, que efectuó trabajos en las provincias de Girona y Lleida entre 1924 y 1931.

La mayor parte del territorio se levantó mediante topografía clásica. No obstante, en la fase final del levantamiento, y en unas pocas hojas correspondientes a zonas de montaña, se empleó la fotogrametría terrestre. Ambos aspectos, la colaboración de cartógrafos civiles y militares, y el empleo de la fotogrametría terrestre, contribuyen a explicar la relativa rapidez del levantamiento, que quedó prácticamente concluido en dos décadas.

La literatura consagrada a la historia del mapa topográfico 1:50.000 es razonablemente generosa. La investigación realizada en las últimas décadas ha aclarado el marco político e institucional en que se gestó (Muro, Nadal y Urteaga, 1996), los pasos esenciales en el establecimiento de la red geodésica (Paladini, 1969; Castro Soler, 1991; Ruiz Morales y Ruiz Bustos, 2000; Ruiz Morales, 2005), la participación de diversas corporaciones profesionales en su formalización (Muro, 1991; Ruiz Morales, 2003), y el interesante proceso de ramificación de su serie matriz en múltiples ediciones nacionales e internacionales (Urteaga y Nadal, 2001). Lógicamente, la mayor parte de estos estudios han adoptado una aproximación global al mapa, considerándolo en su conjunto y de modo unitario. Sin embargo, los mejores conocedores de la carta topográfica española han advertido reiteradamente de su heterogeneidad (Núñez de las Cuevas, 1991 y 2007). Dada la cobertura territorial del 1:50.000, y su dilatado proceso de formación, hubo sucesivos cambios de criterio en la organización del levantamiento, en el instrumental empleado, en la redacción cartográfica, y en las técnicas de reproducción de las hojas. Debido a ello, puede resultar oportuna una aproximación centrada en una escala espacial más reducida, que es la que aquí se elige. Tal aproximación encuentra un buen precedente en los estudios sobre la demarcación de los municipios catalanes efectuada por el Instituto Geográfico (Ticó Duran y García Martínez, 1994; Capdevila, 2005).

El propósito de nuestro trabajo es doble: primero, dar cuenta de las vicisitudes del levantamiento de la carta 1:50.000; segundo, propiciar la consulta de la abundante documentación generada por esta operación cartográfica. La exposición se divide en cuatro partes. La primera describe la organización del levantamiento, y consigna el personal empleado en el mismo por parte del Instituto Geográfico. En la segunda se analizan las labores topográficas, poniendo énfasis en la planimetría, la nivelación y los planos de poblaciones. La tercera alude a los trabajos específicos desarrollados por el Depósito de la Guerra, y la cuarta a las operaciones de fotogrametría terrestre.

El personal del Instituto Geográfico y Estadístico en Cataluña: ingenieros y topógrafos

El levantamiento topográfico del territorio catalán requirió la movilización de un pequeño ejército de topógrafos e ingenieros geógrafos. La consulta de una copia de las planimetrías conservadas en el fondo documental de delimitación municipal del Institut Cartogràfic de Catalunya, cuyo original se custodia en el Instituto Geográfico Nacional, ha permitido lograr una identificación casi exhaustiva de este colectivo.² En concreto, se han podido identificar cincuenta y seis ingenieros geógrafos y ciento setenta y cuatro topógrafos que protagonizaron el levantamiento. A este nutrido colectivo hay que añadir cinco oficiales del Estado Mayor y once topógrafos militares del Depósito de la Guerra. En total, doscientos cuarenta y seis profesionales con una elevada cualificación.³ Detrás de ellos, y en un irreversible anonimato, una cifra mucho mayor de trabajadores que incluye delineantes, escribientes, portamiras, peones, y otro personal auxiliar. Según nuestras estimaciones es razonable suponer una relación de uno a cuatro entre la suma de ingenieros y topógrafos, y el resto del personal auxiliar. Si nuestros cálculos no andan errados, el levantamiento topográfico debió ocupar a no menos de mil personas. Creemos que estas cifras ofrecen una buena aproximación para calibrar la dimensión de la empresa cartográfica conducida en Cataluña en el primer tercio del siglo XX.

Debido al numeroso personal implicado en el mismo, el levantamiento topográfico exigió el establecimiento de una estructura estable en Cataluña por parte del Instituto Geográfico y Estadístico. Cuando iban a dar comienzo las operaciones en una nueva provincia se procedía a la creación de una oficina topográfica, denominada centro directivo, que tenía su sede en la capital provincial. El centro directivo quedaba a cargo de un ingeniero jefe provincial, y de un segundo jefe que era también ingeniero geógrafo. De estos centros provinciales dependían varias brigadas topográficas, cada una de las cuales estaba integrada por un ingeniero geógrafo, en calidad de jefe de la brigada, y de dos a cuatro topógrafos auxiliares de geografía.

El primer centro directivo fue creado en la provincia de Tarragona, en la primavera de 1912, y fue dotado inicialmente con ocho ingenieros geógrafos y veintiún topógrafos (Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, 1912a y 1912b). A cargo de todos ellos quedó un cartógrafo muy veterano, el ingeniero geógrafo Eduardo de Bordóns y Martínez de Ariza (1863-1918), que permaneció en Tarragona hasta 1917, año en que fue nombrado

2. *Fons documental de delimitació municipal de l'Institut Cartogràfic de Catalunya*. ICCB. Debido a la ilegibilidad de algunas firmas, las planimetrías no siempre permiten la clara identificación de los responsables del levantamiento. Para completar la información esta fuente se ha complementado con la consulta de los escalafones del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos y del Cuerpo de Topógrafos Auxiliares de Geografía. Cf. Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, 1910 a 1922.

3. La relación nominal completa de estos profesionales puede encontrarse en Nadal y Urteaga, 2012.

jefe de los trabajos topográficos de la provincia de Barcelona. Tras su traslado a Barcelona, le sucedieron en el cargo de ingeniero jefe provincial Rafael Páramo Bureau (1917) y José Pujades Salgado (1918-1920).

En 1913, y casi simultáneamente a la entrada en actividad del centro directivo de Tarragona, se había creado una oficina paralela en Barcelona. A ella fueron destinados inicialmente siete ingenieros geógrafos y una veintena de topógrafos. El primer responsable de la oficina topográfica de Barcelona fue Ramón Soto Bobadilla (1847-?), un hombre que tenía tras de sí un larguísimo peregrinar por media España, y también por los escalafones del Instituto Geográfico. Al alcanzar la jubilación, en 1917, asumió el cargo de ingeniero jefe el ingeniero geógrafo Ramón María Herrera Polo (1917-1920).

La trayectoria profesional de Eduardo de Bordóns y la de Ramón Soto anticipan el perfil biográfico de la mayoría de los ingenieros geógrafos que asumieron el cargo de jefe provincial de los trabajos topográficos en Cataluña. Eran profesionales con una sólida experiencia, buenos conocedores de las rutinas del levantamiento topográfico, y duchos en la dirección de equipos. Pero la mayoría de ellos se encontraban ya en el tramo final de su carrera. Cuando se organizó el centro directivo de Lleida, en 1918, la persona elegida para dirigirlo, Fernando Blanc Duquesnay,⁴ venía a abundar en el mismo perfil.

El modelo de un centro directivo por provincia fue temporalmente abandonado entre 1919 y 1921. En 1919, cuando estaba a punto de iniciar su actividad el centro directivo de Girona, el Instituto Geográfico y Estadístico decidió simplificar su organización periférica, creando un único distrito, o centro regional, que abarcaba las cuatro provincias catalanas. Al frente del mismo se situó un ingeniero geógrafo relativamente joven: Julián Freixenet Cortés.⁵

La experiencia del distrito único fue efímera. En 1921 el Instituto Geográfico mudó la organización anterior por otra basada en “Grupos topográficos” que podían operar en una o varias provincias, según las necesidades del servicio. En el territorio de Cataluña actuaron los grupos topográficos cuarto, quinto y sexto, con demarcaciones territoriales variables, y sedes cambiantes en Barcelona, Lleida y Zaragoza. En cualquier caso, los responsables de los grupos topográficos desempeñaban las mismas funciones que los anteriores jefes provinciales. A partir de 1921, y hasta la conclusión del levantamiento, actuaron en Cataluña como jefes de grupo topográfico los ingenieros geógrafos Juan López Lezcano (1921-1922), Domingo Sala Mitjans (1921-1923), Francisco Bellosillo Pérez (1921-1923), Antonio García del Real Manchola (1922-1927), Numeriano Mathé Pedroche (1922-1927), Alejandro García de Arboleya Gutiérrez (1922-1928) y, de nuevo, Julián Freixenet Cortés (1928-1929).

4. Fernando Carlos Blanch Duquesnay y Campbell había nacido en Liorna (Italia) en 1856. Ingresó como geodesta en el Instituto Geográfico y Estadístico en 1880. Permaneció en Lleida como jefe provincial de los trabajos topográficos entre 1918 y 1920.

5. Ingeniero agrónomo de formación, Julián Freixenet había nacido en Sádaba (Zaragoza) en 1879. Ingresó en el Cuerpo de Ingenieros geógrafos en 1911, y en 1920 fue nombrado jefe de la Región topográfica de Cataluña.

Los ingenieros jefes de cada provincia, y luego de los grupos topográficos, asumían la responsabilidad sobre todo el levantamiento. Distribuían a las brigadas las zonas de trabajo, establecían el calendario de las campañas, y estaban facultados para disponer las visitas de vigilancia y comprobación que juzgasen oportunas (Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, 1907 y 1920). Periódicamente debían informar a Madrid del trabajo realizado y sobre la conducta del personal a su cargo. También tenían competencia sobre el mantenimiento del instrumental y material de campo, debiendo justificar la solicitud de nuevo material en caso de deterioro del mismo. Cuando el trabajo de una brigada topográfica sufría demora, el ingeniero jefe provincial podía hacerse cargo de la misma, hasta normalizar su desempeño.

Los interlocutores directos de los responsables provinciales eran los ingenieros jefes de brigada. El empleo de jefe de brigada era una de las primeras responsabilidades que solía asumir un ingeniero geógrafo, usualmente nada más finalizar su reglamentario período de prácticas. Se desprende de ello que generalmente eran ingenieros jóvenes, y que existía una fuerte rotación en los destinos. Hemos identificado un total de cuarenta y cuatro ingenieros geógrafos que desempeñaron el cargo de jefes de brigada en Cataluña. Resulta en extremo difícil tratar de ofrecer un perfil ponderado de este colectivo. Algunos de ellos, tras una dedicación relativamente corta a la dirección de los trabajos topográficos, tuvieron una carrera profesional muy destacada. Este es el caso, por ejemplo, de Fernando Gil Montaner, jefe de brigada en la provincia de Barcelona entre 1914 y 1916, y luego protagonista de una relevante carrera como geodesta. Y también de Vicente Puyal Gil, activo como ingeniero geógrafo en Cataluña entre 1923 y 1927, y que posteriormente alcanzaría el cargo de director general del Instituto Geográfico Nacional. En otros casos, sin embargo, las operaciones topográficas en Cataluña no fueron una mera estación de paso, sino que constituyeron el eje de una dedicación profesional que se prolongaría durante muchos años. Cabe destacar, en este sentido, a los ingenieros geógrafos José Núñez Calderón,⁶ Francisco Javier Osés Clarés⁷ y Josep Soler i Bas.⁸

6. José Núñez Calderón nació en A Coruña en 1883. Cursó estudios en la Escuela especial de Ingenieros Industriales de Barcelona entre 1903 y 1907, y una vez obtenido el título, trabajó como ingeniero para la casa Bertrand e hijo de Barcelona (1909-1910). Ingresó en el Cuerpo de Ingenieros Geógrafos el 6 de marzo de 1912, realizando las prácticas reglamentarias de topografía en la provincia de Soria, y luego en el negociado de Geodesia. Fue destinado a la cuarta brigada topográfica de Barcelona el 9 de abril de 1913, donde en adelante transcurrirá toda su carrera hasta prácticamente su jubilación. Fue jefe de brigada en la provincia de Barcelona, desde 1913 hasta 1925, y en la provincia de Girona desde 1925 hasta 1929. El 12 de abril de 1929, cuando el levantamiento topográfico en Girona estaba a punto de finalizar, solicitó incorporarse a la segunda brigada de parcelación de Tarragona, donde había dado comienzo el levantamiento catastral. Regresó a Barcelona en 1930, al iniciarse los trabajos catastrales en esta provincia, manteniéndose como jefe de una brigada de parcelación hasta el estallido de la Guerra civil. Cfr. Archivo del Instituto Geográfico Nacional (en adelante IGNM). Serie expedientes personales. Tabla I. Expediente personal de José Núñez Calderón.

7. Francisco Javier Osés Clarés nació en Madrid en 1883. Ingresó en el Cuerpo de Ingenieros Geógrafos el 21 de marzo de 1910 y fue jefe de una brigada topográfica en las provincias de Zamora (1910) y Soria (1911). En abril de 1912 fue nombrado jefe de la tercera brigada topográfica de la provincia de Tarragona a las órdenes de Eduardo de Bordóns. Tras una breve estancia en Tarragona, tuvo el mismo cargo en la provincia de Barcelona desde 1913 hasta 1918, y de nuevo en la provincia de Tarragona desde 1918 hasta 1924. En mayo de 1924 fue destinado al cuarto Grupo Topográ-

De los cincuenta y seis ingenieros geógrafos que trabajaron en el levantamiento topográfico, bien como jefes provinciales, bien como jefes de brigada, hemos logrado averiguar el lugar de nacimiento de treinta y ocho de ellos (el 68%). De estos últimos tan sólo tres eran naturales de Cataluña: el ya citado Soler i Bas, Domingo Sala Mitjans, y Arturo Revoltós Sanromá. La cifra es llamativamente reducida: supone un 8% del total, y entraña un marcado contraste con el número de ingenieros nacidos en el País Valenciano (13%), en Aragón (16%) o bien en Madrid (24%). Naturalmente la reducida presencia de ingenieros catalanes destinados en Cataluña viene a reflejar el corto porcentaje de catalanes en el Cuerpo de Ingenieros Geógrafos.

Lo dicho sobre la procedencia geográfica de los ingenieros geógrafos vale también para los topógrafos, pero corregido y aumentado. Hemos logrado identificar el lugar de nacimiento del 95% de los ciento setenta y cuatro topógrafos destinados por el Instituto Geográfico en Cataluña. El resultado es francamente sorprendente. Tan sólo dos de ellos, Pedro Smith Fontana y Ferran Paladella Folqué, habían nacido en territorio catalán. La procedencia de sus colegas se reparte de modo muy desigual por toda la geografía española. A título de ejemplo, frente al poco más del 1% nacidos en Cataluña, el 7% nacieron en el País Valenciano, la misma cifra en Aragón, y un 20% en la provincia de Madrid. He aquí un buen tema de reflexión para los interesados por la sociología de las corporaciones profesionales. La abundancia de geómetras catalanes es un hecho bien establecido en la bibliografía, al menos desde la segunda mitad del siglo XIX (Nadal, Urteaga y Muro, 2006; Montaner, Nadal y Urteaga, eds, 2011). Sin embargo, estos profesionales no quisieron, o no lograron, abrirse paso hasta el Cuerpo de Topógrafos.

La labor topográfica: planimetría, altimetría y planos de poblaciones

La unidad del levantamiento topográfico era el término municipal. Dado que los municipios son muy heterogéneos en cuanto a su extensión superficial, el Instituto Geográfico había implantado el procedimiento de agrupar en un solo lote los términos municipales contiguos de poca superficie, y subdividir en varias zonas los de gran extensión (Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, 1920, p. 16-17). Este procedimiento era particularmente

fico (Madrid), solicitando poco después el pase a la situación de supernumerario. IGNM. Serie expedientes personales. Tabla I. Expediente personal de Francisco Javier Osés y Clarés.

8. Josep Soler i Bas nació en Tarragona en 1893, y estudió la carrera de ingeniero de montes en la Escuela de Villaviciosa de Odón. Ingresó en el Cuerpo de Ingenieros Geógrafos el 10 de julio de 1919 y en noviembre de ese mismo año fue destinado como jefe de una brigada topográfica a la provincia de Tarragona. Desde 1919 hasta 1929 trabajó como jefe de brigada en las cuatro provincias catalanas, siendo uno de los ingenieros más activos en los trabajos topográficos. Al finalizar el levantamiento en la provincia de Girona, en mayo de 1929, fue destinado a Madrid. Sin embargo, en el mes de octubre de ese mismo año solicitó pasar a la situación de supernumerario.

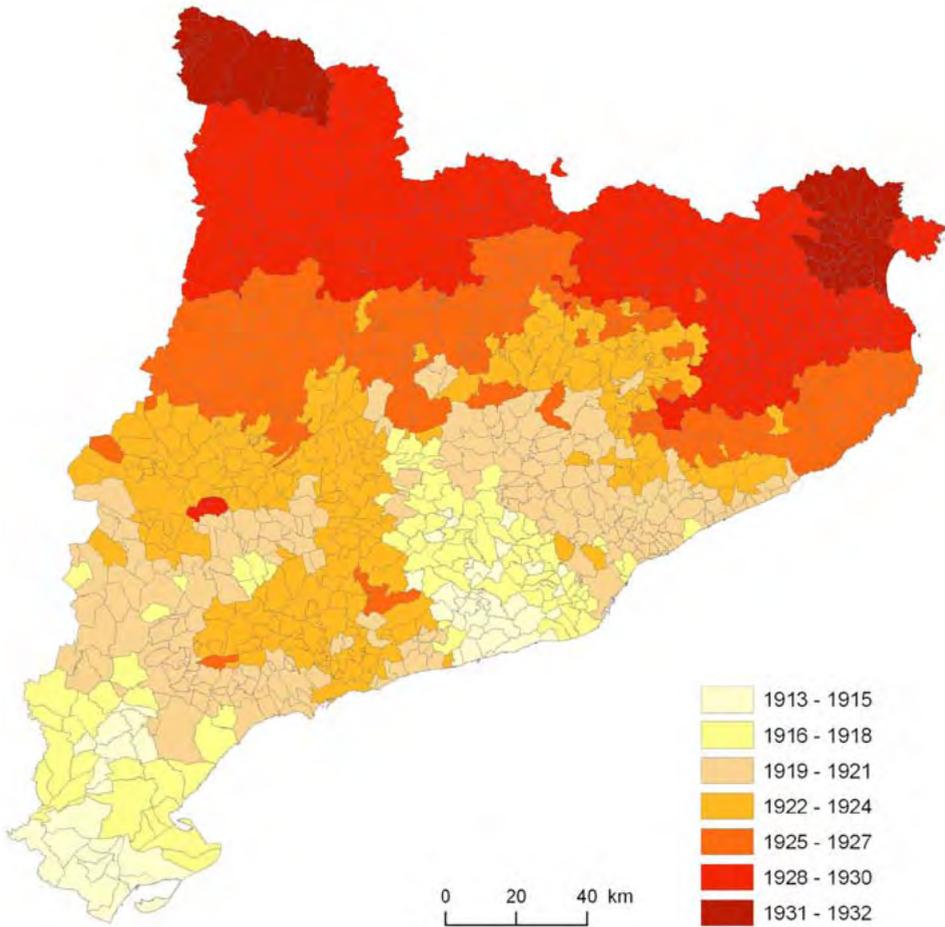
necesario en Cataluña, dado que la heterogeneidad superficial de sus municipios es extrema. En la época en la que se efectuó el levantamiento topográfico el municipio mayor (Tortosa) tenía una superficie de 424,60 km². El menor (Puigdàlber) tenía una superficie mil veces más reducida (0,40 km²). En consecuencia, los casos de agrupación y subdivisión fueron relativamente frecuentes. A título de ejemplo, el término municipal de Tortosa se subdividió en doce zonas, o unidades de levantamiento, diferentes.

Los trabajos topográficos de cada término municipal (o zona de levantamiento) comprendían la triangulación topográfica, el deslinde y amojonamiento del término, la representación planimétrica de los accidentes topográficos (ríos, canales, ferrocarriles, carreteras, etc.), la representación del relieve del terreno, el dibujo de los polígonos con diferentes masas de cultivo, y los planos de todas las poblaciones que excediesen de diez edificios (Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, 1907, p. 5). La triangulación topográfica era competencia de los ingenieros jefes de brigada, así como también el levantamiento de las actas de deslinde, los planos de población, y las tareas de comprobación, fiscalización y dirección de cada brigada topográfica. El resto de las operaciones las llevaban a cabo los topógrafos.

El levantamiento se realizó, hasta 1927, exclusivamente por el método de topografía clásica. En 1928 se introdujo, como sistema complementario para algunas zonas de montaña, la fotogrametría terrestre. En este apartado se describen las operaciones de topografía clásica, dejando para una próxima sección la presentación de los trabajos fotogramétricos. Somos deudores, en este apartado, del excelente trabajo publicado por el ingeniero geógrafo Joan Capdevila Subirana (Capdevila, 2005), en el que se describe con detalle la rutina del levantamiento topográfico, el instrumental empleado, así como la documentación derivada del mismo.

En su desarrollo espacial el levantamiento tuvo una clara orientación geográfica: de sur a norte. Las operaciones comenzaron en la provincia de Tarragona, en 1912, iniciándose en las comarcas de Montsià y Baix Ebre. Al año siguiente, los topógrafos arrancaban su labor en la provincia de Barcelona, en la comarca del Garraf. En las provincias de Lleida y Girona el levantamiento se inició, respectivamente, en 1918 y 1920, también en sus comarcas meridionales. La conclusión de los trabajos se fue sucediendo en el mismo orden. En 1923 finalizó el levantamiento en Tarragona, en 1927 en Barcelona, y en 1932 en Girona y Lleida (fig. 1).

La primera operación del levantamiento consistía en la triangulación topográfica del término municipal. Los jefes de brigada empezaban por reconocer el terreno a triangular, construyendo un croquis que debía servir para la elección de vértices. Este croquis se levantaba con brújula, estacionando en los puntos de terreno que fuesen accesibles, y que por su elevación permitiesen un buen horizonte visible. La triangulación se componía de los polígonos necesarios para cubrir toda la superficie municipal, con lados de longitud variable

Figura 1. Evolución espacial del levantamiento topográfico en Cataluña, 1913-1932

Elaboración propia

entre dos y cinco kilómetros. Los ángulos de los triángulos no podían ser inferiores a 20° , ni superiores a 90° . Dado que la red geodésica de tercer orden ya estaba observada, se procuraba que el mayor número de lados de esa red quedasen integrados en la topográfica. En cualquier caso, uno de los lados de la red geodésica servía de base a la triangulación. En caso de necesidad se procedía a la medición de una base, empleando para ello hilos invar, que se orientaba con observaciones a la Polar o al Sol.

La observación definitiva de la red topográfica se efectuaba con teodolito reiterador, midiendo los acimuts (mediante la técnica de vuelta de horizonte) y los ángulos cenitales. El aparato más común en la observación de la triangulación topográfica fue el teodolito reiterador de Brunner. En las situaciones en

las que se requería operar con rapidez se utilizaba un teodolito Kern, prescindiendo de las observaciones cenitales. El error admitido en el cierre de los triángulos era inferior a 1', y la medición de los lados debía tener una precisión mayor de 1:1.000.

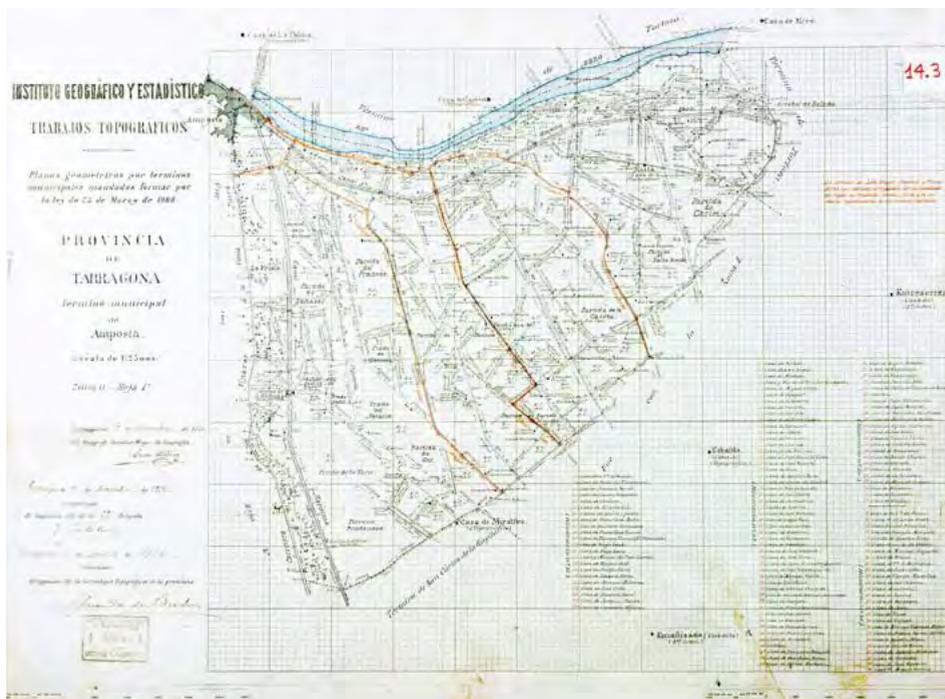
Concluida la triangulación topográfica del término municipal, los topógrafos procedían al levantamiento del plano topográfico, ejecutando en primer lugar la planimetría y seguidamente la nivelación. El trabajo planimétrico comenzaba siempre con el reconocimiento y levantamiento de las líneas límite, por medio de itinerarios realizados con brújula taquimétrica. Dado que el mapa 1:50.000 debía servir como mapa administrativo y como avance catastral, las líneas límite tienen un valor primordial y constituyen el detalle topográfico levantado como mayor precisión. El desarrollo ortodoxo de esta operación requería que se hubiese procedido previamente al deslinde del término municipal a cargo de los ayuntamientos implicados. Si el deslinde no se hubiese efectuado antes de dar comienzo los trabajos topográficos, el personal del Instituto Geográfico estaba facultado para trazar la línea perimetral, con el objeto de cerrar los polígonos que constituyen los términos municipales (Fossi, 1911, p. 334).

En la fase de gabinete se efectuaba el desarrollo gráfico de estas operaciones en planimetrías a escala 1:25.000. Las planimetrías se dibujaban sobre hojas cuadrículadas standard, con una zona de dibujo que ocupa 10 x 12 cm (40 x 48 mm). La cuadrícula de la zona de dibujo está dividida en cuadros de un kilómetro cuadrado (4 x 4 cm), subdivididos en otros de una hectárea (4 x 4 mm). El margen izquierdo de la hoja se reserva para la rotulación. En la parte superior, rotulado en negro y con mayúsculas, se indica "Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico. Trabajos Topográficos". A continuación, y de arriba a abajo, se identifica la provincia, el término municipal, la escala numérica, la firma del topógrafo que efectuó el levantamiento, la comprobación del ingeniero jefe de brigada, y la revisión del ingeniero jefe provincial, todo ello con las fechas respectivas (fig. 2).

El dibujo de las planimetrías se hacía con tinta china, excepto la hidrografía que se representa en azul. Las correcciones y añadidos posteriores, de existir, se hacían en rojo. Las planimetrías reflejan la triangulación topográfica del término municipal, identificando nominalmente los vértices topográficos, el itinerario del perímetro del término y los itinerarios de relleno. Se indican los municipios, o zonas de levantamiento colindantes, las edificaciones, los caminos, carreteras, ferrocarriles y líneas eléctricas. En las ciudades el espacio urbano se presenta como un continuo, acotando la zona edificada. En los levantamientos realizados por el Instituto Geográfico la toponimia es abundante. Las masías y construcciones aisladas, cuando son numerosas, se indican en el plano mediante clave numérica, aprovechándose los vacíos de la zona de dibujo para consignar el topónimo correspondiente.

Los trabajos altimétricos se efectuaban después de los planimétricos. Tenían por objeto la obtención de número de perfiles necesarios para determinar las

Figura 2. Planimetría del término municipal de Amposta. Zona Oeste. Hoja 1ª. Levantada en 1913 por el topógrafo del Instituto Geográfico y Estadístico Senén Mateos Izquierdo



Información geográfica del Instituto Geográfico Nacional (copia depositada en el Institut Cartogràfic de Catalunya)

curvas de nivel a la equidistancia de diez metros, con las altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante. Para ejecutar la nivelación del término municipal se empezaba por hacer un anteproyecto de las líneas de nivelación sobre la planimetría del término a escala 1:25.000 (Fossi, 1911, 539). Posteriormente se practicaba un reconocimiento para rectificar sobre el terreno los perfiles croquizados en gabinete. Con el proyecto acabado se iniciaban propiamente las observaciones comenzando por las líneas de doble nivelación. Estas líneas partían del punto de las nivelaciones de precisión más próximo al término municipal, y tenían como punto de llegada algún edificio destacado de la cabecera municipal (usualmente el ayuntamiento o la iglesia parroquial). También se realizaban por doble nivelación los perímetros municipales. Seguidamente, se levantaban los itinerarios de nivelación simple, llevados a lo largo de carreteras, caminos, ríos, arroyos y otros elementos característicos del relieve, como divisorias de aguas y vaguadas. Por último, se establecían algunos perfiles adicionales, entrelazados con los anteriores, para comprender aquellos vértices geodésicos que permitiesen mejorar la precisión de las referencias altimétricas.

El desarrollo gráfico de la altimetría se hacía sobre un plano a escala 1:25.000, construido en hojas cuadrículadas análogas a las empleadas para las planimetrías. Las altimetrías contienen todas las líneas, perfiles y polígonos nivelados en el término municipal. Las curvas de nivel se dibujan de 10 en 10 metros en color siena, representándose las curvas maestras en trazo más grueso. La toponimia de las altimetrías es más reducida que en las planimetrías, limitándose casi exclusivamente a los principales elementos de la orografía y la hidrografía.

¿Cuál era la precisión del trabajo altimétrico? Según los analistas del Cuerpo de Estado Mayor, que tenían el máximo interés en este punto, la precisión de la altimetría distaba de igualar a la del levantamiento planimétrico (Estado Mayor Central. Servicio Geográfico del Ejército, 1947). La observación de las principales líneas orográficas e hidrográficas se hizo con cuidado, empleando la brújula taquimétrica. Sin embargo, el espacio comprendido entre los perfiles, que en ocasiones alcanzaba hasta un kilómetro de distancia, se croquizó a ojo. En consecuencia, pueden detectarse sensibles errores en la representación del relieve en esas zonas intermedias.

En 1928, ya en la fase final del levantamiento, el Instituto Geográfico introdujo algunas novedades en sus procedimientos de trabajo. En las zonas de montaña, muy poco urbanizadas, el levantamiento topográfico dejó de hacerse por municipios aislados, como hasta entonces había sido la norma, y pasó a realizarse por zonas o polígonos continuos referidos a las hojas del mapa 1:50.000. Paralelamente, la planimetría y la altimetría pasaron a representarse conjuntamente en una única hoja que contiene tanto los elementos planimétricos como la nivelación. En ocasiones, las zonas cartografiadas corresponden a parte de un único término municipal; más frecuentemente, comprenden varios términos colindantes en parte o en su totalidad. Entre 1928 y 1930 se realizaron medio centenar de estas representaciones conjuntas, dieciséis de ellas correspondientes a zonas de la provincia de Lleida y el resto a la de Girona (fig. 3).

Una parte esencial de los trabajos topográficos la constituía el levantamiento de los planos de poblaciones. Desgraciadamente, este aspecto es el menos conocido de todo el proceso, tanto en el aspecto normativo como en lo que se refiere a las realizaciones.⁹ Las instrucciones para los trabajos topográficos aprobadas en 1907, vigentes cuando se inició el levantamiento en Cataluña, distinguían dos supuestos básicos: los planos relativos a las capitales de provincia y ciudades importantes, y los de las poblaciones menores (Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, 1907).

En el primer caso se estipulaba un levantamiento de mucho detalle, con dibujo final de las hojas a escala 1:2.000. La formación del plano urbano comenzaba con una triangulación topográfica especial, apoyada en los vértices

9. Hasta donde conocemos, sólo se ha estudiado con cierto detalle el levantamiento del plano de Granada, ejecutado por el Instituto Geográfico en 1909. Ver Calatrava y Ruiz Morales, 2005.

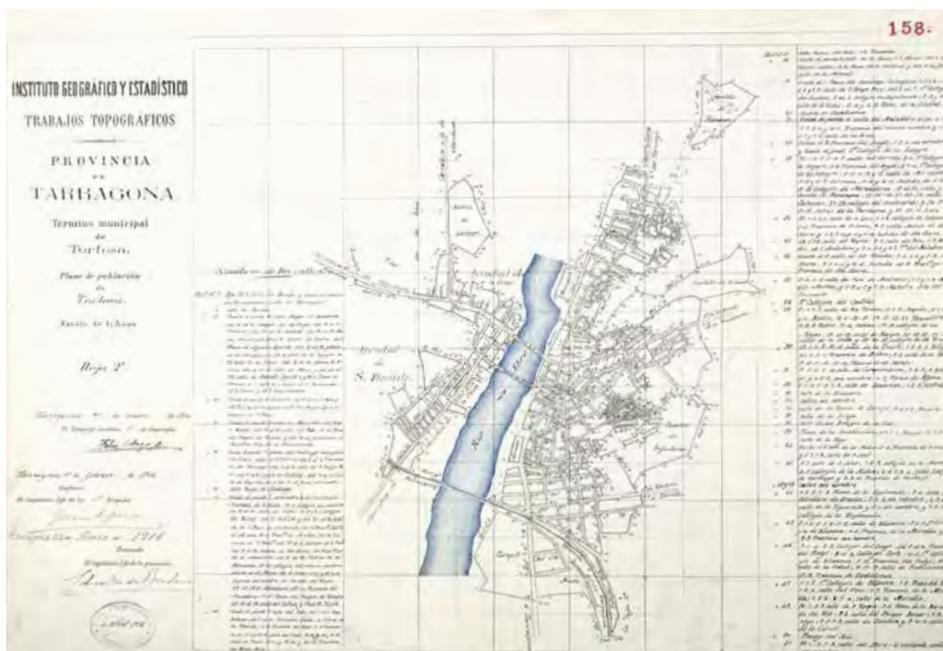
biciosa, y muy cara. Tales planos podían tener sentido como instrumento de planificación urbanística, o para ser objeto de una publicación independiente, pero desde luego tenían escasa justificación para formar un mapa que debía publicarse finalmente a escala 1:50.000. La representación del casco urbano a escala 1:2.000, compuesta inevitablemente por varias hojas para cualquier ciudad de tamaño mediano, debía ser objeto posteriormente de una potente generalización para lograr su encaje en las minutas a escala 1:25.000. Tal generalización entrañaba pérdidas significativas de información.

En 1915, y acuciado por la doble necesidad de concluir el levantamiento y ahorrar recursos, el Instituto Geográfico decidió aligerar la carga de este tipo de trabajos. En primer lugar, se cursaron instrucciones a los ingenieros jefes de brigada para que se dirigiesen a los ayuntamientos de las ciudades para verificar la existencia de algún plano oficial. En caso de que así fuese, se ordenaba realizar una copia del mismo por parte de un topógrafo. En el caso de que el plano no estuviese completo o actualizado, el ingeniero geógrafo podía proceder a su ampliación, pero “procurando limitar esta operación a lo estrictamente indispensable” (Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico, 1920, p. 28). En definitiva, el levantamiento de planos quedó reducido a aquellas poblaciones de las que no existía cartografía oficial previa. Y en este caso, además, la planimetría urbana se haría con menores requisitos de precisión. Las poligonaciones se hacían exclusivamente con brújula taquimétrica, suprimiendo la ejecución de los trabajos de detalle relativos al interior de las manzanas. El desarrollo gráfico debía efectuarse a escala 1:5.000, una fracción de más fácil generalización al múltiplo de las minutas. En cualquier caso, el levantamiento de los planos de población siguió siendo una tarea de mucho empeño (fig. 4).

Una vez concluidas las planimetrías de los términos municipales, las altimetrías y los planos de poblaciones, estos documentos gráficos eran remitidos a Madrid, para que se hiciese cargo de ellos el servicio de Cartografía y Publicaciones del Instituto Geográfico. Allí los delineantes debían acometer la compleja tarea de armonizar, ensamblar y dibujar de nuevo a escala 1:25.000 todos estos elementos, para obtener las minutas del mapa topográfico, conocidas internamente como “telones”.

Dada la diversidad y complejidad de las operaciones topográficas descritas hasta ahora, y el instrumental empleado, puede esperarse que la productividad de los operadores no fuese muy elevada. En efecto, no lo era. En la década de 1920 el Instituto Geográfico tenía estipulada una producción media por operador de 1.000 hectáreas por cada 30 días de trabajo efectivo (20 para los trabajos de campo, y diez para los de gabinete). Es dudoso que se alcanzase realmente tal rendimiento. La productividad de los topógrafos con más años de experiencia puede resultar significativa: reunían la pericia necesaria como para operar con rapidez, y trabajaron en terrenos diferentes y en municipios de extensión desigual. Los cinco topógrafos con mayor dedicación en Cataluña consiguieron completar el levantamiento de 140 términos municipales (o unidades de levanta-

Figura 4. Plano de población de Tortosa. Hoja 2ª. Levantamiento topográfico ejecutado por el topógrafo Félix Ariza Quintana en 1916. El plano de Tortosa corresponde a la etapa en que se efectuaron los levantamientos urbanos a escala 1:5.000. En los márgenes de la zona de dibujo se recoge la toponimia urbana



Información geográfica del Instituto Geográfico Nacional (copia depositada en el Institut Cartogràfic de Catalunya)

tamiento), sumando conjuntamente la friolera de 83 años de trabajo.¹⁰ Dada la superficie media de las unidades de levantamiento, consiguieron un rendimiento aproximado de 4.300 hectáreas por año trabajado.

Trabajos topográficos del Depósito de la Guerra

En 1924 los cartógrafos del Depósito de la Guerra pasaron a colaborar en el levantamiento del mapa topográfico a escala 1:50.000, sumando su esfuerzo al de los técnicos del Instituto Geográfico. Se trata de un cambio en toda regla en la tradición cartográfica española, que fue propiciado por la dictadura del general Primo de Rivera. El golpe de estado de Primo de Rivera tuvo lugar el 13 de septiembre de 1923. Dos semanas después de su llegada al poder firmaba un decreto nombrando una comisión encargada de presentar al Directorio militar “un

10. Se trata de Luis Camps Jaén, Senén Mateos Izquierdo, Jesús Piniés San Martín, Cristóbal Prats Cruells y Antonio Romero Lao.

proyecto de unificación de todos los trabajos geográficos, topográficos, catastrales y estadísticos que realizan en la actualidad los distintos organismos oficiales, a fin de que sean efectuados en un mismo centro y bajo una sola dirección, que atenderá en todos los casos a los intereses de la defensa nacional".¹¹ El objetivo explícito de la reforma era la finalización urgente del mapa topográfico de España.

El deseo de que se acelerase la formación de la carta topográfica española era comprensible. A la altura de 1923 se habían publicado sólo 243 hojas del mapa, es decir, poco menos de la cuarta parte del total previsto. En consecuencia, para la mayor parte del territorio, la administración debía seguir dependiendo de una cartografía a escala inapropiada y generalmente obsoleta. La preocupación de los militares ante este hecho era más que razonable. El desarrollo de la Gran Guerra había puesto de manifiesto la importancia crucial de la cartografía topográfica a gran escala para la dirección de las operaciones militares (Collier, 2002). Ahora bien, la aceleración de la carta topográfica significaba solamente un cambio de prioridades en la actividad cartográfica oficial. La pretensión paralela de reorientar el conjunto de los trabajos geográficos y catastrales era ya otra cosa muy diferente. En este caso, el propósito del directorio militar venía a chocar con un esquema organizativo consolidado, que tenía más de medio siglo de antigüedad.

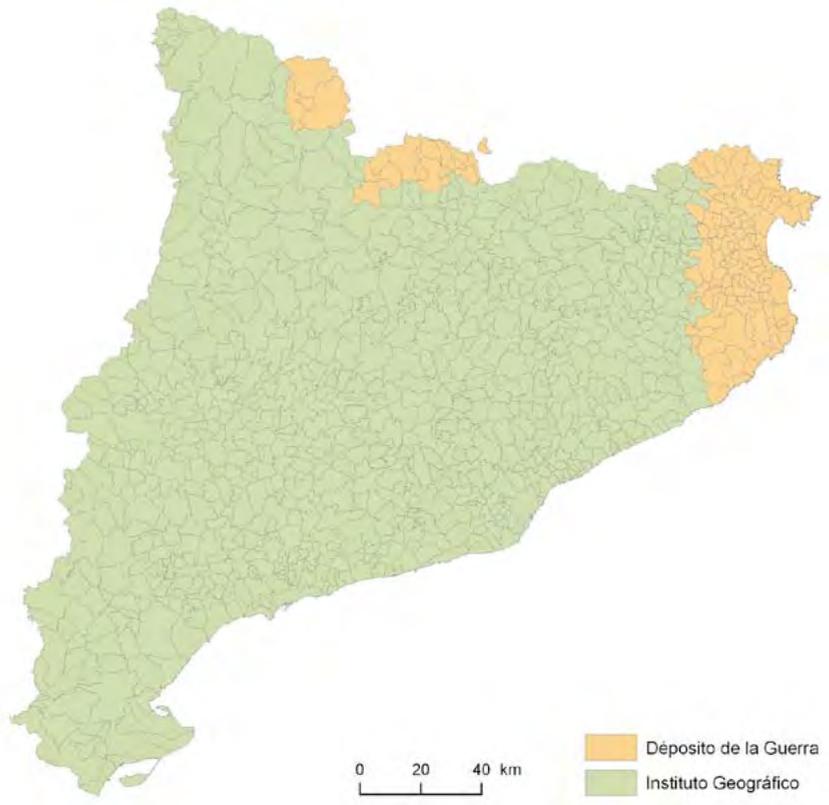
El decreto de reforma de Primo de Rivera apareció el 28 de diciembre de 1923.¹² Todas las agencias gubernamentales con responsabilidad sobre las operaciones geográficas y catastrales se mantenían en actividad, pero se modificaba su ámbito de competencias y su esquema de prioridades. El Instituto Geográfico debía concentrar toda su capacidad en la formación del mapa topográfico, reduciendo al mínimo indispensable el resto de sus trabajos geográficos y geofísicos. El Depósito de la Guerra, por su parte, pasaría a colaborar en el levantamiento del mapa de España. Dado que la formación de la carta topográfica comprendía también la operación administrativa de deslinde de los términos municipales, fue preciso autorizar a los cartógrafos del Cuerpo de Estado Mayor para que pudiesen firmar las actas de deslinde.

El Estado Mayor no se anduvo por las ramas. El 2 de enero de 1924 se constituyó la Inspección general de Cartografía, procediendo acto seguido a distribuir los trabajos pendientes del mapa 1:50.000 entre el Instituto Geográfico y el Depósito de la Guerra. Al Depósito de la Guerra, que a partir de 1928 pasó a denominarse Depósito Geográfico e Histórico del Ejército, le fueron asignados los territorios de mayor importancia militar, en particular las zonas de frontera. Por lo que respecta a Cataluña, se asignó inicialmente a los cartógrafos militares el levantamiento de veintiuna hojas del mapa, correspondientes a zonas fronterizas de las provincias de Girona y Lleida. Posteriormente, cuando ya los trabajos estaban en curso, se acordó una nueva distribución de tareas reduciéndose la carga encomendada al Depósito de la Guerra a tan solo

11. *Gaceta de Madrid*, nº 273, 30 de septiembre de 1923, 1.275.

12. *Gaceta de Madrid*, nº 362, 1.435-1.437.

Figura 5. Ejecución del levantamiento topográfico. Zonas asignadas al Instituto Geográfico y al Depósito de la Guerra



Elaboración propia

trece hojas: nueve correspondientes al sector oriental de la provincia de Girona, y las restantes al Pirineo¹³ (fig. 5).

La unidad militar encargada del levantamiento en Cataluña fue la Comisión Geográfica del Nordeste de España, que tenía su sede en Barcelona. Había sido creada en 1914 y era, entre las unidades periféricas del Depósito de la Guerra, una de las que disponía de mayor dotación de personal. En 1924 estaba dirigida por un veterano cartógrafo, que era experto en fotogrametría: el teniente coronel de Estado Mayor José García Puchol.¹⁴

13. Estado Mayor Central. Servicio Geográfico del Ejército, 1947.

14. Nacido en Burgos, en 1877, José García Puchol había ingresado en la Escuela Superior de Guerra en agosto de 1894. En 1910 fue nombrado profesor de topografía y fotografía práctica en la Escuela Superior de Guerra, cargo que iba a mantener durante una década entera. Hablaba francés correctamente y podía traducir del alemán. Su dedicación docente le permitió realizar diversos viajes al extranjero para visitar establecimientos cartográficos militares, y fábricas de instrumental topográfico. En 1914, tras su ascenso a comandante de Estado Mayor, se le comisionó para viajar a Jena (Alemania), con el objeto de visitar la casa Zeiss y estudiar el funcionamiento del estereoautógrafo

A la órdenes de García Puchol tomaron parte en los trabajos topográficos cuatro integrantes del Cuerpo de Estado Mayor: el comandante Darío Gazapo Valdés, que pasados los años llegaría a dirigir el Servicio Geográfico el Ejército, y los capitanes Juan Arnau Mercader, Manuel Sánchez Puelles e Ignacio Torrente Piserra. Participó asimismo en esta tarea un considerable contingente de topógrafos militares, procedentes de la Brigada Obrera y Topográfica, que estaban adscritos a la Comisión Geográfica del Nordeste de España: entre otros, el jefe de taller Valentín Manzano Manzano, y diez maestros de taller. Los oficiales de Estado Mayor, y el jefe de taller de la Brigada Obrera y Topográfica, desempeñaban funciones análogas a las de los ingenieros geógrafos que eran jefes de brigada. Los maestros de taller hacían la misma labor que los topógrafos del Instituto Geográfico.

Los cartógrafos militares empleaban sistemas de trabajo semejantes a los del Instituto Geográfico, pero con algunas diferencias de relieve. Nos limitaremos aquí a presentar los procedimientos específicos del Depósito de la Guerra. Al igual que venía haciendo el Instituto Geográfico, la Comisión Geográfica del Nordeste de España empleó principalmente el sistema de topografía por itinerarios, recorriendo a la fotogrametría terrestre tan sólo en las zonas de relieve muy accidentado. El curso de las operaciones fotogramétricas será descrito en el próximo apartado.

Antes de comenzar las operaciones de campo, el Instituto Geográfico facilitaba al Depósito de la Guerra las coordenadas geográficas de los vértices geodésicos de las redes de primero, segundo y tercer orden. En consecuencia, los cartógrafos del Estado Mayor no tenían necesidad de medir bases para proceder a la triangulación topográfica. La primera diferencia sensible estribaba en la unidad de levantamiento. A diferencia del Instituto Geográfico, que consideró como unidad de trabajo la superficie de un término municipal, o de un grupo de términos colindantes, si estos eran de reducida extensión, el Depósito de la Guerra adoptó como unidad de levantamiento la superficie completa de las hojas del 1:50.000. Por lo tanto, los cartógrafos militares efectuaron la triangulación topográfica de modo que cubriese toda la superficie de cada hoja, abarcando en una sola red todos los términos municipales incluidos en la misma. La distancia máxima entre vértices se fijó en 5 kilómetros, siendo determinados los triángulos por trisección inversa (Depósito de la Guerra, 1924, p. 5).

En el levantamiento de detalle los militares recurrieron al procedimiento taquimétrico, fijando la distancia entre estaciones entre 50 y 400 metros. El

fabricado por esta firma. De nuevo, en 1920, fue comisionado para visitar el Instituto Geográfico Militar de Florencia, la casa Zeiss de Jena, y la sede central de la Sociedad Estereográfica de Flum (Suiza). En 1922, pasó a dirigir la Comisión Geográfica del Nordeste de España. El teniente coronel García Puchol permaneció en Cataluña durante casi diez años, hasta que, tras el advenimiento de la Segunda República, fue nombrado jefe del servicio de fotogrametría de la Sección Cartográfica del Estado Mayor Central, radicado en Madrid.

empleo del taquímetro les permitió extender la radiación hasta 800 metros de distancia, cubriendo así una superficie mucho mayor de la que podría ser observada mediante brújula. En los trabajos de nivelación utilizaron un teodolito repetidor Zeiss II, y miras de tres metros de longitud.

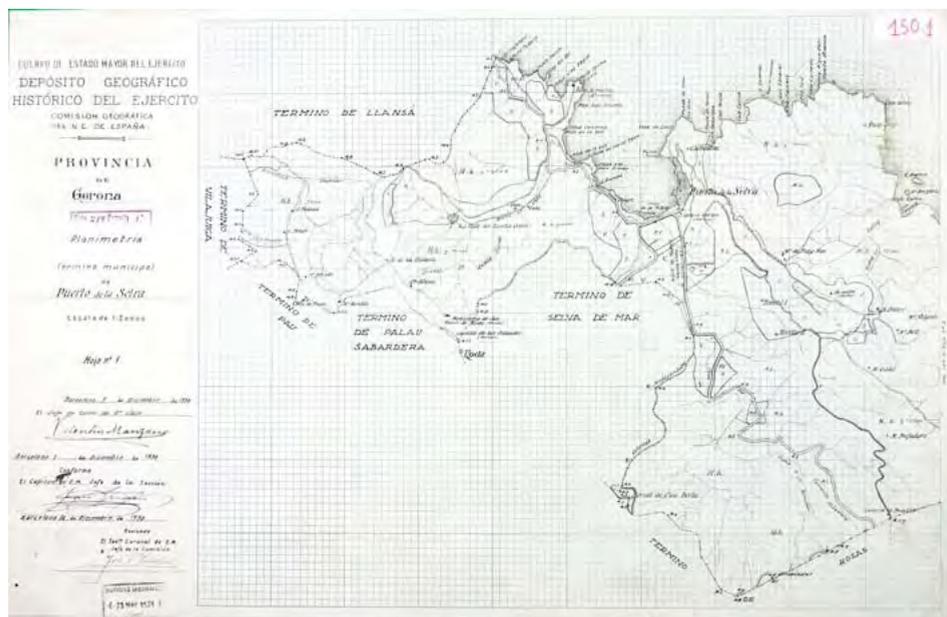
La organización de los trabajos se hizo del modo siguiente. Las hojas del 1:50.000 se dividieron en cuatro cuartos, asignando cada cuarta parte a una sección, que estaba mandada por un oficial o jefe del Cuerpo de Estado Mayor. Los oficiales organizaban y dirigían las partidas (equivalentes a las brigadas del Instituto Geográfico) necesarias para el trabajo de campo. Las partidas encargadas de la triangulación estaban formadas por un maestro de taller y cuatro operarios auxiliares, reservando para las labores de gabinete a uno o dos dibujantes y dos auxiliares para los cálculos. Las partidas que debían ejecutar el levantamiento de detalle se componían de un maestro aparatista, un cuaternista, un operario para las señales, cuatro o seis portamiras y un acemilero encargado del transporte del material. Por último, las partidas de nivelación las integraban un maestro de taller, un cuaternista, uno o dos portamiras y un operario para las señales. A partir de la citada asignación de recursos, puede estimarse que el Depósito de la Guerra movilizó alrededor de unos 80 efectivos por hoja, incluyendo en esta cifra a oficiales, topógrafos y todo el personal auxiliar.

Terminados los trabajos de campo se procedía a las labores de gabinete necesarias para obtener el dibujo de la planimetría y la altimetría de los términos municipales. También en este caso se registran diferencias. Los cartógrafos del Depósito de la Guerra efectuaron el desarrollo gráfico de las planimetrías y de las altimetrías a escala 1:20.000, y no a 1:25.000 como hacía el Instituto Geográfico. Las planimetrías se dibujaron sobre hojas cuadrículadas, con una zona de dibujo de 8x10 km, situando en el margen izquierdo de la hoja la rotulación. El estilo gráfico de las hojas planimétricas es más uniforme que en las dibujadas por los topógrafos del Instituto Geográfico. La toponimia, en general, es menos abundante (fig. 6).

Para los planos de poblaciones el Depósito de la Guerra adoptó las mismas restricciones que había adoptado el Instituto Geográfico en 1915: levantar únicamente los núcleos de los que no existiese planimetría oficial disponible. Sin embargo, mantuvo como escala para estos levantamientos la de 1:2.000, que era la habitual en la cartografía militar. Los planos se efectuaban con auxilio de una poligonal circunscrita, basada en la triangulación topográfica, en la que se apoyaban el mayor número posible de vértices. Los itinerarios se levantaban por manzanas, procurando que pasasen por la iglesia parroquial, que servía usualmente como vértice de la triangulación topográfica.

El Instituto Geográfico mantenía separados, y asignados a diferente personal, el levantamiento topográfico y el dibujo de las minutas o "telones". El Depósito de la Guerra no. La propia Comisión Geográfica del Nordeste de España se encargaba del dibujo final y de la rotulación de las minutas de las hojas del 1:50.000, entregándolas acabadas al Instituto Geográfico, donde se

Figura 6. Planimetría del término municipal del Port de la Selva. Levantada por el jefe de taller del Depósito de la Guerra Valentín Manzano en 1930



Información geográfica del Instituto Geográfico Nacional (copia depositada en el Institut Cartogràfic de Catalunya)

procedía posteriormente a la labor de grabado y edición. Las minutas se dibujaban también a escala 1:20.000, con curvas de nivel equidistantes diez metros. Usualmente el dibujo de las minutas se hacía por medias hojas, divididas por el meridiano central, para hacer más fácil su manejo.

Los cartógrafos militares iniciaron el levantamiento en abril de 1924, comenzando por el territorio correspondiente a las hojas nº 366 (Sant Feliu de Guíxols), 335 (Palafrugell), y 334 (Girona) que fueron completadas y entregadas al Instituto Geográfico, respectivamente, en 1925, 1926 y 1927. Los trabajos topográficos prosiguieron de sur a norte en la provincia de Girona. Al propio tiempo, en 1928 se iniciaron las operaciones en el Pirineo de Lleida, en las hojas 150 (Noarre) y 182 (Tírvia), y también en la zona fronteriza de Puigcerdà (hoja 217), en los tres últimos casos mediante fotogrametría terrestre.

La Comisión Geográfica del Nordeste de España trabajó con un fuerte ritmo hasta 1931, logrando entregar acabadas diez hojas, y casi completar el levantamiento de las tres restantes. Sin embargo, su actividad quedó parada en seco en julio de 1931. La instauración de la Segunda República dio lugar a una nueva reforma de los servicios cartográficos. Manuel Azaña, por entonces ministro de la Guerra, decidió desandar el camino y restaurar el estado de cosas anterior a 1923: limitó los trabajos del ejército a los de estricta finalidad militar, y devol-

vió al Instituto Geográfico la competencia exclusiva sobre la ejecución de la carta topográfica de España (Urteaga y Nadal, 2011). Tras la aprobación del decreto de reforma, publicado el 29 de julio de 1931, los cartógrafos del Estado Mayor debieron abandonar los trabajos que tenían en curso para el 1:50.000. En el caso de Cataluña esta decisión no fue realmente muy afortunada. Los cartógrafos del ejército tenían en julio de 1931 tres hojas pendientes, pero muy próximas a su conclusión. De la hoja 258 (Figueras) faltaban por levantar 800 hectáreas; de la hoja 221 (Port-Bou) restaban tan sólo 350 hectáreas, y de la 220 (Agullana) quedaba pendiente el deslinde de algunos términos municipales. Pero los trabajos quedaron efectivamente paralizados.

El destino de las tres hojas citadas es tan enrevesado como la historia del país. La orden de cese de la colaboración de los cartógrafos militares en la formación del mapa topográfico a escala 1:50.000, dictada en julio de 1931, no llegó a cumplirse por completo. El 30 de marzo de 1935, el director del Instituto Geográfico se dirigió a la Sección Cartográfica del Estado Mayor Central (nueva denominación del Depósito de la Guerra), para que este organismo se hiciese cargo de la finalización del levantamiento de las hojas nº 220, 221 y 258, que habían quedado paralizadas cuatro años atrás. El motivo aducido era la necesidad urgente de estas hojas, correspondientes a la zona fronteriza con Francia. La Sección Cartográfica del Estado Mayor Central accedió a esta petición, y ordenó a la Sección topográfica de la cuarta División Orgánica (nueva denominación de la Comisión Geográfica del Nordeste de España) que concluyese el levantamiento “a fin de que los métodos operativos fueran los mismos y presidiera en la formación de las hojas la debida unidad” (Estado Mayor Central. Servicio Geográfico del Ejército, 1947, 50). Los trabajos de campo se reanudaron en enero de 1936, para quedar paralizados de nuevo seis meses más tarde, como consecuencia de la insurrección militar de julio de 1936. Tras la guerra civil de 1936-39, el nuevo régimen dio marcha atrás al reloj y devolvió la cartografía oficial al modelo implantado durante la dictadura de Primo de Rivera. Los cartógrafos militares volvieron a participar en el levantamiento del 1:50.000, concluyéndose el dibujo de las hojas de Agullana, Portbou y Figueras en 1943.

Descontando este accidentado final, del que naturalmente no eran responsables, los cartógrafos del Depósito de la Guerra habían hecho una destacada labor. Entre 1924 y 1931 levantaron un total de 344.000 hectáreas, que representan casi un 11% del territorio catalán. En general, la productividad de los topógrafos del ejército fue muy elevada. Baste un solo ejemplo: el maestro de taller Luis Martín Méndez, que trabajó con continuidad desde 1925 a 1930, consiguió completar el levantamiento de cuarenta términos municipales (o unidades de levantamiento), a razón de casi siete términos por año trabajado. Sin embargo, hay que recordar que el instrumental empleado y los procedimientos de observación del Depósito de la Guerra y del Instituto Geográfico no eran asimilables, siendo más precisas las planimetrías levantadas por esta última institución.

Operaciones de fotogrametría terrestre

Con la llegada del levantamiento a las zonas de alta montaña, tanto el Instituto Geográfico como el Depósito de la Guerra optaron por introducir una nueva técnica: la fotogrametría terrestre. Dadas las características del terreno, la opción era totalmente pertinente.

La aplicación de la fotogrametría terrestre para realizar levantamientos topográficos venía estudiándose desde mediados del siglo XIX, y el conocimiento de la técnica había llegado en fechas tempranas a España (Muro, Nadal y Urteaga, 2002). A finales del ochocientos existía consenso en apreciar que los levantamientos fotogramétricos ofrecían resultados más precisos, en áreas de relieve abrupto, que los derivados de la topografía clásica. Sin embargo, el empleo de la fotogrametría no se había generalizado aún. Dos inconvenientes se presentaban entonces. Primero, que los operadores debían estacionar las cámaras en lugares donde se obtuvieran buenas vistas panorámicas. En consecuencia, las zonas montañosas resultaban favorables, mientras que en las áreas llanas, o con vegetación muy densa, debían recurrir a los métodos taquimétricos. Además, las operaciones de gabinete precisas para efectuar el dibujo del mapa resultaban muy lentas.

El Instituto Geográfico y Estadístico llevó a término los primeros ensayos de levantamiento fotogramétrico en 1902. Los trabajos se realizaron en el término municipal de Otero de Herreros (Segovia), seleccionado precisamente por contener terrenos de condiciones muy diversas. De su ejecución se encargó una brigada dirigida por el ingeniero geógrafo José Galbis Rodríguez (1868-1952). Otra brigada dirigida por José Borus realizaba, en paralelo, el mismo trabajo por los métodos tradicionales, a fin de comparar las ventajas e inconvenientes de cada sistema.

Las conclusiones de este ensayo fueron hechas públicas por Galbis y Borus en 1908. Según su criterio, la precisión alcanzada por el método fotogramétrico igualaba a la de cualquier otro sistema siempre que el terreno permitiese aplicarlo en buenas condiciones. Sin embargo, aunque podía ser de gran ayuda las zonas de relieve accidentado, la técnica fotogramétrica no podía sustituir a los métodos ordinarios en los trabajos del mapa. Las reservas expresadas a comienzos del siglo XX eran comprensibles. La fotogrametría terrestre no podía suplantar por completo los procedimientos de topografía clásica, toda vez que el levantamiento de la carta topográfica incluía el establecimiento de los límites jurisdiccionales, la determinación de las masas de cultivo, y la formación de los planos de poblaciones, operaciones todas ellas en las que la fotografía resultaba de escasa utilidad. Por otra parte, los trabajos de restitución seguían siendo caros y muy laboriosos.

El ensayo de 1902 no tendría continuidad hasta pasada una decena de años. Por entonces la técnica fotogramétrica había dado pasos decisivos. En 1902 Carl Pulfrich había construido un aparato de medición estereoscópica

que permitía levantar los mapas directamente a partir de las fotografías (Collier, 2002). En 1909 la casa Zeiss de Jena construyó el primer estereoauto-grafo diseñado por Eduard von Orel, que facilitaba notablemente las tareas de restitución. José María Torroja Miret (1884-1954), un joven ingeniero recién ingresado en la plantilla del Instituto Geográfico, seguía atentamente el curso de estas innovaciones. En 1913 ideó un fototaquímetro que consiguió la aprobación del Instituto Geográfico, y en la primavera del año siguiente obtuvo permiso para realizar un levantamiento fotogramétrico en la sierra de Guadarrama a título de ensayo.

Esta vez el ensayo se consideró satisfactorio y en 1914 el Instituto Geográfico decidió adoptar como método complementario para los trabajos en zonas de montaña el estereofotogramétrico. Para efectuar estos levantamientos se organizó una brigada dirigida por José María Torroja, que operó con continuidad hasta 1926. En definitiva, el Instituto Geográfico incorporó sin excesivo retraso las innovaciones en el campo de la fotogrametría. Sin embargo, no se pusieron los medios necesarios para sacar el máximo partido de la nueva técnica. Una sola brigada era a todas luces insuficiente para dar un impulso significativo al levantamiento topográfico. Por otra parte, la práctica de ejecutar el levantamiento por términos municipales aislados, que como ya hemos indicado, se mantuvo invariable hasta 1927, impedía sacar el máximo partido a los procedimientos fotogramétricos. En aquellas condiciones, la fotogrametría estaba condenada a seguir desempeñando un papel auxiliar.

El reto de levantar la orografía pirenaica permitió replantear las cosas. En las zonas de alta montaña los núcleos de población son escasos, y las zonas cultivadas muy reducidas. En consecuencia, dos de los obstáculos tradicionales para el empleo de la fotografía, la obtención de los planos de población y las masas de cultivo, quedaban muy atenuados. Por el contrario, en los relieves abruptos, en los que la topografía clásica presenta grandes dificultades, la fotogrametría podía simplificar notablemente los trabajos de campo y reducir su coste. Por añadidura, la técnica fotogramétrica permite obtener una reproducción exacta del relieve, mejorando sensiblemente uno de los aspectos menos logrados de la carta topográfica española. La introducción del levantamiento por zonas extensas, correspondientes a las hojas del 1:50.000, y no por municipios aislados, decantó la balanza a favor de la fotogrametría.

En 1928 el servicio fotogramétrico del Instituto Geográfico fue reforzado. Se incorporaron al mismo los ingenieros geógrafos Luis Rodríguez Valderrama, José Soriano Viguera y José Luis Valentí Dorda, que pasaron a trabajar bajo la dirección de José María Torroja Miret, constituyendo dos brigadas fotogramétricas (Martínez Cajén, 1929, p. 7). El equipamiento del servicio fue ampliado con la adquisición de una estereoplanógrafo Bauersfeld-Zeiss, que podía utilizarse indistintamente para levantamientos de fotogrametría terrestre y aérea (Sastre, 1995, p. 45). Disponían asimismo de tres transfor-

madores Zeiss, un transformador Wild y una ampliadora-transformadora de la casa Hoh-Hahne, de Leipzig.

Los ingenieros citados realizaron sendas campañas de trabajos fotogramétricos en 1928 y 1929, para levantar las hojas nº 148 (Vielha) y 149 (Isil), correspondientes a las zonas más escarpadas del Pirineo de Lleida. En 1930 y 1931 regresaron a la misma zona para levantar la hoja 180 (Benasque), en la que se encuentra el Aneto (3.404 metros de altitud), y la hoja 181 (Esterri d'Àneu). Los trabajos de campo se efectuaban durante los meses de julio a septiembre, los más apropiados dadas las condiciones climatológicas dominantes.

Situados en el campo, los equipos fotogramétricos procedían a la elección de las bases, y a su medición mediante teodolito y mira. Desde cada extremo de la base se obtenían tres fotografías: la normal, la oblicua derecha (declinada 35° a la derecha) y la oblicua izquierda (declinada 35° a la izquierda). Los tres pares de fotografías proporcionaban los datos necesarios para levantar el plano del terreno comprendido en un frente de 120°, cuya profundidad venía determinada por la longitud de la base. Cada una de las brigadas trabajaba sobre sectores de media hoja, con lotes de superficie de unas 30.000 hectáreas aproximadamente, alcanzando una producción media anual de 40 a 50 bases fotogramétricas por brigada. El rendimiento de las bases oscilaba entre 600 y 700 hectáreas (Gastardi, 1934). Los trabajos de restitución, que se encomendaron a los ingenieros Luis Rodríguez Valderrama y José Soriano Viguera, se efectuaban en Madrid, desde el mes de diciembre al mes de mayo.

Aún cuando se elijan cuidadosamente las bases, las panorámicas fotográficas tomadas desde tierra presentan siempre algunos ángulos muertos que no pueden ser captados por el objetivo. Por tanto, fue preciso realizar trabajos complementarios en todas estas hojas, por procedimientos de topografía ordinaria, para obtener el relleno de lagunas. Y también para levantar los planos de población, las líneas límite jurisdiccionales, y el detalle de los usos del suelo, que no pueden tomarse mediante fotografía.

La actividad fotogramétrica del Instituto Geográfico tuvo su correlato en el Depósito de la Guerra, que dio una fuerte extensión a estas operaciones. A finales de 1923 el Depósito de la Guerra había adquirido un moderno estereoautoógrafo Orel (modelo 1923) y varios equipos de campo Zeiss (modelo 1916). Los equipos de campo Zeiss fueron probados al año siguiente en levantamientos de reducida extensión realizados en las inmediaciones de Ripoll y Ribes de Freser (Isasi Isasmendi, 1927). Tras un corto período de aprendizaje, los cartógrafos militares pasaron a emplear la fotogrametría terrestre primero en Marruecos, y poco después en la Península. El primer levantamiento fotogramétrico para el mapa de España, conducido por equipos militares, se realizó en el verano de 1926 en la zona de Núria, obteniéndose un total de 19.600 hectáreas.

En 1928 la Comisión Geográfica del Nordeste de España organizó una ambiciosa campaña fotogramétrica para ejecutar el levantamiento de las ho-

jas nº 150 (Noarre), 182 (Tírvia) y 217 (Puigcerdà), sobre una superficie total superior a las 75.000 hectáreas (Estado Mayor Central. Servicio Geográfico del Ejército, 1947). La dirección de los trabajos de campo fue realizada por el teniente coronel José García Puchol que, como hemos indicado, era un experto en fotogrametría.

Terminados los trabajos de campo, las placas fotográficas sin revelar, y los cuadernos de campo, se remitieron directamente a los laboratorios del Depósito de la Guerra en Madrid, para proceder al revelado de las placas, y luego a su restitución mediante el estereoautógrafo Orel. La restitución se hacía a escala 1:20.000, y excepcionalmente a escala 1:10.000, con equidistancia de diez metros para las curvas de nivel. Concluido el trabajo de restitución, se envió el dibujo resultante a la Comisión Geográfica del Nordeste de España, para que esta procediese al relleno de lagunas, la ultimación de la planimetría, y el rotulado y encaje de las hojas. Estas tareas fueron ejecutadas en la primavera de 1929, entregándose las tres hojas acabadas al Instituto Geográfico en julio de ese mismo año.

Conclusión

El levantamiento topográfico en Cataluña corrió a cargo del Instituto Geográfico y Estadístico y del Depósito de la Guerra. El Instituto Geográfico levantó setenta y dos de las ochenta y cinco hojas ejecutadas; el resto correspondió a los cartógrafos del Ejército. En el curso del levantamiento se emplearon dos técnicas diferentes: la topografía clásica (con itinerarios taquimétricos o de brújula), y la fotogrametría terrestre. La fotogrametría terrestre se utilizó en el levantamiento de tan sólo siete hojas (tres a cargo del Depósito de la Guerra y cuatro a cargo del Instituto Geográfico). Las restantes se levantaron por itinerarios.

El sistema de levantamiento empleado en Cataluña supuso una transición entre el modelo tradicional heredado del siglo XIX (el término municipal como unidad de levantamiento, ejecución mediante topografía clásica y separación de la representación planimétrica y altimétrica), y el modelo asentado durante la Segunda República, que se prolongaría después de la Guerra civil (levantamiento por zonas continuas coincidentes con la superficie de las hojas del 1:50.000, representación conjunta de la planimetría y la altimetría, y recurso a la fotogrametría terrestre para las áreas de montaña). Pese a estas innovaciones, los recursos humanos empleados en las operaciones topográficas fueron muy considerables. Los trabajos de campo ocuparon a casi dos centenares de topógrafos. La dirección del levantamiento, y las tareas de triangulación, corrieron a cargo de medio centenar de ingenieros geógrafos, que contaron además con el concurso de un grupo de oficiales del Depósito de la Guerra.

La suma de los trabajos ejecutados por el Depósito de la Guerra y por el Instituto Geográfico dejó tras de sí una mina de documentación de considerables dimensiones y de notable valor histórico: actas de delimitación municipal, cuadernos de campo de líneas límite, cuadernos de triangulación, cuadernos de nivelación, cuadernos de poligonación, cuadernos de itinerarios planimétricos, croquis de campo, cálculos de triangulación, cálculos de coordenadas, reseñas de vértices y placas fotográficas. A todo ello hay que sumar una abundante cartografía integrada por las planimetrías municipales, las altimetrías municipales y los planos de poblaciones. La parte relativa a Cataluña totaliza 3.461 actas de deslinde, 3.905 cuadernos de campo de líneas límite, 1.244 planimetrías, 1.288 altimetrías y 736 planos de poblaciones, que se conservan en el Instituto Geográfico Nacional, y de los que existe una copia digital en el Institut Cartogràfic de Catalunya. Por razones que desconocemos, las actas de deslinde, cuadernos de campo, y cálculos de coordenadas correspondientes a las hojas nº 220 (Agullana), 221 (Portbou) y 258 (Figueras), levantadas por el Depósito de la Guerra, no fueron entregadas al Instituto Geográfico. Esta documentación se encuentra depositada en el Centro Geográfico del Ejército (Madrid), institución heredera del Depósito de la Guerra.

Fuentes y bibliografía

Fuentes

- DEPÓSITO DE LA GUERRA (1924). *Instrucciones para la confección del Mapa Nacional en 1:50.000 complementarias a las técnicas para los trabajos geográficos y topográficos del Cuerpo de Estado Mayor del Ejército, aprobadas por R. O. C. de 26 de septiembre de 1912*. Madrid: Talleres del Depósito de la Guerra.
- DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL (1907). *Instrucciones para los trabajos topográficos*. Madrid: Imprenta de la Dirección General del Instituto Geográfico y Estadístico.
- (1910). *Escalafón del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos en 1º de junio de 1910*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Estadístico.
 - (1911). *Escalafón del Cuerpo de Topógrafos Auxiliares de Geografía en 1º de marzo de 1911*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Estadístico.
 - (1912a). *Escalafón del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos en 15 de julio de 1912*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Estadístico.
 - (1912b). *Escalafón del Cuerpo de Topógrafos Auxiliares de Geografía en 15 de julio de 1912*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Estadístico.
 - (1915a). *Escalafón del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos en 1º de febrero de 1915*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Estadístico.
 - (1915b). *Escalafón del Cuerpo de Topógrafos Auxiliares de Geografía en 1º de febrero de 1915*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Estadístico.
 - (1920). *Instrucciones complementarias para los trabajos topográficos*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Estadístico.

- (1927a). *Escalafón del Cuerpo de Ingenieros Geógrafos en 13 de enero de 1927*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico.
- (1927b). *Escalafón del Cuerpo de Topógrafos Ayudantes de Geografía en 20 de octubre de 1927*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico.
- ELOLA, José de (1908). *Levantamientos y reconocimientos topográficos*. Madrid: Sucesores de Rivadeneyra, 2 tomos.
- ESTADO MAYOR CENTRAL. SERVICIO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO (1947). *Mapa Nacional. Escala 1:50.000. Colaboración con el Instituto Geográfico*. Manuscrito, 117 p. CGEM.
- FOSSI, Ignacio (1911). *Tratado de Topografía*. Cádiz: Imprenta y Litografía de la Marina.
- GARCÍA BAQUERO Y SÁINZ DE VICUÑA, Manuel (1930). *La fotogrametría en el Servicio Geográfico del Ejército*. Madrid: Talleres del Depósito Geográfico e Histórico del Ejército.
- GASTARDI, Enrique (1934). *Informe en Español y Francés sobre los trabajos topográficos, fototopográficos y cartográficos ejecutados por el Instituto Geográfico y Catastral durante los años 1931, 1932 y 1933. Presentado al Congreso Internacional de Geografía. Varsovia, agosto 1934*. Madrid: Talleres del Instituto Geográfico y Catastral.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA: *Fons documental de delimitació municipal de l'Institut Cartogràfic de Catalunya*. ICCB.
- ISASI ISASMENDI Y AROSTEGUI, Joaquín de (1927). “La fotogrametría terrestre militar en España, en Asociación Española para el progreso de las ciencias”. *Undécimo congreso*, Madrid: Huelves y Compañía, p. 67-82.
- MARTÍNEZ CAJÉN, Paulino (1929). “La fotogrametría en el Instituto Geográfico y Catastral de España”. *Anales de la Sociedad Española de Fotogrametría*, II, p. 5-7.
- URIOL DUTIES, Fernando (1930). *État actuel de la carte nationale*. Madrid: Ateliers de l'Institut Géographique et Cadastral.

Bibliografía

- BURGUEÑO, Jesús [ed.] (2008). *El mapa com a llenguatge geogràfic. Recull de textos històrics (ss. XVII-XX)*. Barcelona: Societat Catalana de Geografia. Institut d'Estudis Catalans.
- BURGUEÑO, Jesús (2010). “Mapas para una guerra. El Plano Director a escala 1:25.000 (1937-1939)”. *Eria*, nº 83, p. 261-289.
- CALATRAVA, Juan; Mario RUIZ MORALES (2005). *Los planos de Granada, 1500-1909*. Granada: Diputación de Granada.
- CAPDEVILA i SUBIRANA, Joan (2005). “Els treballs de delimitació municipal del Instituto Geográfico Nacional a Catalunya, 1909-1930”. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, Barcelona, nº 60, p. 45-68.
- CASTRO SOLER, Joaquín (1991). *El proyecto del Mapa de España en la segunda mitad del siglo XIX (1853-1900). La red geodésica fundamental y las labores astronómicas*. Tesis doctoral dirigida por Antonio E. Ten Ros. Universitat de València.
- COLLIER, Peter (2002). “The Impact on Topographic Mapping of Developments in Land and Air Survey: 1900-1939”. *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 29, nº 3, p. 155-174.
- MARTÍN LÓPEZ, José (1997). “El Mapa Topográfico Nacional como base de la cartografía actual”. En R. REY DE LAS PEÑAS [dir.]. *Terceras jornadas archivísticas: el documento cartográfico como fuente de información*. Huelva: Diputación Provincial de Huelva, p. 7-25.
- MONTANER, Carme (2000). *Mapes i cartògrafs a la Catalunya contemporània (1833-1941). Els inicis i la consolidació de la cartografia topogràfica*. Barcelona: Rafael Dalmau editor - Institut Cartogràfic de Catalunya.
- MONTANER, Carme; Francesc NADAL; Luis URTEAGA [eds.] (2011). *Cartografía i agrimensura a Catalunya i Balears al segle XIX*. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya.

- MURO, José Ignacio (1991). “Geodestas, topógrafos e ingenieros geógrafos para un Instituto Geográfico y Estadístico (1870-1904)”, *Estudios Geográficos*, nº 202, p. 29-50.
- MURO, José Ignacio; Francesc NADAL; Luis URTEAGA (1996). *Geografía, estadística y catastro en España (1856-1870)*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- MURO, José Ignacio; Luis URTEAGA; Francesc NADAL (2002). “La fotogrametría terrestre en España”. *Investigaciones Geográficas*, nº 27, p. 151-172.
- NADAL, Francesc; Luis URTEAGA (2012). “La primera edició del Mapa topogràfic d’Espanya a escala 1:50.000. Fulls relatius a Catalunya (1910-1945)”. *Atles topogràfic-històric de Catalunya 1:50.000*. Barcelona, Institut Cartogràfic de Catalunya, p. 13-64.
- NADAL, Francesc; Luis URTEAGA; José Ignacio MURO (2006). *El territori dels geòmetres*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- NÚÑEZ DE LAS CUEVAS, Rodolfo (1991). “El Mapa Topográfico Nacional, en Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales”. *Historia de la cartografía española*. Madrid: Real Academia de Ciencias, p. 79-106.
- (2007): “La evolución de la cartografía española desde la creación del Instituto Geográfico”. *150 aniversario de la creación de la Comisión de Estadística del Reino*. Madrid: Instituto Nacional de Estadística, p. 335-356.
- PALADINI, Ángel (1969): “La red geodésica española”. *Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército*, nº 5, p. 45-72.
- (1991): “Notas para la historia del Mapa Topográfico Nacional de España”. *Militaria. Revista de Cultura Militar*, nº 3, p. 83-100.
- ROSSELLÓ VERGER, Vicenç M. (2008). *Cartografía històrica dels països catalans*. València: Universitat de València. Institut d’Estudis Catalans.
- RUIZ MORALES, Mario (2003). *Los Ingenieros Geógrafos. Origen y creación del cuerpo*. Madrid: Instituto Geográfico Nacional.
- (2005). *Complementos geodésicos y cartográficos*. Granada: Universidad de Granada.
- RUIZ MORALES, Mario; Mónica RUIZ BUSTOS (2000). *Forma y dimensiones de la Tierra. Síntesis y evolución histórica*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- SASTRE DOMINGO, Jesús (1995). “Documentos de fotogrametría terrestre en el IGN (español). Pasado, presente y futuro”. *Topografía y Cartografía*, vol. XII, nº 66, p. 40-49.
- TICÓ DURAN, Maria Isabel; María Antonia GARCÍA MARTÍNEZ (1994). “Recopilació de la documentació de delimitació municipal de Catalunya”. *Terra*, nº 22, vol. XIX, p. 28-38.
- URTEAGA, Luis; Francesc NADAL (2001). *Las series del mapa topográfico de España a escala 1:50.000*. Madrid: Instituto Geográfico Nacional.
- (2011). “La sección cartográfica del Estado Mayor Central durante la Segunda República (1931-1936)”, *Hispania*, LXXI, nº 239, p. 763-788.
- VILA, Pau (2008). “El mapa espanyol de Catalunya”. En: Jesús BURGUEÑO [ed.]. *El mapa com a llenguatge geogràfic. Recull de textos històrics (ss. XVII-XX)*. Barcelona: Societat Catalana de Geografia, p. 194-202 (original de 1934).