

Las técnicas de levantamiento de los geómetras

J. I. Muro

*Departament d'Història, Història de l'Art i Geografia
Universitat Rovira i Virgili (Tarragona)*

Los agrimensores han resuelto múltiples aspectos relacionados con la medición, como el aforo de terrenos o de capacidades, así como las complejas operaciones catastrales. Estos han desarrollado su actividad bajo la tutela de la iniciativa privada o al servicio de la Hacienda central. Probablemente, cada una de esas dimensiones de la profesión es poco comparable, en cuanto al empleo de medios y técnicas.

Una investigación reciente ha desvelado un conjunto documental de planos parcelarios de diversos municipios de la provincia de Barcelona entre los años 1849 y 1883, relacionados con unas estadísticas territoriales elaboradas por la iniciativa local o por la administración de Hacienda. El catálogo de esta cartografía asciende a 140 documentos, derivados de 118 levantamientos diferentes, y realizados por 45 geómetras (NADAL, URTEAGA, MURO, 2005 en publ.). Esta planimetría puede dividirse en tres formatos: 1) los planos geométricos de los términos municipales o planos parcelarios de conjunto; 2) los atlas geométricos a mayor escala, divididos en secciones catastrales, y 3) los planos de rodales o de rodalía geométrica, que representan la delimitación municipal. Los planos generales de conjunto son los más abundantes. Estos y los atlas geométricos representaron el parcelario rústico. Los planos de rodales, sin una definición parcelaria, son más escasos.

Este trabajo pretende mostrar las técnicas empleadas por los geómetras en su levantamiento. En primer lugar damos cuenta de las características de estos planos geométricos. A continuación, nos referiremos a las diferentes operaciones de su levantamiento: el deslinde municipal, la triangulación, la poligonación, el levantamiento del parcelario y el lavado de los planos. Y por último, valoraremos la precisión de estos levantamientos.

Los planos geométricos de los términos municipales

A mediados del siglo XIX, las técnicas de levantamiento de esta cartografía de gran escala estaban estandarizadas. Las escalas escogidas y sus

características formales de los planos así lo indican. La expresión más frecuente de esta cartografía parcelaria de la provincia de Barcelona entre los años 1849 y 1883 es la de planos geométricos de los términos municipales, que conviene no confundir con los planos geométricos de alineaciones, éstos de naturaleza urbanística. Esta planimetría es asimilable a un catastro gráfico de carácter parcelario. Pero estos documentos manuscritos no respondieron a un proyecto estatal. Fueron el resultado del conflicto generado por la introducción de la *Contribución de inmuebles, cultivo y ganadería*. La implantación de la contribución territorial, nacida al amparo de la reforma fiscal del liberalismo, no fue acompañada de la realización de un catastro y, por otro lado, las estadísticas territoriales de los municipios, ni fueron generales, ni tuvieron continuidad (VALLEJO POUSSADA, 2001 y PRO RUIZ, 1992).

A pesar de la escasa iniciativa oficial, a partir del año 1848, algunas administraciones provinciales de Hacienda como la de Barcelona dispusieron de recursos y personal para evaluar la riqueza territorial de los municipios. Estas evaluaciones estuvieron fundamentadas en detalladas estadísticas territoriales y matrículas catastrales, y eran el resultado de levantamientos planimétricos de los parcelarios rústicos. Aunque a mediados de la década de 1850 el impulso oficial descendió notablemente, la iniciativa pasó a los municipios y juntas periciales (NADAL, MURO y URTEAGA, 2003).

La realización de esta planimetría necesitaba de geómetras con conocimientos y experiencia profesional, con un dominio del instrumental propio de la agrimensura, suficiente para el objetivo a conseguir. Por ello, las soluciones técnicas estuvieron limitadas a su proyección horizontal, con exclusión de otras consideraciones derivadas de las tareas geodésicas, topográficas, o de grabado y edición de mapas.

La mayor parte de los planos parcelarios de la provincia de Barcelona obedecieron a un levantamiento particular, realizado por un geómetra a sueldo del ayuntamiento o de la administración provincial de Hacienda. Este profesional podía contratar, a su vez, los servicios de otros agrimensores, prácticos y auxiliares. De las minutas originales se derivaban otros planos a diferentes escalas, obtenidos por reducción o copia.

Desde finales del siglo XVIII y durante buena parte del siglo XIX se editaron numerosos textos y manuales de agrimensura donde se explicaban y difundían los principales procedimientos y técnicas. Algunos de éstos resaltaban la sencillez de las habilidades a emplear por parte de los geómetras, sobre todo en la medición de propiedades privadas, de una extensión superficial limitada (SOLER, 1858, 91). Sin duda el levantamiento de planos parcelarios municipales conllevaba una importante complejidad técnica, como apuntaba el *Tratado de topografía y agrimensura* del ingeniero militar Mariano Carrillo de Albornoz, publicado en 1838. Además de las formas de levantamiento y de la descripción del instrumental necesario, este manual incluye un “Resumen de las operaciones del catastro, o registro público de la calidad y valor de las tierras y bienes raíces, relativamente a la agrimensura” (CARRILLO DE ALBORNOZ, 1838, 260-275), con los procedimientos del levantamiento catastral empleados por los ingenieros del catastro francés. El ingeniero español justificaba la inclusión de este apartado por su utilidad a la hacienda pública, “tanto más, cuanto no dejará ya de pensarse en España en principiar unos trabajos, que aseguren la igualdad del repartimiento de las contribuciones que gravitan sobre los bienes raíces” (CARRILLO DE ALBORNOZ, 1838, 260).

Los deseos de Carrillo de Albornoz no se llevaron a cabo en la forma planteada. El levantamiento parcelario de los municipios de la provincia de Barcelona no estuvo ligado a un catastro, pero técnicamente se parecía bastante. Desde el año 1849, los trabajos de medición y representación parce-

laria estuvieron basados en las instrucciones y prescripciones técnicas y profesionales, con muchas similitudes con las desarrolladas por el catastro de Francia (Cf. LEFEVRE, 1824; THIOLLET, 1825; LACROIX, 1834; PLACE y FOUCARD, 1838).

El deslinde de los municipios

Una de las tareas más complejas de los geómetras consistía en definir los límites administrativos del municipio y el territorio que debía tributar a hacienda. La delimitación debía adscribir no sólo el territorio continuo, sino también las formas de asentamiento exentas. Una operación que implicaba necesariamente un acuerdo entre el municipio en cuestión y sus vecinos. Debió resultar un ejercicio delicado, con efectos jurídicos.

Los agrimensores, acompañados de los representantes municipales, de la administración de hacienda y de la propiedad, recorrían el conjunto de linderos y límites ya establecidos. En el caso de la provincia de Barcelona, las actas de deslinde resultantes consistieron en una relación escrita, con una descripción de las propiedades limítrofes, los hitos y mojones, y la identificación de los elementos destacables del territorio (ríos, rieras y caminos, entre otros), firmadas por las partes implicadas, con acuerdo o sin él. En caso de desacuerdo sobre la delimitación, la administración decidía. La definición gráfica de los límites municipales quedaba concretada en las operaciones de levantamiento planimétrico.¹ Algunos municipios han conservado esas delimitaciones, previas a la elaboración de la estadística territorial.²

El deslinde del término municipal proporcionaba una primera imagen de las dimensiones del levantamiento y de los contenidos del municipio. Con esa descripción, el geómetra realizaba un primer bosquejo de división del municipio en secciones, áreas homogéneas, partidas o heredades. Una vez definidos los límites, los agrimensores geómetras iniciaban los trabajos de medición de una base entre dos puntos, fundamento de las operaciones de triangulación.

La triangulación, base del levantamiento parcelario

La documentación estudiada en el caso de la provincia de Barcelona no es muy prolija sobre los procedimientos técnicos empleados por los peritos. Sabemos que los planos parcelarios tuvieron un fundamento geométrico, basado primero en una triangulación y, después, en poligonaciones sucesivas. La triangulación del municipio constituía el esqueleto del levantamiento y tenía por objeto determinar la distancia y la posición relativa de unos pocos puntos de la superficie municipal. Esta operación debía realizarse con cuidado, para evitar en lo posible la acumulación de errores.

La triangulación incluía dos partes. Por un lado, la medición de una base entre dos puntos con cinta o cadena de agrimensor y, por otro, el señalamiento de una serie de puntos básicos, el trazado de las visuales y la medición de los vértices y lados de la triangulación, necesarios para apoyar la poligonación subsiguiente y el resto de los detalles. Cada uno de los puntos escogidos debía estar referenciado al meridiano establecido y a su perpendicular. Esta operación requería el uso de instrumentos propios del agrimensor, como los grafómetros y las planchetas, que resolvían eficazmente, de forma numérica o gráfica, esta parte inicial de los trabajos (figura 1).

El grafómetro es un instrumento de agrimensura compuesto por un arco o semicírculo de latón graduado (de 0° a 180°), con una brújula en su inte-

1. En el caso del catastro de Francia se exigía a los geómetras, además del levantamiento del acta (procès-verbal), una representación planimétrica o bosquejo. Véase LEFEVRE (1824) y MAURIN (1992).

2. Es el caso del municipio barcelonés de la Garriga en 1853. El acta de deslinde del término municipal de la Garriga está firmada el 10 de agosto de 1853. Ese día, los miembros del ayuntamiento y de la junta pericial, junto a los comisionados de los pueblos vecinos, Pedro Díaz Bayon representante de la administración de Hacienda y Ignacio Caballol como agrónomo, procedieron al deslinde de sus términos jurisdiccionales y “se dirigieron a los confines del termino dando principio y marcando la línea”. El documento fue firmado “por todos los que sabían”, a excepción de los representantes de l’Ametlla del Vallès, “que se denegaron a verificarlo”. (*Llibre d’Acords de la Garriga*, Arxiu Històric de la Garriga, Caja 1).

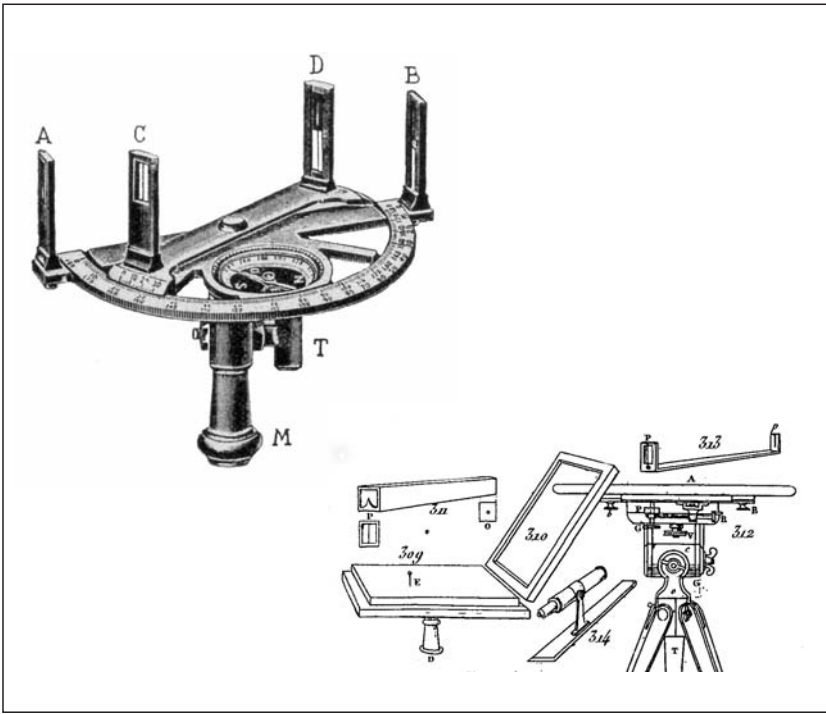


Figura 1. El grafómetro y la plancheta (fuente: FERRÉ, S.A. y THIOLLET, 1825).

rior, que incorpora dos alidadas de pínulas o anteojos, uno fijo en el limbo del aparato y otro móvil. Fue muy utilizado en el levantamiento de triangulaciones de cierta extensión y en la restitución de los detalles internos, pues ahorra mediciones con la cadena. El geómetra, desde los dos extremos de la base ya medida (estaciones), dirigía las visuales a los puntos de la triangulación, registrando sus valores angulares en los cuadernos de observaciones.³ Estos valores se transformaban en datos longitudinales o superficiales a partir del cálculo o de la medición directa. La utilidad de este instrumento descendía en terrenos cubiertos o de difícil acceso, donde era necesario realizar numerosos puntos de estación.

En las tareas de triangulación, la plancheta de agrimensor ofrecía similares prestaciones que el grafómetro. Conocida desde el siglo XVI, era un instrumento de carácter gráfico, directo y expeditivo en el levantamiento de planos. En su forma más simple, la plancheta es una pequeña tabla cuadrada de madera (50-55 cm), nivelada horizontalmente, apoyada sobre un pie y con una regla o alidada con pínulas perpendiculares. Algunos modelos avanzados incorporaron unos anteojos en sustitución de las pínulas, para visualizar los objetos lejanos, y una brújula o declinatorio para establecer la orientación de los planos (KIELY, 1979, 228-234 y MARTÍN LÓPEZ, 2002, 204). Con estos elementos podían determinarse tanto los ángulos azimutales como los verticales. El geómetra observaba los objetos a levantar y trazaba las alineaciones sobre el propio instrumento. Bastaba reducir las medidas tomadas sobre el terreno para llevarlas al papel por medio de transportadores o semicírculos, con ahorro de cálculos trigonométricos que podían resolverse en los trabajos de gabinete. En definitiva, el trabajo de campo resolvía gran parte de la minuta del plano.

El geómetra obtenía los datos sobre la medición de las distancias a partir de los valores angulares o a partir de lecturas directas con la cadena de

3. Los geómetras, en sus observaciones de campo, recogían los datos de los ángulos, grados y distancias bajo tres escalas, 1:10 000, 1:5 000 y 1:2 500. Cf. *Cuadernos de observaciones de campo de Llorenç Presas i Puig*, Real Academia de Ciències i Arts de Barcelona, Fondo Llorenç Presas. Legs. 23 y 33 bis (MURO, URTEAGA y NADAL, 2005 en prensa).

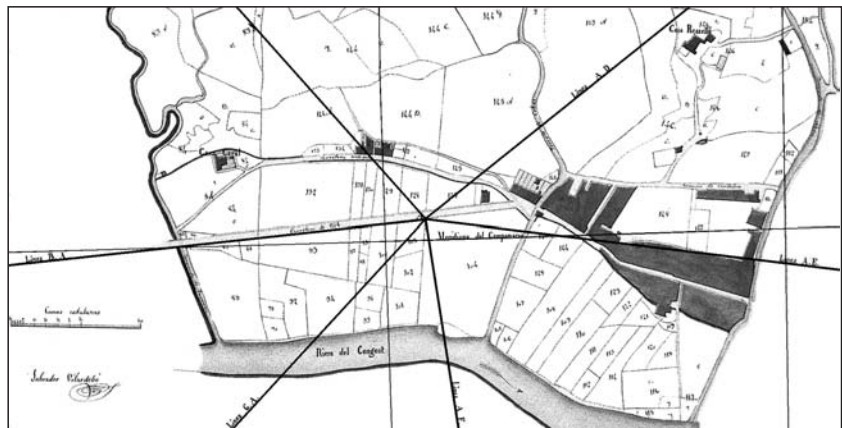
agrimensor. Estas últimas precisaban de cierta reiteración para obtener un valor medio, dado que el error en la medida de un triángulo afectaba al resto en mayor medida que la lectura de los ángulos. En la representación de las parcelas, las diferentes estaciones de la plancheta permitían la medición de una serie de puntos del perímetro, proyectando sus ángulos sobre el conjunto. En terrenos de difícil acceso o de relieve accidentado su eficacia descendía, debido a las constantes alineaciones de la plancheta con otros puntos, con las mediciones correspondientes.

No son abundantes las referencias al uso del instrumental por parte de los geómetras. Conocemos con cierto detalle la práctica de la agrimensura del matemático Llorenç Presas i Puig, analizada en otro trabajo (MURO, URTEAGA y NADAL, 2005). Sus anotaciones manuscritas muestran una gran variedad de soluciones: mediciones de bases con plancheta, uso de escuadras de reflexión y brújulas de agrimensor para el levantamiento de planos. Unos métodos e instrumentos que Llorenç Presas y sus estudiantes manejaron en las clases prácticas y que este examinador de agrimensores utilizó en el levantamiento de los planos parcelarios de los municipios de Gavà, Viladecans y Sant Martí de Provençals a principios de la década de 1850. En otros casos las referencias son más escasas, pero significativas, como el *Plano del término y pueblo de San Felio de Llubregat*, levantado en 1851 por el ingeniero militar Vicente Casanovas, por encargo de la administración provincial de Hacienda. Una indicación en el mismo plano precisa la utilización de plancheta y brújula.

En otros casos hemos encontrado referencias sobre la geometría del levantamiento, como el *Plano parcelario del término municipal de San Martín de Teya*, levantado por el arquitecto Carlos Gaurán en 1865, con las líneas de poligonación marcadas a lápiz sobre el documento. Aunque excepcional, algunos agrimensores incluyeron en el plano la geometría completa del levantamiento, incluido los cálculos de la triangulación básica. Es lo que hizo el geómetra-agrimensor Salvador Vilardebò y Moret en su *Plano geométrico de La Garriga*, firmado en 1853, un atlas parcelario dividido en 21 secciones catastrales a escala 1:2 500.⁴ La triangulación del municipio de la Garriga está apoyada sobre una base de algo menos de 1 km (4 974 palmos catalanes o 966,44 metros), trazada sobre la carretera de Vic a Barcelona. Desde los puntos extremos de la base inicial (A y B), medida en tres ocasiones como prescribían las normas, surgen las alineaciones hacia la red de puntos (figura 2), que forma un conjunto de 9 triángulos.

4. Al final del atlas, el geómetra Salvador Vilardebò incluyó los cálculos y mediciones resultantes de la triangulación de la Garriga. El título completo es *Cálculo trigonométrico de la superficie general del término, sobre una base de cuatro mil novecientos setenta y cuatro palmos catalanes, tomada en la carretera de Vich, desde la división de propiedad de D. Pablo Gotanegra y D^a Josefa Nualar hasta el vado que se encuentra a ciento diez y nueve metros antes de llegar al torrente llamado de Riera*.

Figura 2. Extremo A de la base inicial y líneas de los lados de los triángulos en el plano geométrico de la Garriga (1853). Los autores han resaltado las líneas de la triangulación y de la poligonación (fuente: Hoja núm. 5, Sección 5a Farrans, del Plano geométrico del término jurisdiccional de La Garriga, Salvador Vilardebò, 1 de diciembre de 1853. Escala original 1:2 500. Ajuntament de la Garriga, Serveis Tècnics).



El geómetra Salvador Vilardebò calculó las aberturas de cada uno de los ángulos con un aparato que permitía la lectura de minutos y efectuó mediciones de cada lado. Con esos datos, una vez restados y sumados los restos que quedaban fuera de la triangulación, Vilardebò obtuvo la superficie municipal. Además, el geómetra representó en cada una de las hojas una cuadrícula ajustada al “meridiano del campanario”, para orientar cada sección y las líneas de unión entre los puntos o vértices y lados de la triangulación (figura 2). Una rosa de los vientos proporcionaba la marca del geómetra, y la orientación de cada una de las hojas. Sobre esta red de puntos el agrimensor realizaba las poligonaciones secundarias, con objeto de representar y medir las parcelas rústicas.

El levantamiento de los detalles parcelarios

Efectivamente, una vez resuelta la triangulación básica, los geómetras abordaban el levantamiento del parcelario rústico y del resto de detalles planimétricos, entre otros la red viaria e hidrográfica, las diferentes formas de asentamiento y las edificaciones. Hay que destacar que los municipios de la provincia de Barcelona tenían una disposición parcelaria bastante fragmentada. Tenemos información del número de parcelas levantadas por los geómetras en 45 municipios. Algunos con un escaso número de parcelas, como Sant Martí Sescorts (con 52 parcelas). Pero otros, como Sant Pere de Terrassa, casi 3 000 parcelas. El valor medio para los 45 municipios es de 817 parcelas rústicas (CABALLERO, 1864; NADAL, URTEAGA y MURO, 2005 en prensa).

El agrimensor y sus colaboradores definían los elementos del parcelario, empezando por el esqueleto formado por caminos, cursos de agua, núcleos habitados, zonas litorales, tierras incultas y roquedos. En estas operaciones, los auxiliares señalaban con jalones y los geómetras realizaban mediciones directas con instrumental adecuado. A éstos nos vamos a referir a continuación.

En la restitución de los detalles fue normal el uso de brújulas de agrimensor, círculos, escuadras, pantómetras, combinados con el de cadenas y jalones. Eran de una precisión menor, pero eran más manejables y baratos. Entre éstos, destacan la brújula y la escuadra. La brújula de agrimensor es una caja cuadrada en madera, compuesta de un círculo o limbo dividido en grados y medios grados, sobre un trípode, con dos niveles para indicar su horizontalidad y un anteojo en uno de los extremos para la observación de ángulos (figura 3). La medición de un ángulo consistía en hallar el valor de

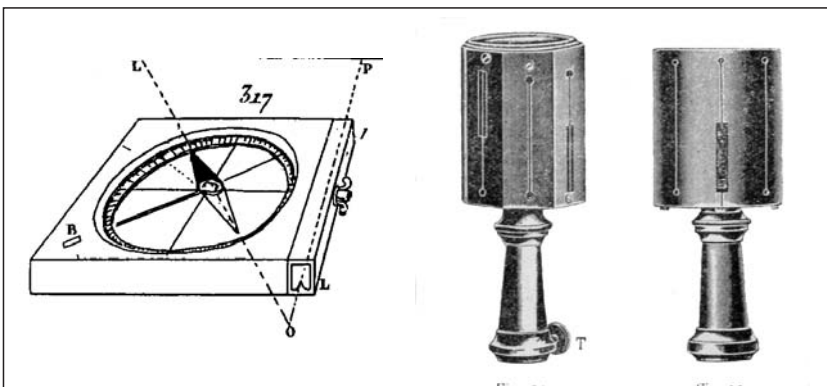


Figura 3. La brújula de agrimensor y escuadras de agrimensor (octogonal y cilíndrica) (fuente: THIOLETT, 1825 y FERRÉ, S.A.).

los ángulos azimutales que forman sus lados y compararlos con la línea constante del meridiano magnético. Su diferencia es el ángulo propuesto. A continuación, el geómetra medía directamente para obtener los detalles (VALLIN, 1866).

La brújula de agrimensor es un instrumento de precisión media, suficiente para determinadas operaciones como la medición de los rumbos con relativa celeridad a partir de medidas de distancias con cadenas, la observación de ángulos o la resolución de superficies trianguladas por determinación de los ángulos de los lados desconocidos (LACROIX, 1834). Al ser un aparato autoorientador, los errores de medición no se acumulaban de una estación a otra. Era de gran utilidad y fácil manejo en el levantamiento de las sinuosidades de las vías de comunicación, los contornos de los cursos de agua (PLACE y FOUCARD, 1838), y en la determinación de ángulos y lados desconocidos de una triangulación. Aunque el comportamiento de la aguja fuera inestable, la brújula de agrimensor permitía una gran rapidez en el levantamiento de los puntos accesorios del plano (MURO, URTEAGA y NADAL, 2005), un aspecto relevante en trabajos de agrimensura de cierta extensión.

Otros instrumentos, como la escuadra de reflexión, proporcionaban una precisión más elevada. Pero también eran más complejos de uso, pues requería conocimientos de óptica, superfluos en el levantamiento de detalle. Aunque era portátil, era un aparato más caro y frágil que, por ejemplo, las escuadras de agrimensor, a las que prestaremos atención a continuación.

La escuadra de agrimensor es un instrumento de reducidas dimensiones (aprox. 7 x 6 cm), de forma octogonal o cilíndrica, con ocho ranuras perpendiculares dos a dos, correspondientes a ocho planos visuales (figura 3). El resto de ranuras del instrumento, a derecha y a izquierda, proporcionan ángulos de 45°, 90° y 135°. Un pequeño hueco en la base permitía la colocación de un piquete o trípode para guiar el aparato alrededor de su eje. Algunos modelos incorporaban pínulas, adaptación necesaria en el levantamiento de planos de gran extensión. Una versión mejorada de las escuadras tradicionales eran las pantómetras, combinación de escuadra de agrimensor, grafómetro y brújula (SONNET, 1874).

Desde los vértices de la triangulación y con la brújula de agrimensor o la plancheta, los geómetras obtenían primero las figuras poligonales sobre las que se sustentaba el parcelario, a partir de marcas, hitos, o mojones señalados con jalones (figura 4). Resuelta esa operación, los agrimensores dirigían perpendiculares con las escuadras a las irregularidades geométricas, levantando el detalle de las figuras o los lados de las parcelas. A continuación, la práctica, pericia o simplemente el número de auxiliares disponible decidía el modo de operar. Los auxiliares estaban encargados de jalonar los puntos de las parcelas y, asimismo, manejaban las cadenas. El geómetra trazaba y medía las líneas, como si de itinerarios se tratara, o bien, determinaba esos puntos a partir de la construcción de polígonos. Era una decisión de cierta trascendencia en territorios cultivados.⁵

Los detalles planimétricos incluían los límites de los núcleos de población, o los distintos tipos de edificios, pero no las propiedades urbanas, por su elevado número y elevado coste de evaluación, ni tampoco las tierras incultas o no productivas. En palabras de la época, “cesa la medición donde el terreno deja de ser productivo, y por lo mismo no se miden las rocas enteramente desnudas de tierras” (CARRILLO DE ALBORNOZ, 1838).

Con el parcelario rústico levantado debía procederse a su numeración provisional y a la división en secciones del municipio. La correspondencia entre la numeración y los propietarios y arrendatarios de parcelas quedaba reflejada en un registro o lista de referencia con los nombres y números

5. En unas “Condiciones” presentadas por Llorenç Presas i Puig a la comisión contratadora de la medición del municipio de Sant Martí de Provençals en 1853, este afirmaba que “los medios de medir las fincas y los instrumentos que se suelen emplear son indefinidos. Yo he buscado uno que siendo tan exacto como los otros no perjudique en lo más mínimo las viñas, cuya sumidades empiezan en la estación presente, ni a los sembrados por delicados que sean”. En *Condiciones que presenta D. Lorenzo Presas i Puig a la Comisión encargada de contratar para hacer la medición en el pueblo de San Martín de Provensals*, 17 de mayo de 1853, Arxiu Històric del Districte de Sant Martí, Barcelona, Caixa 2/72.

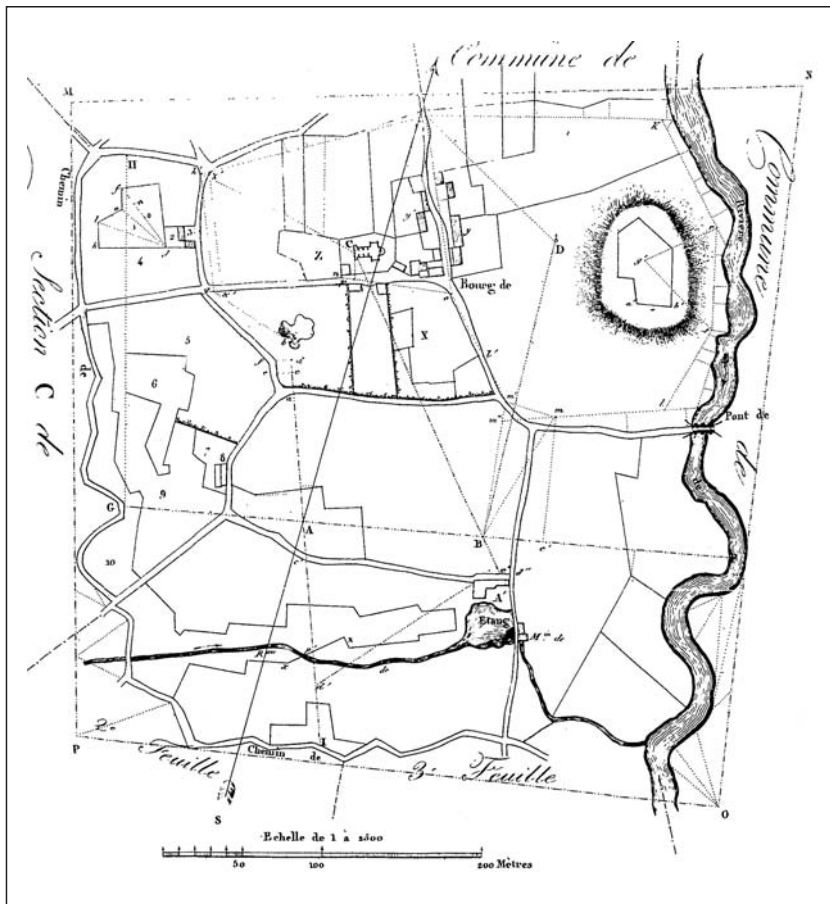


Figura 4. Poligonaciones y parcelaciones de los elementos significativos del plano, apoyadas en puntos de la triangulación básica (fuente: LEFEVRE, 1824).

de orden. A continuación, la numeración se pasaba a tinta china en el plano bajo una serie de criterios. Uno de ellos era colocar el inicio de la numeración al norte de las secciones, para finalizarla en la parte inferior opuesta. Este criterio pudo variar, aunque en algunos documentos se tuvo en cuenta. Con la minuta terminada, los trabajos de levantamiento se pasaban a limpio por copia o se reducían a otras escalas. El plano debía indicar el nombre del plano o título del trabajo, la escala, la orientación, la fecha y la firma del responsable de los trabajos. El plano geométrico quedaba ultimado con el lavado del documento.

El lavado de los planos geométricos

Los planos geométricos y parcelarios eran policromos y el uso de colores estaba normalizado. Algunos manuales de dibujo topográfico, como el publicado en el año 1859 por el geómetra Joan Papell i Llenas, mostraban las diferentes técnicas de uso del color en esta planimetría (MURO, NADAL y URTEAGA, 1996, 222-237 y MONTANER, 2000, 98-100). En el lavado de estos documentos se utilizaban diversos colores líquidos (al agua), elementales o combinaciones de éstos, dando lugar a diversas intensidades. El plano debía expresar diversas gradaciones en el espesor de las tintas, "haciendo más fuertes las destinadas a representar los objetos principales y menos las de los

objetos accesorios, que figuran únicamente en el plano para facilitar su inteligencia” (VALLIN, 1866). El negro de la tinta china recorría los perímetros de los objetos cartografiados e identificaba numéricamente el parcelario y la toponimia. Otros colores se aplicaban sobre la superficie del plano de forma más o menos extensa y con diferentes gradaciones de intensidad. Además de la tinta china, entre los colores de carácter esencial se utilizaron el índigo o azul de Prusia (hidrografía), el carmín (formas de asentamiento), el gutta-gamba o amarillo de indias, y el sepia (VALLIN, 1866; DAINVILLE, 1964).

El lavado de los planos geométricos de los términos municipales confería a éstos un marcado carácter artístico. Una tarea que requirió de dibujantes y especialistas, como lo pone de manifiesto el progresivo manierismo de los atlas parcelarios realizados desde la década de 1860, por empresas dirigidas por geómetras (NADAL, URTEAGA y MURO, 2005 en prensa).

La precisión de los levantamientos

Las grandes escalas, las técnicas de levantamiento y las soluciones gráficas empleadas dieron lugar a detalladas e, incluso, artísticas representaciones. Pero el objetivo final de estos documentos cartográficos era la obtención de datos superficiales de las parcelas, que acompañaban a otros datos sobre los usos y las valoraciones fiscales. En definitiva, estuvieron relacionados con la gestión de la contribución territorial en los municipios. Por ello, cabe preguntarse sobre su grado de precisión. La comparación de los resultados de las operaciones de los agrimensores con las cifras oficiales de extensión superficial de los municipios y una correlación gráfica para un caso concreto confieren a éstos un grado elevado de precisión.

Desde la Edad Moderna el ejercicio de la agrimensura incorporó la precisión geométrica, bajo procedimientos estandarizados y acompañado de un notable desarrollo del instrumental (MACCAGNI, 1987). La precisión obtenida servía para determinar con exactitud límites y superficies, y son numerosos los ejemplos de planos basados en mediciones refinadas (ANGELINI, 1987; BOUTIER, 2002).

La planimetría parcelaria llevaba aparejada unos márgenes de error tolerables, dado que los propietarios y las juntas periciales podían reclamar. Este es un aspecto recogido en los contratos y encargos firmados entre los geómetras y los responsables municipales. Las superficies obtenidas por los agrimensores en sus levantamientos, comparadas con las dimensiones oficiales muestran diferentes grados de concordancia. Para un conjunto de 32 municipios observados, las superficies obtenidas por los agrimensores son de promedio un 10% inferior a las oficiales. Con todas las prevenciones necesarias de un examen preliminar, estas diferencias pueden explicarse por modificaciones del mapa municipal desde la década de 1860 (BURGUÑO y LASSO DE LA VEGA, 2003) y, sobre todo, debido a que la suma de las superficies computables desde el punto de vista fiscal eran estrictamente las del suelo agrícola.

La comparación de la figura resultante de la delimitación municipal con una base cartográfica contemporánea permite una mayor matización (figura 5). Es el caso del plano parcelario de Vilaseca de Solcina, en la provincia de Tarragona, firmado el 9 de abril de 1862, por Leandro Pons y Dalmau (ALARCÓN, 2003). El origen del *Plano geométrico-estadístico de Vilaseca* fue la discrepancia entre la administración provincial de Hacienda y el municipio sobre el cupo de contribución territorial. Las reticencias de los propietarios de Vila-seca ante los datos de Hacienda coincidieron con una crisis agrícola motivada por la plaga del *oidium tuckery*, que redujo de forma substancial la producción de vino en las tierras del municipio (ALARCÓN, 2003).



Figura 5. Límites municipales del *Plano Geométrico-Estadístico del Distrito Municipal de Vilaseca*, levantado por Leandro Pons i Dalmau en 1862 y de la base cartográfica digital 1:50 000 del Institut Cartogràfic de Catalunya (fuente: ALARCÓN, 2003).

El cotejo se ha realizado a partir de una fotografía escaneada del plano de Leandro Pons (dimensiones 185 x 124 cm), digitalizando únicamente los límites municipales, con una corrección de la escala y de la orientación original. La delimitación obtenida por Leandro Pons en 1862 queda expresada por una línea continua y la base 1:50 000 por un trazo discontinuo. Como puede comprobarse en la figura 5, los dos límites se diferencian con claridad, pero su nivel de ajuste es notable (ALARCÓN, 2003, 9).

Conclusiones

La delimitación parcelaria y la evaluación fiscal subsiguiente tuvieron como punto de partida operaciones geométricas, fundamentadas en tradiciones de la agrimensura. Los geómetras encargados de estos trabajos debieron desplegar diligencia, capacidad de mediación y poder de convicción, además de aplicar las reglas del arte correctamente. El levantamiento de los planos parcelarios respondió a una serie de técnicas y operaciones estandarizadas que, sin considerar la nivelación topográfica, consiguieron una gran calidad técnica y una precisión suficiente.

Los geómetras midieron y cartografiaron la propiedad rústica, base de las estadísticas geométricas de los pueblos, plasmadas en padrones de riqueza, amillaramientos o matrículas catastrales. Estos documentos planimétricos fueron, para muchos municipios, la primera imagen de sus límites y contenidos. Y como solución gráfica, los planos geométricos aportaron un valor añadido a las formas tradicionales de reparto del cupo de la contribución territorial en los municipios y pudieron favorecer una distribución más justa del impuesto.

Bibliografía

- ALARCÓN I COMPANY, Victoria (2003): *Aproximació al Plànol Geomètric de Vila-seca de 1862*. Trabajo inédito, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- ANGELINI, Gregorio (1987): “Agrimensura e produzione cartografica nel Regno di Napoli in età moderna”, en *Cartografia e Istituzioni in età moderna*. Atti del Convegno Genova, Imperia, Albenga, Savona, La Spezia, 3-8 nov. 1986, Roma, Atti della Società Ligure di Storia Patria, Nuova Serie, vol. XXVII (CI), vol. I, pág. 119-132.
- BOUTIER, Jean (2002): “Mesures et triangulation de l’espace urbain. Le lever des plans de Paris à l’époque moderne (XVIIe-XVIIIe siècle)”, en *Le Monde des Cartes. Revue du Comité Français de Cartographie*, 171, marzo, pág. 6-18. Monográfico de Historia de la Cartografía de París [consultado en <http://www.vcharite.univ-mrs.fr/shadyc/bocarto.pdf>].
- BURGEÑO, Jesús; LASSO DE LA VEGA, Ferran (2003): *Història del mapa municipal de Catalunya*. Barcelona, Direcció General d’Administració Local, 192 pág. + 11 mapas.
- CABALLERO, FERMÍN (1864): *Fomento de la Población Rural*. Edición facsímil con una presentación de Antonio López Gómez, Barcelona, Ediciones El Albir (1980), VIII + 282 pág.
- CARRILLO DE ALBORNOZ, Mariano (1838): *Tratado de topografía y agrimensura*, por el brigadier Don – director-subinspector del Cuerpo de Ingenieros del Ejército, Madrid, Imprenta de Cruz Gonzalez, 430 pág. + 12 lám.
- DAINVILLE, François de (1964): *Le langage des géographes. Termes. Signes. Couleurs des cartes anciennes 1500-1800*. París, Picard, 384 pág.
- FERRÉ VERGÉS, José (S.A.): *Agrimensura*, Madrid-Barcelona, “Calpe”, Compañía Anónima de Librería, Publicaciones y Ediciones, Manuales-Gallach, núm. CIII.
- KIELY, Edmon R. (1979): *Surveying instruments. Their History*. Columbus (Ohio), Carben Surveying Reprints, ed. original 1947, 273 pág.
- LACROIX, Silvestre-François (1834): *Manuel d’arpentage, ou instruction élémentaire sur cet art et sur celui de lever les plans*, por... París, Librairie Encyclopédique de Roret, 5ª edición revisada y corregida, 185 pág.
- LEFEVRE, A. (1824): *Essai sur l’arpentage parcellaire, ou recueil et développement des instructions et règlements sur la partie d’art du cadastre, à l’usage des employés chargés du levé des plans parcellaires des communes et de leurs calculs*, par..., gèomètre en chef dand le Dépt de la Haute-Vienne, Limoges, F. Chapolaud, Imprimeur-Libraire, 281 pág. + 5 planchas.
- MACCAGNI, Carlo (1986): “Evoluzione delle procedure di rilevamento: base geometriche e strumentazione”, en *Cartografia e Istituzioni in età moderna*. Atti del Convegno Genova, Imperia, Albenga, Savona, La Spezia, 3-8 nov. 1986, Roma, Atti della Società Ligure di Storia Patria, Nuova Serie, vol. XXVII (CI), vol. I, pág. 43-57.
- MARTÍN LÓPEZ, José M. (2002): *Historia de la cartografía y de la topografía*. Madrid, Ministerio de Fomento, Centro Nacional de Información Geográfica, 474 pág.
- MAURIN, André (1992): *Le Cadastre en France. Histoire et renovation*. París, Centre National de la Recherche Scientifique, 427 pág.
- MONTANER, M. Carme (2000): *Mapes i cartògrafs a la Catalunya contemporània (1833-1941). Els inicis i la consolidació de la cartografia topogràfica*. Barcelona, R. Dalmau, Institut Cartogràfic de Catalunya, 237 pág.

- MURO, José Ignacio; NADAL, Francesc; URTEAGA, Luis (1996): *Geografía, estadística y catastro en España*. Barcelona, Ediciones del Serbal, 275 pág.
- MURO, José Ignacio; URTEAGA, Luis; NADAL, Francesc (2005 en prensa): “Los trabajos cartográficos y catastrales de Llorenç Presas y Puig (1811-1875)”, en *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, Barcelona.
- NADAL, Francesc; MURO, José Ignacio; URTEAGA, Luis (2003): “Cartografía parcel·laria i estadística territorial a la província de Barcelona (1845-1895)”, en *Revista de Geografia*. Barcelona, segunda época, núm. 2, pág. 37-60.
- NADAL, Francesc; URTEAGA, Luis; MURO, José Ignacio (2005 en prensa): *El territori dels geòmetres. Cartografia parcel·laria dels municipis de la província de Barcelona (1845-1895)*. Barcelona, Diputació de Barcelona.
- PLACE; FOUCARD (1838): *Livre de l'arpenteur-géomètre. Guide pratique de l'Arpentage et du lever des plans*, par – arpenteurs-géomètres. París, A. L. Pagnerre et Cie Editeurs. 252 pág.
- PRO RUIZ, Juan (1992): *Estado, geometría y propiedad. Los orígenes del catastro en España (1715-1941)*. Madrid, Centro de Gestión y Cooperación Tributaria, 419 pág.
- SOLER, José Francisco (1858): *Nuevo agrimensur universal por el sistema métrico. Reducción de las medidas longitudinales y superficiales del universo. Levantar planos sin necesidad de compás ni estuche matemático. Repartimiento de haciendas y marcación de relojes de sol*. Por – maestro de primera educación con título general. Piloto de todos mares y agrimensur en la península y en ultramar. Barcelona, Imprenta Nueva de Jaime Jepús y Ramón Villegas.
- SONNET, H. (1874): *Dictionnaire des mathématiques appliqués*. París, Librairie et Cie, 2ª ed., 1 475 pág.
- THIOLLET (1825): *L'art de lever les plans, du lavis, et du nivellement, enseigné en 20 leçons, sans le secours des mathématiques*. Ouvrage mis à la portée de toutes les classes de la société et indispensable aux Instituteurs, Arpenteurs, Géomètres, Propriétaires ruraux, etc., avec 16 planches, par – professeur aux Écoles Royales d'Artillerie, París, Audin, 368 pág.
- VALLEJO POUSADA, Rafael (2001): *Reforma tributaria y fiscalidad sobre la agricultura en la España liberal, 1845-1900*. Zaragoza, Prensas Universitarias de Zaragoza, 460 pág.
- VALLIN Y BUSTILLO, Acisclo F. (1866): *Elementos de matemáticas. Geometría y trigonometría y nociones de topografía*. Por –, doctor en ciencias y catedrático de esta asignatura. Obra declarada de texto por los Gobiernos de España y Portugal. Edición Estereotípica, Madrid, Imp. Santiago Aguado, 116 pág.