

CARTOGRAFÍA HISTÓRICA Y NUEVAS TECNOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS URBANO La Granada de finales del siglo XIX

Ana del Cid Mendoza

Área de Composición Arquitectónica. Universidad de Granada

Director: Juan Calatrava Escobar

Mail: anadelcid@ugr.es

RESUMEN

En este artículo se presentan los principales procedimientos y primeras conclusiones de una investigación sobre la estructura morfológica de la ciudad de Granada a finales del siglo XIX, asumiendo, en primer lugar, que dicha estructura es una entidad espacial que tiene su propio proceso de producción a lo largo del tiempo y planteando, a su vez, una consideración fundamental de tipo metodológico: una imagen cartográfica tradicional, apoyada por los SIG de la era digital, puede constituirse en fuente e instrumento para el análisis espacial de una ciudad.

Estas ideas se pusieron en práctica con el *Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico* (1909), un valioso hito histórico-cartográfico sobre el que se han empleado las nuevas herramientas digitales de adquisición, procesamiento y análisis de datos, siendo el objetivo último de este estudio alcanzar una comprensión más precisa del "plano actual" de la ciudad.

Palabras clave: Granada, Cartografía, SIG

ABSTRACT

In this paper we present the main methods and early conclusions of the investigation about the morphological structure in the city of Granada at the end of the nineteenth century, assuming, firstly, that this structure is a spatial entity which has its own production process along the time, and also approaching an essential methodological consideration: a traditional cartographic image, supporting by GIS from the digital age, may be a source and an instrument for the urban spatial analysis.

These ideas were put into practice by the *Plano de Granada* of the *Instituto Geográfico y Estadístico* (1909), a valuable historical-cartographic milestone on which we applied new digital tools of acquisition, processing and analysis of information, in order to study and to reach a more precise comprehension of the "current plane" of the city.

Key words: Granada, Cartography, GIS

1 INTRODUCCIÓN

El estudio de la ciudad ha sido y continúa siendo afrontado por arquitectos, historiadores, geógrafos y sociólogos, entre otros, bajo criterios muy diversos. Aunque estas amplias posibilidades de investigación son extrapolables a otros objetos de estudio, es en el medio urbano donde su puesta en práctica se revela más fecunda debido a la concentración de intereses y poderes diversos y, a menudo, antagónicos (Arnaud, 2008).

En el caso concreto del análisis espacial, la forma de la ciudad es contemplada como el objeto o la esencia de la investigación, y no simplemente como un escenario de otra realidad (social, económica o administrativa); la ciudad se estudia ahora como una entidad física que tiene su propio proceso de producción, dilatado en el tiempo y forzado por actores de diversa índole que, en este caso, no representan el papel principal de la investigación (Álvarez, 1992).

En la ciudad hay calles, plazas, parques, edificios; y en ellos hay formas, medidas, proporciones, escalas. La ciudad posee una organización espacial (con sus limitaciones y sus posibilidades) que es el resultado de un inagotable y, casi siempre, complejo proceso. Fases concretas de este proceso han quedado registradas en el inmenso número de representaciones gráficas –realizadas mediante técnicas diferentes y por motivos diversos– que han acompañado siempre la construcción de la ciudad. Al asumir esto, los documentos cartográficos históricos dejaron de ser un objetopreciado exclusivamente por cuestiones estéticas o artísticas, para convertirse en una valiosa fuente de conocimiento científico. Así, los mapas y planos antiguos han ido suscitando cada vez más interés entre los investigadores dedicados al estudio de los lugares representados en ellos.

El potencial de las representaciones cartográficas se ha visto incrementado, además, con la aparición de nuevas tecnologías propias de la era digital tales como los Sistemas de Información Geográfica (en adelante SIG). El desarrollo de estas herramientas ha tenido una consecuencia extraordinaria para la ciencia cartográfica: la “ampliación” de los límites del plano. El plano tiene ahora una capacidad infinita para extenderse mediante nexos virtuales que aportan más y más datos de cada objeto que en él se representa. Podemos decir que el plano contemporáneo es la base de datos referenciada espacialmente en la que se habla de procesos, es decir, de atributos, de espacio y de tiempo simultáneamente.

Sentadas en los párrafos anteriores las bases conceptuales de esta investigación, que forma parte de una Tesis Doctoral aún en desarrollo, este artículo centrará su atención en los siguientes contenidos:

- El *Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico* (1909), imagen cartográfica de la ciudad a finales del siglo XIX, atendiendo especialmente al contexto y los objetivos de su realización y a su calidad métrica.
- La aplicación de las técnicas SIG (calibración, georreferenciación, transformación y análisis) mediante las cuales los datos procedentes de fuentes diversas (un plano histórico y un plano actual, en el caso que nos ocupa) pueden interaccionar y generar nueva información en la que las variables espacio y tiempo se aprecian simultáneamente.
- Los ideales urbanísticos de la ciudad burguesa en el *Plano de Granada de 1909*.

2 FUENTES CARTOGRÁFICAS DE LA HISTORIA URBANA DE GRANADA

La ciudad de Granada ocupa un lugar destacado en el ámbito de la iconografía urbana. Se trata de una de las ciudades españolas más ricas en cuanto al número y a la diversidad de sus imágenes y representaciones cartográficas, si bien es cierto que prácticamente todas son posteriores a 1492. Esto se debe, probablemente, al interés que por su conocimiento despertaron factores como las especiales circunstancias de su conquista por los Reyes Católicos, sus etapas de relevancia política y económica y su papel de mito orientalista, que la convirtieron en el objeto de miradas y evocaciones (Calatrava y Ruiz, 2005).

Aunque existen representaciones iconográficas de Granada con cierto carácter realista anteriores al siglo XVIII, como la pintura flamenca titulada *La Virgen de Granada* (atribuida a Petrus Cristhus II, 1500), las vistas de la ciudad publicadas en el *Civitates Orbis Terrarum* (Georg Braun, 1572-1617) o la Plataforma de Ambrosio de Vico (de principios del s. XVII), las representaciones bidimensionales matemáticas no llegaron hasta ese momento, cuando se produjo la combinación de los avances científicos y tecnológicos, desarrollados a lo largo del XVII, con el clima cultural de la Ilustración.



Fragmento de la tabla flamenco *La Virgen de Granada* (Petrus Cristhus II, 1500)
(Imagen facilitada por Juan Calatrava)

En esta representación se distinguen las grandes líneas topográficas de asentamiento de Granada, la Alhambra y el resto de fortalezas y murallas, además de los mayores espacios públicos que le aportan identidad a la ciudad.

También a nivel metodológico y analítico estas representaciones de “geometría exacta” señalan un punto de referencia para la historia urbana de Granada, pues sus características métricas hacen posible que hoy podamos emplear sobre ellas nuevas técnicas (como los SIG) para el análisis de la estructura formal y funcional de la ciudad histórica. Como es de suponer, a pesar de que las representaciones más tempranas de este tipo poseen un nivel de precisión destacable para la época, a menudo contienen errores métricos superiores a lo convencionalmente aceptado cuando se trabaja con herramientas SIG (Baiocchi y Lelo, 2005). Existe, por tanto, una dificultad de partida que no siempre será salvable: la combinación entre el rigor que requiere el trabajo con SIG y la inexactitud que, por lo general, presentan las fuentes históricas.

2.1 El Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico: contexto y descripción

Las convulsiones políticas y el movimiento de fronteras a nivel mundial hicieron necesaria, a lo largo del siglo XIX, una nueva cartografía de base definitivamente científica realizada por instituciones oficiales. Se crearon entonces nuevos organismos, como los centros cartográficos nacionales, responsables de elaborar una representación del territorio altamente rigurosa.

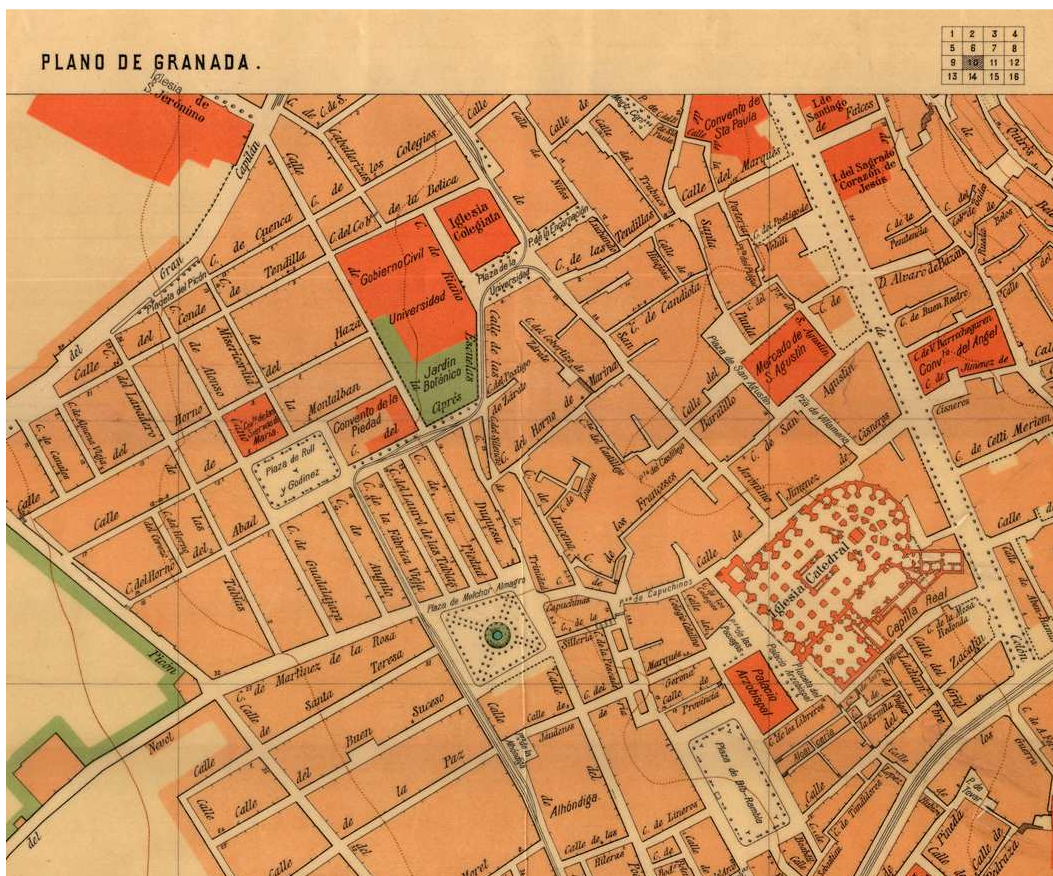
El *Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico* se enmarca dentro de una operación extraordinaria de medición de todo el territorio español que tenía como fin la formación del *Mapa Topográfico Nacional (MTN)*, un instrumento científico para la administración del Estado. En el momento de su creación en 1870, el Instituto, dirigido por el ingeniero Ibáñez de Ibero, asumió entre sus tareas el establecimiento de las redes geodésicas, las operaciones topográficas y de nivelación, así como el resto de trabajos de delineación y grabado de este mapa topográfico. (Urteaga y Nadal, 1989)

Aunque el mapa se publicaría definitivamente a escala 1:50.000, la formación de minutas se hizo a 1:25.000 para incorporar información detallada, más propia de un mapa catastral que de uno topográfico, con una finalidad fiscal.¹

Además, en el caso Granada se llevó a cabo una edición especial de su plano a escala 1:2.000 “para su mejor explotación urbanística” (Calatrava y Ruiz, 2005: 128), es decir, para su uso como instrumento de

¹ A esto respondían principalmente las operaciones de deslinde y amojonamiento de los términos municipales o la delimitación de las áreas de cultivo que se hicieron a la par que el levantamiento de las minutas.

planificación. Suponemos que algo tuvo que ver en esta decisión el hecho de que el Ayuntamiento, todavía por aquellas fechas, empleaba como plano oficial de la ciudad el levantado por el arquitecto municipal José Contreras (1853), a pesar de sus importantes y reconocidas deficiencias desde el mismo momento de su edición.²



Fragmento de la hoja nº10 del Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico.

Elaboración propia a partir de la hoja original.

Fragmento del entorno catedralicio. El conjunto Catedral-Capilla Real-Sagrario y el Palacio de Carlos V en la Alhambra fueron los únicos representados mediante su sección horizontal.

La singularidad, a nivel cartográfico, del Plano de Granada de 1909 estriba en que se trata de la primera representación de la ciudad en la que se aúnan diversas características destacables: el levantamiento apoyado en la red geodésica, la fiabilidad geométrica conseguida a base de metodología e instrumentos rigurosos de medición, la utilización de curvas de nivel con indicación de la altimetría (incluso en el interior del casco urbano), escala métrica decimal, orientación Norte, los inventarios de los espacios públicos y de los edificios singulares con referencia a su cuadrícula alfanumérica, la leyenda de símbolos y la cuidada, y fácilmente legible, policromía.

Este trabajo de investigación, apoyándose en experiencias similares anteriores,³ se sirvió de las cualidades geométricas y descriptivas mencionadas para analizar la ciudad de Granada a finales del s. XIX, momento en el que se transformó irremediamente el trazado de la ciudad histórica, con operaciones como la apertura de la *Gran Vía de Colón*, y se dio paso a la azarosa práctica urbanística del siglo XX. Es más, estas características métricas fueron imprescindibles para la inserción de la fuente histórica en un sistema de coordenadas (georreferenciación) y la superposición con el plano actual de Granada, iniciándose así la construcción de un SIG histórico de la ciudad.

3 APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS SIG

² Las deficiencias de este plano han sido constatadas científicamente mediante SIG en: Camarero, Ferrer y Nieto (2012).

³ La aplicación de SIG para el análisis de fuentes cartográficas históricas tiene un fabuloso ejemplo en el proyecto titulado "Atlante storico di Roma moderna" realizado en el Centro per lo Studio di Roma dell'Università degli Studi Roma Tre.

La investigación se ha llevado a cabo sobre la versión de dieciséis hojas del *Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico*, también conocido como *Plano de Granada de 1909*, depositada en la Delegación Provincial del Instituto Geográfico Nacional. La primera labor consistió, por tanto, en la consecución de una reproducción digital de la fuente cartográfica original, manteniendo su calidad y nivel de detalle, acorde a la escala de representación (E: 1/2.000).

Este proceso previo al inicio del trabajo con SIG puede resumirse en:

- Escaneado de las 16 hojas originales, numeradas de norte a sur y de oeste a este, para obtener 16 hojas digitales en formato de imagen .jpg (resolución de 600 ppp).
- Rotación de las imágenes para subsanar los giros producidos durante el escaneado en escáner rotativo.
- Reajuste de los niveles de color, brillo y contraste de las imágenes para corregir la distorsión tonal que provocó la digitalización.

3.1 Georreferenciación de la fuente histórica

La primera fase consistió en lo que podríamos llamar “georreferenciación topológica” de las hojas digitales incorporadas como datos ráster al entorno SIG.⁴ Este proceso no era más que la reconstrucción de la imagen digital completa del *Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico*, mediante la composición en matriz (4x4) de las dieciséis hojas digitales. Cada hoja fue georreferenciada empleando como puntos de control los vértices de la cuadrícula alfanumérica que presenta el plano original, tanto en su versión completa como en su versión fragmentada, y haciéndolos coincidir con los vértices de una malla ideal de las mismas dimensiones (400 x 400 metros) mediante una transformación de *ajuste*.⁵ Esta metodología provocó una pequeña deformación elástica a las imágenes que, en este caso, sirvió para corregir las imperfecciones del soporte cartográfico original.⁶

El resultado de esta primera georreferenciación fue la reproducción digital del *Plano de Granada* del Instituto Geográfico y Estadístico, aunque todavía sin información de referencia espacial. Las coordenadas del mundo real en un sistema de proyección las aportaría una segunda georreferenciación de esta reproducción digital del plano histórico.

La georreferenciación de un plano antiguo que carece de sistema de referencia puede hacerse únicamente a través del cálculo de las coordenadas de determinados elementos cartográficos claramente identificados. La manera más rápida y sencilla de definir las coordenadas es extraerlas de una cartografía actual en la cual los mismos elementos sean reconocibles.⁷ Los puntos más adecuados para llevar a cabo este proceso son aquellos que, perteneciendo a edificios construidos, no hayan sufrido modificaciones en el tiempo debido a rehabilitaciones o reordenaciones urbanas (Baiocchi y Lelo, 2005). Estos puntos de coordenadas fijas se denominan *puntos invariantes*.

Como puntos de control de esta segunda georreferenciación se tomaron 21 puntos invariantes integrados en edificios singulares fácilmente reconocibles (por citar algún ejemplo: el Monasterio de la Cartuja, la Ermita de San Sebastián, la Real Chancillería o la Iglesia de Gracia) y distribuidos de manera homogénea por la trama consolidada de la ciudad de finales del XIX.

La georreferenciación basada en estos 21 puntos, aplicando una transformación polinómica de primer grado para lograr un resultado de ajuste global sin la deformación del dibujo original, dio valores residuales medios satisfactorios (error total RMS: 1,39 m)⁸ teniendo en cuenta que la escala de trazado del plano es de 1:2.000. Con lo cual, podemos afirmar que la supuesta exactitud geométrica del plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico es real y que, por tanto, se trata de un valioso documento para el análisis espacial de escala urbana.

⁴ El trabajo se ha realizado con el software *Argis 10*.

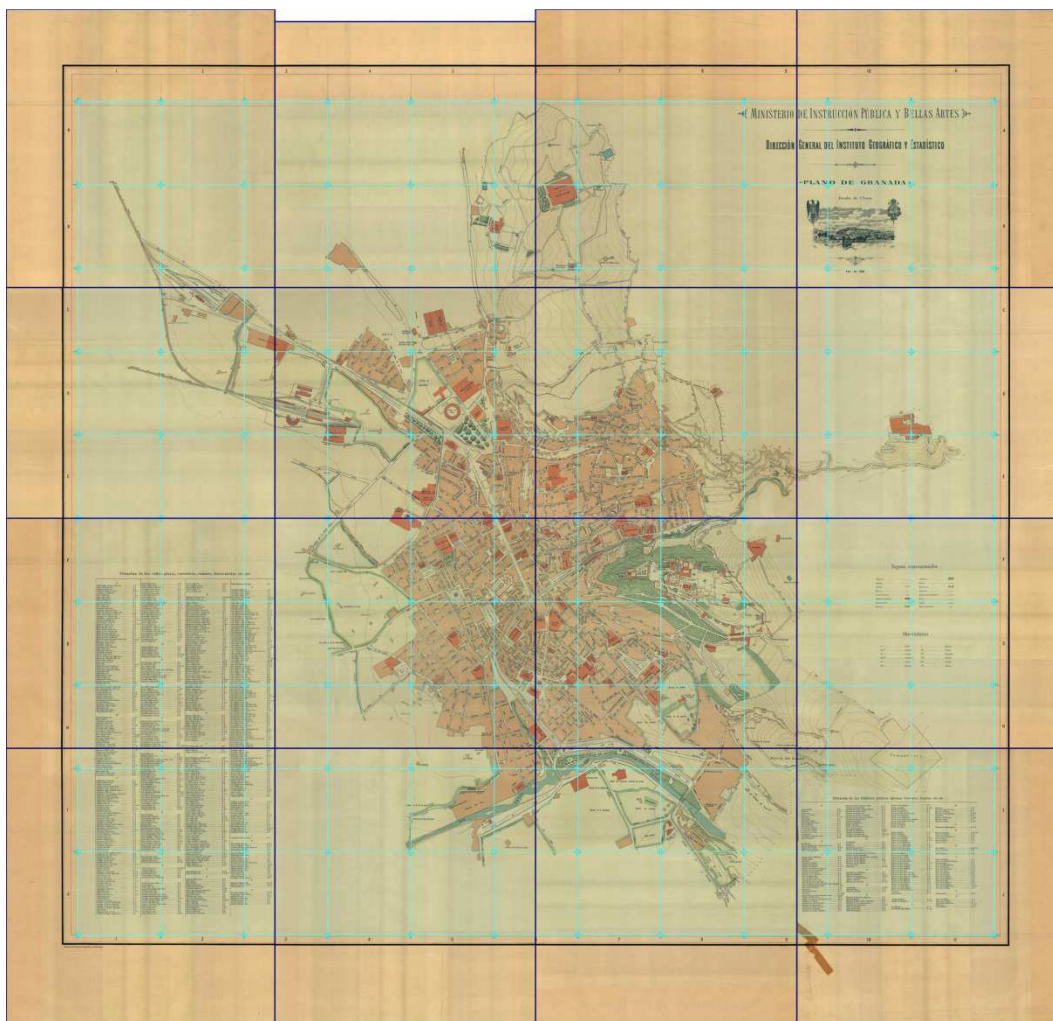
⁵ Este método se basa en un algoritmo que combina una transformación polinómica con técnicas de interpolación de red irregular de triángulos (TIN).

⁶ Es habitual que los documentos históricos se deformen levemente debido al paso del tiempo y a las malas condiciones ambientales que presentaban los archivos hasta fechas relativamente recientes.

⁷ Lo que denominaremos a partir de ahora *plano actual de Granada*, es el documento elaborado por la autora en base al proporcionado por la Dirección General de Urbanismo del Ayuntamiento de Granada (en formato vectorial .dwg), al que, entre otras operaciones, se aplicó mediante SIG una transformación del sistema de coordenadas para adaptarlo al universal y más comúnmente utilizado ETRS89.

⁸ El error de 1,39 m en la realidad equivale, en este caso, a un error de dibujo de 0.695 mm.

Aun así, hay que hacer constar que el trabajo con SIG desveló que la precisión de nuestra fuente cartográfica es notablemente inferior en la zona alta de la ciudad, donde probablemente la accidentada topografía dificultaba las tareas de medición. Los errores eran constatables en el trazado de conjuntos monumentales como la Alhambra, el Generalife o la Abadía del Sacromonte.



Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico (mosaico resultante de la primera georreferenciación de las 16 hojas digitales) y malla ideal de 400x400 m.

Elaboración propia a partir de las hojas originales.

Finalmente, con la georreferenciación del plano histórico se realizó de manera automática una superposición de tramas de la misma ciudad en dos momentos de su proceso de construcción, en este caso hablamos de finales del XIX y principios del XXI, dejando a la vista las transformaciones espaciales experimentadas a lo largo de todo el siglo XX de acuerdo con los mecanismos de la urbanística contemporánea: apertura de nuevas vías y espacios públicos representativos, las zonas de crecimiento y los barrios obreros, la distribución de las funciones y los nuevos equipamientos, etc.; por tanto, podemos afirmar que esta herramienta desempeña un papel fundamental en nuestra investigación.

3.2 Un SIG histórico de la ciudad de Granada

Ya se ha mencionado que la precisión no es el único atributo del *Plano de Granada de 1909*. Como documento histórico aporta abundante información sobre la ubicación y la configuración de edificios o barrios enteros que ya no existen, sobre la ordenación de jardines y espacios abiertos, sobre el trazado de las primeras líneas de transporte público, e, incluso, información sobre el mobiliario urbano; sin olvidar, claro está, que se trata del primer plano en sistematizar los datos altimétricos del emplazamiento de la ciudad a la manera contemporánea, empleando curvas de nivel, de forma que posibilita la construcción de un modelo digital de elevaciones (MDE) de la época.

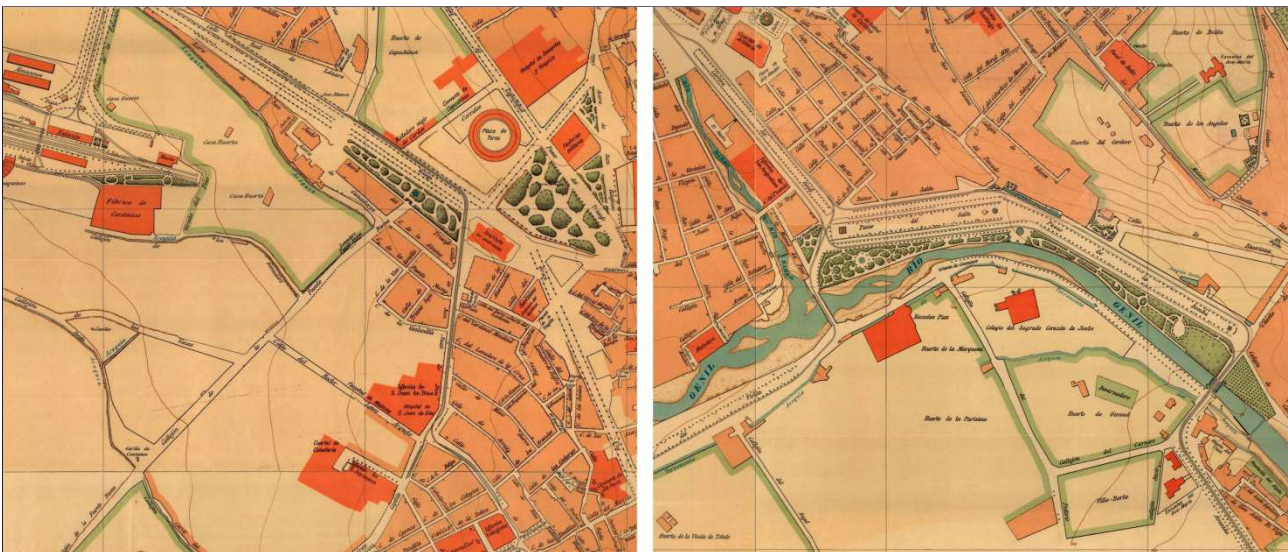
Pero a pesar del nivel de detalle del plano, la información que contiene es limitada. No refleja, por ejemplo, el contorno de los edificios, si bien es cierto que existen unos trazos cortos en el perímetro de las manzanas que parecen acotar sus fachadas. Pues bien, esta limitación podría ser solventada en un entorno SIG, puesto que sería posible integrarle los datos previamente extraídos de otras fuentes gráficas.

Es por eso que la tercera fase del trabajo, aún en marcha, consiste en la necesaria interpretación de la información contenida en la fuente cartográfica analizada y su transformación a formato vectorial, así, el plano histórico vectorizado será capaz de integrar información procedente de otras fuentes bibliográficas y archivísticas. Con esta tercera fase se abre el camino hacia la construcción de un SIG histórico de la ciudad de Granada donde la información puede ser más accesible, más completa y más eficiente.

4 LOS IDEALES URBANÍSTICOS DE LA CIUDAD BURGUESA EN EL PLANO DE GRANADA DE 1909

A lo largo de todo el siglo XIX se produjo la ruptura progresiva con la visión romántica de Granada –que quedó relegada al conjunto alhambrense y al Albaicín-Sacromonte– mientras en la ciudad baja se llevaba a cabo un programa urbanístico-arquitectónico vinculado al desarrollo económico y escudado siempre en los principios de salubridad pública y belleza. En las últimas décadas del siglo las nuevas fuerzas productivas se abrían paso –literalmente– en la ciudad a través de las reclamaciones y propuestas de una influyente burguesía en auge por los beneficios de la industria azucarera que explotaba la remolacha de la Vega granadina.

La “vieja” ciudad, superposición casi armónica de la ciudad hispano-musulmana y de la ciudad cristiana, necesitaba de cambios profundos en el tejido urbano, en la distribución funcional y en la tipología edilicia que le dieran una imagen renovada acorde con los ideales del nuevo orden económico y social (Barrios Rozúa, 2000).



Fragmentos noroeste (izda.) y sureste (dcha.) del Plano de Granada del Instituto Geográfico y Estadístico.

Elaboración propia a partir del montaje de las hojas originales.

En la imagen de la izquierda se distinguen la estación de ferrocarril, la plaza de toros, los jardines del *Paseo del Triunfo* y el tramo norte de la *Gran Vía de Colón*. En la imagen de la derecha se observa la cuidada ordenación de los paseos en torno al Genil: *Paseos de la Bomba, del Salón y del Violón*.

El *Plano del Instituto Geográfico y Estadístico* es la representación cartográfica de esta renovación decimonónica al gusto burgués, que buscaba una ciudad más sana, más regular, más funcional, más decorosa y –debemos añadir– más segregada socialmente y más rentable que la ciudad romántica. A este empeño respondían:

- la supresión de adarves, las realineaciones y los ensanches de cientos de calles heredadas de la ciudad nazarí;
- la apertura de nuevas vías como la *Gran Vía de Colón*, que fue la mayor operación inmobiliaria de la época y que, siguiendo las pautas del *ensanche interior* inaugurado en el París de Napoleón III, arrasó indiscriminadamente edificios singulares y viviendas de arquitectura popular;

- la introducción del alumbrado por gas y el trazado de una red tranviaria que figuró entre las mejores de Europa (el desarrollo del ferrocarril y del tranvía se produjo paralelamente al del turismo, que a partir de entonces se alzó como nuevo motor económico de la ciudad);
- la aparición de los nuevos equipamientos (la estación, los mercados, los hoteles, los museos...) y la redistribución de los usos, alterando por completo el funcionamiento de la ciudad;
- la regularización y ajardinamiento de las plazas y la introducción del verde público, muy influenciado por el estilo anglosajón (Isac, 2007).

De todas estas operaciones urbanísticas quedó constancia en el Plano de Granada de 1909.

De aquí en adelante, la ciudad de finales del XIX se fue convirtiendo en el "centro histórico" de una nueva realidad urbana más compleja, que tendrá que resolver las tensiones entre centro y periferia. Pero eso forma parte de otra etapa de la historia urbana de Granada.

5 BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, A. (1992). Problemas de investigación en Historia Urbanística. *Historia Urbana. Revista de historia de las ideas y de las transformaciones urbanas*, 1, 83-102.

ARNAUD, J. L. (2008). *Analyse spatiale, cartographie et histoire urbaine*. Marseille: Éditions Parenthèses.

BAIOCCHI, V. y LELO, K. (2005). Georeferencing the historical maps of Rome between the seventeenth and eighteenth centuries. CYPA 2005 XX International Symposium, Torino, 26 September-1 October (en papel).

BARRIOS ROZÚA, J. M. (2000). Las élites granadinas frente al patrimonio histórico durante el siglo XIX. *Revista de cultura tradicional de Andalucía*, 35, 149-166.

CALATRAVA ESCOBAR, J. y RUIZ MORALES, M. (2005). *Los planos de Granada 1500-1909. Cartografía urbana e imagen de la ciudad*. Granada: Diputación de Granada.

CAMARERO BULLÓN, C., FERRER RODRÍGUEZ, A. y NIETO CALMAESTRA, J. A. (2012). *El levantamiento del plano geométrico de la ciudad de Granada (siglo XIX): una historia interminable*. Granada: Universidad de Granada y Centro de Estudios Históricos de Granada y su Reino.

GREGORY, I. N. (2005). *A place in history: a guide to using GIS in historical research*. Belfast: Centre for Data Digitization and Analysis, Queens University.

ISAC MARTÍNEZ DE CARVAJAL, A. (2007). *Historia urbana de Granada. Formación y desarrollo de la ciudad burguesa*. Granada: Diputación de Granada.

LELO, K., STEMPERINI, G. Y TRAVAGLINI, C. M. (2011). *Old sources and new tools for the analysis of urban spaces: eighteenth century Rome as measures by G.B. Nolli*. En D. CALABI (ed.), *Built city, designed city, virtual city: the museum of the city* (199-213). Rome: CROMA-University Roma Tre.

MARTÍN LÓPEZ, J. (2002). *Historia de la Cartografía y de la Topografía*. Madrid: Centro Nacional de Información Geográfica.

MONTANER, C. y NADAL, F. (eds.) (2010). *Aproximacions a la història de la cartografia de Barcelona*. Barcelona: Ajuntament de Barcelona, Institut Cartogràfic de Catalunya.

PIÑAR SAMOS, J. et al. (2000). *Granada: memoria de un cambio de siglo*. Granada: Caja Granada.

URTEAGA, L. y NADAL, F. (1989). La formación del Mapa de España. *Mundo científico*, 97, 1190-1197.

VIÑES MILLET, C. (1999). *Historia urbana de Granada*. Granada: Centro de Estudios Municipales y de Cooperación Internacional.