

ANÁLISIS Y GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍAS HISTORIOGRÁFICAS EN EL ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA FORMA URBANA: EL CASO DE LA CIUDAD DE TERUEL

HISTORIOGRAPHICAL MAPPING AND ANALYSIS IN THE STUDY OF THE EVOLUTION OF URBAN FORM: THE CASE OF THE CITY OF TERUEL

Miguel Sancho Mir, Luis Agustín Hernández, Jorge Llopis Verdú

doi: 10.4995/ega.2017.7845

La preocupación por la conservación de las ciudades históricas es un tema recurrente a lo largo de la historia reciente, y, frente a las cambiantes teorías un planteamiento se presenta como irrefutable: la necesidad de conservar la memoria de la ciudad, su pasado, nuestro patrimonio, a través del conocimiento, para que forme parte del saber colectivo y, con ello, perdure en el tiempo. En este contexto se establecen como imprescindibles los estudios sobre la evolución de la morfología urbana. El presente trabajo tiene como objetivo establecer un marco metodológico válido para el análisis y elaboración de cartografías historiográficas urbanas, como fase fundamental en los estudios sobre la evolución de la forma urbana, mediante su aplicación al caso de la ciudad de Teruel. Gracias a ello, se ha constatado la importancia de seguir un riguroso proceso gráfico con el que poder evaluar la precisión de la documentación utilizada, posible gracias al empleo de los Sistemas de Información Geográfica.

PALABRAS CLAVE: TERUEL. CARTOGRAFÍA HISTORIOGRÁFICA. SIG. MORFOLOGÍA URBANA

The concern for the conservation of historical cities has been a recurring theme throughout recent history, and in view of the changing theories, there is one approach that is considered irrefutable: the need to preserve the memory of the city, its past, our heritage, through knowledge, so that it can become part of our collective knowledge and thereby endure over time. In this context, studies on the evolution of urban morphology are established as essential, where graphic expression, and especially mapping, must be presented as a source and means of dissemination of data.

This paper addresses the methodological process that has been proposed for analysing and developing urban historiographical mapping, as a fundamental phase in studies on the evolution of urban form, being applied to the city of Teruel. Thanks to this process, the importance of following a rigorous graphic process to assess the accuracy of the documentation is found, which has become possible through the use of Geographic Information Systems.

KEYWORDS: TERUEL. HISTORIOGRAPHICAL MAPPING. GIS. URBAN MORPHOLOGY



1. Vista de Teruel, cornisa oeste (Ponz 1785, p.99)

1. View of Teruel, West Cornice (Ponz 1785, p. 99)

El estudio de la evolución de la forma urbana es un proceso complejo, que no siempre se desarrolla de forma lineal. En este sentido, se plantea una metodología que necesariamente ha de partir del establecimiento de un marco de estudio, temporal y geográfico, fundamental para iniciar el proceso investigador, en el que la búsqueda y recopilación de las fuentes adecuadas es el punto de partida fundamental para efectuar un efectivo análisis de las mismas. En el artículo se desarrolla la metodología aplicada a la ciudad de Teruel, caso de estudio elegido en la presente investigación.

La propia naturaleza e intención de la investigación ha permitido fijar un límite claro en el tiempo: la guerra civil española de 1936, ya que la devastación sufrida durante la contienda produjo una profunda transformación del paisaje de la ciudad. El otro límite lo marca el origen urbano de Teruel en la Edad Media, que tras los precedentes islámicos será conquistado por Alfonso II en 1169 (Gargallo 1996, p.94). En cuanto a la acotación espacial, la propia configuración cronológica y el proceso de evolución de Teruel han permitido abordar el estudio del núcleo urbano en su conjunto.

La labor de indagar en las diversas fuentes se presenta como una fase esencial en todo proceso investigador. Las fuentes consultadas se pueden clasificar en dos categorías: las directas, que en el caso de estudio las proporciona la propia ciudad; y las indirectas o documentales. De estas últimas, las fuentes escritas tienen que ser estudiadas desde un punto de vista crítico y comparativo. Información que ha de ser contrastada con las fuentes gráficas, por lo que es imprescin-

dible un minucioso análisis de los distintos documentos gráficos, que, a su vez, aporta nuevos datos sobre la evolución urbana.

Sobre la generación de cartografías historiográficas: objetivos y metodología

Dentro de este desarrollo, el estudio de la cartografía histórica se establece como una etapa esencial. Precisamente el objetivo de este trabajo es establecer una metodología válida para su análisis, así como para la elaboración de las hipótesis planimétricas necesarias para el estudio de los periodos históricos de los que se desconocen representaciones cartográficas 1.

La cartografía, por su propia naturaleza y finalidad, se presenta como la principal fuente de información sobre la evolución de la forma urbana, pero no se cuenta con planimetrías para todas las etapas

Studying the evolution of urban form is a complex process, which is not always carried out linearly. In this sense, a methodology is proposed that must be based on establishing a time and geographical study framework, which is fundamental to start the research process, where the search for and compilation of adequate sources is the fundamental starting point to carry out an effective analysis. This paper discusses the methodology applied to the city of Teruel, the case study chosen for this piece of research.

The very nature and aim of the research has meant a clear time limit could be established: the Spanish Civil War of 1936, since the devastation the city suffered during the conflict caused major transformation to the landscape of the city. The other time limit is marked by the urban origin of Teruel, in the Middle Age, which after the Moorish background, was conquered by Alfonso II in 1169 (Gargallo 1996, p. 94). As for the space area, the very chronological layout and the process of evolution of Teruel mean the study could be approached encompassing the urban centre as a whole.

The research work on the different sources is presented as an essential stage in all research processes. The consulted sources can be classified in two categories: direct sources, which in the case study are provided by the



2. Proceso de restitución vectorial de plano de 1912 mediante su georreferenciación (orden de derecha a izquierda y de arriba a abajo). Elaboración propia. DIRECCIÓN GENERAL DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO Y ESTADÍSTICO (España). *Plano de población de*

Teruel [plano], 1:1000. Inédito, 1912. Compuesto por 11 hojas de 550 mm x 750 mm. En: Instituto Geográfico Nacional (IGN-CNIG-Planos de Población, 1912-Hojas 440910- 440920)

2. Vectorial restitution process of the 1912 plan by geo-referencing (in order from right to left and top to

bottom). Own preparation. GENERAL DIRECTORATE OF THE GEOGRAPHICAL AND STATISTICAL INSTITUTE (Spain). *Plan of the city of Teruel* [plan]: 1:1000. unpublished, 1912. Consisting of 11 pages 550 mm x 750 mm. In: National Geographical Institute (IGN-CNIG-City / Town Plans, 1912-Pages 440910- 440920)





de estudio, por lo que la generación de cartografías para estos periodos debe basarse en hipótesis. El plano urbano completo más antiguo que se conoce de Teruel es el copiado en 1811, por un alumno de la Academia Militar **2**, por lo que el estudio de la ciudad a partir de esta fecha se ha fundamentado en una metodología basada en la restitución de la planimetría a través de la coordinación vertical e inversa de la cartografía histórica, previa selección de esta, atendiendo a su cronología, datos relevantes aportados, definición y la propia evolución de la ciudad.

La coordinación cartográfica es una “verificación de relaciones entre las cartografías de distintas épocas, tomando como puntos de apoyo las permanencias o invariantes que aseguran la comparación a lo largo de la secuencia estudiada” (Temes 2008, p.68). Se trata de un proceso inverso, en el que se empieza a trabajar de la cartografía más reciente, de mayor precisión, y se avanza de forma gradual a la más antigua, permitiendo así evaluar y corregir gran parte de los errores derivados de las inexactitudes cartográficas. En el caso que nos ocupa, se ha tomado la cartografía vectorial a escala 1:500 de la ciudad actualizada en 2013 por el Ayuntamiento de Teruel **3**, como base para la coordinación de los planos históricos de Teruel. Este levantamiento utiliza el sistema geodésico de referencia oficial en España (ETRS89), por lo que toda la cartografía se ha georreferenciado en este sistema en proyección UTM, al igual que la nueva cartografía generada. Esto ha facilitado la interoperabilidad y estudio comparativo de cartografías con la precisión requerida.

Para realizar la coordinación se ha procedido a la georreferencia-

ción o georrectificación, según el caso, de la cartografía, y, tras su análisis comparativo, se ha restituido en formato vectorial el mapa resultante de la época correspondiente. Este trazado ha servido como base para la siguiente coordinación y restitución planimétrica, de esta forma se ha trabajado siempre sobre una base fiable, con lo que se ha disminuido al máximo el error cartográfico acumulado.

La georreferenciación es el proceso en el cual a un mapa se le asigna una referencia métrica relativa a un sistema de coordenadas global o su equivalente sistema de proyección cartográfica (Balleti 2006, p.34). Para ello se ha partido del trabajo previo de preparación del material cartográfico, que consiste en la rasterización de los planos a través de escáneres de contacto u otros procedimientos fotogramétricos (Ballarin, Balleti y Gottardi 2015)(Ballarin y Vernier 2014). La digitalización de material cartográfico debe ser un proceso metódico en el que quede registrada en una base de datos toda la información posible asociada al elemento tratado (Chías y Abad 2008). Digitalizado el material cartográfico, se puede proceder al reajuste de los niveles de color, brillo y contraste, si fuese necesario, por la distorsión tonal que puede producir el escaneado (Cid 2014).

Tras esta primera fase preparatoria, el siguiente paso ha consistido en identificar puntos comunes del plano de referencia con el plano a georreferenciar, estos son los denominados puntos invariantes o puntos de control, y los más adecuados son puntos convenientemente distribuidos y fácilmente reconocibles en el plano, pertenecientes a edificios construidos que no hayan sufrido modificaciones en el tiempo

city itself; and the indirect or documentary sources. Among the latter, the written sources need to be studied from a critical, comparative point of view. This information needs to be compared to the graphic sources, and a thorough analysis of the different graphical documents is therefore indispensable, which in turn provides new data about urban evolution.

On the generation of historiographical mapping: objectives and methodology

In this work, historical maps are established as an essential stage. The objective of this work is precisely to establish a valid methodology for analysis of historical maps, and to prepare the necessary mapping hypothesis for studying historical periods in which the cartographic representations are unknown **1**.

The cartography, owing to its very nature and purpose, is presented as the main source of information about the evolution of the urban form, but does not have plans for all the study stages, owing to which maps are created for those periods based on hypotheses. The oldest, complete urban plan of Teruel is the one copied by a student at the Military Academy in 1811 **2**, and therefore the study of this city from that date onwards has been based on a methodology consisting of restitution of the plan through reverse, vertical coordinates of the historical mapping, previously selected, in chronological order considering the relevant data provided, the definition and evolution of the city.

Cartographic coordination is “verification of relationships between maps from different times, taking reference points as permanent or unchanging components, ensuring comparisons throughout the studied sequence are reliable” (Temes 2008, p. 68). This is a reverse process, in which we start working with the most recent maps, ones that are more accurate, gradually working backwards so that we can assess and correct many of the errors stemming from the inaccuracies of former maps. In this case, we have taken vectorial maps at a scale of 1:500 of the updated city of Teruel **3** provided by the City Hall, as the basis for coordination of the historical plans of Teruel. Mapping uses the official reference geodesic system in Spain (ETRS89), and therefore the maps have been geo-referenced in this UTM projection system, the same as new maps. This has facilitated



inter-operability and comparative studies of maps to the required accuracy.

Geo-referencing or geo-correcting was used for coordination, depending on each case and cartography, and after a comparative analysis, the resulting map for the relevant period was restituted in a vectorial format. This layout has served as the basis for the following coordination and plan restitution, thus always working on a reliable basis, consequently reducing accumulated mapping errors as far as possible.

Geo-referencing is a process in which a metric reference is assigned to a map relative to a global system of coordinates, or an equivalent system in mapping (Balleti 2006, p. 34). In order to do so, our study started by preparing mapping material, consisting of rasterization of plans through contact scanners or other photogrammetry procedures (Ballarin, Balleti and Gottardi 2015) (Ballarin and Vernier 2014). Digitalising the mapping material has to be a methodical process in which all possible information related to the item in question must be recorded in a database (Chías and Abad, 2008=). Once the mapping material has been digitalised, we can then move on to readjusting the colour, brightness and contrast levels, if necessary, owing to the tone distortion that takes place when scanning (Cid, 2014).

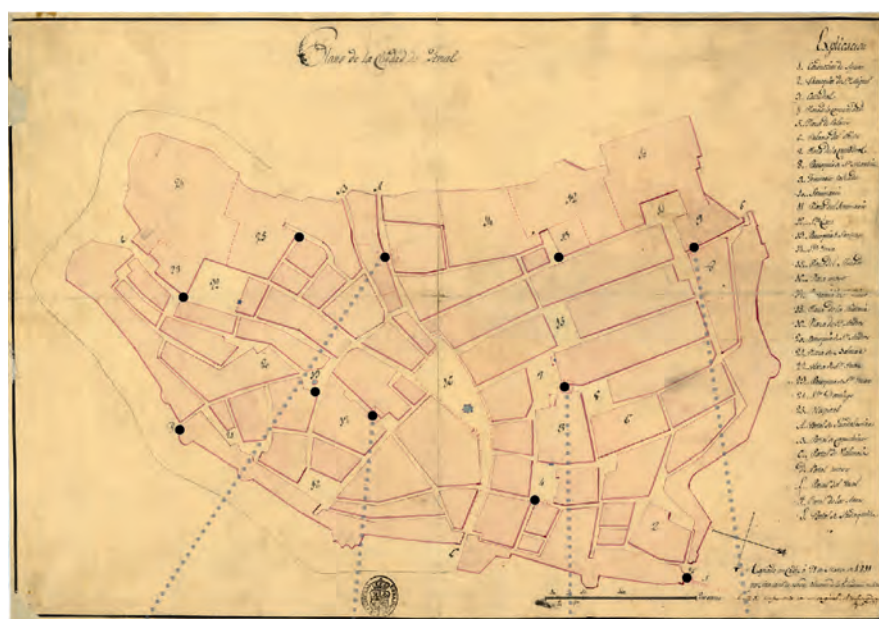
After this first preparation stage, the next step consisted of identifying common points of the reference plan with the plan to be geo-referenced, which are known as the unchanging points or control points, and the most suitable are points that are conveniently distributed and easily recognisable on the plan, pertaining to buildings that have not been modified over time affecting their footprint on the plan (Baiocchi and Lelo, 2005, p. 115). This basically consists of giving coordinates to certain points on a plan in a previously established system, which was carried out in a Geographical Information System 4, which also permits control over any existing errors on maps. In order to do so, transformation was applied using an algorithm which performs rotation, scale and raster translation, without affecting deformation, and the software calculates the residual values in pixels for each control point graphically and numerically, and the average residual value. Bearing in mind the original size of the document and its scale, the error was obtained in the metric system.

3 Puntos invariantes seleccionados para la georreferenciación del plano de la ciudad de Teruel copiado en 1811, entre los que se encuentran construcciones como las cuatro torres mudéjares Patrimonio de la Humanidad. Elaboración propia

3. Selected unchanging points for geo-referencing the plan of Teruel copied in 1811, featuring constructions such as the four Mudejar towers that are World Heritage Sites. Own preparation

que afecten a su huella sobre el plano (Baiocchi y Lelo 2005, p.115). Se trata, en definitiva, de dotar de coordenadas a ciertos puntos de un plano en un sistema previamente establecido, asignación que se ha realizado en un Sistema de Información Geográfica 4, que permite, además, tener un control del error existente en la cartografía. Para ello, se ha aplicado una transformación con un algoritmo que realiza la rotación, escala y traslación del ráster, sin efectuar deformación, y el software calcula en píxeles los valores residuales de cada punto de control, gráfica y numéricamente, y el valor residual medio. Teniendo el tamaño original del documento y su escala se ha obtenido el error en el sistema métrico.

Comprobada la precisión del mapa, se ha generado un archivo ráster georreferenciado que ya se puede insertar con la cartografía de referencia. En el caso de que la calidad cartográfica del mapa no sea suficiente, se debe rehacer el proceso, aplicando una transformación con un algoritmo que permita una deformación global del ráster, para conseguir un mejor ajuste al plano de referencia; en este caso se trataría de una georrectificación y es necesaria una mayor cantidad de puntos de referencia. Si con este procedimiento el ajuste no es aceptable habría que recurrir a una transformación con un algoritmo que permita deformaciones locales, adecuado para cartografías con baja precisión topográfica.



San Salvador



San Pedro



Sta. María



San Martín



4 Valor residual, gráfico y numérico, de los puntos de control del plano de la ciudad de Teruel copiado en 1811 y del plano levantado en 1912. Elaboración propia

4. Residual, graphical and numerical value of the control points of the city of Teruel plan copied in 1811 and the plan drafted in 1912. Own preparation

dx[pixels]	dY[pixels]	residual[pixels]
1.89	-2.19	2.89
-3.47	0.74	3.55
-2.37	1.09	2.60
-1.53	-0.47	1.59
0.28	6.44	6.45
2.14	0.43	2.18
-1.57	0.45	1.63
3.41	0.83	3.51
3.70	-6.43	7.42
-5.84	1.95	6.15
3.35	-2.83	4.38



dx[pixels]	dY[pixels]	residual[pixels]
-21.19	243.45	244.37
47.61	-99.52	110.32
67.39	-90.13	112.53
-39.24	-99.53	106.99
19.23	-142.06	143.36
-54.00	-115.05	127.09
-26.01	78.55	82.74
107.36	293.95	312.95
143.97	74.69	162.19
-151.99	-74.11	169.09
-93.13	-70.24	116.65

4

Hay que valorar que la imprecisión de las cartografías históricas puede deberse no sólo a la calidad del levantamiento, sino a la propia degradación del soporte físico, el proceso de digitalización o la generalización cartográfica empleada para planos o mapas de menor escala. Se han obviado, en este caso, las imprecisiones derivadas del sistema de proyección empleado por la escala de las cartografías empleadas. La inexactitud de algunos documentos gráficos desaconseja su uso como referencia geométrica, pero, aun así, sirven como in-

formación sobre la trama, la red viaria o la entidad de los espacios públicos, entre otras características de importancia.

Una vez georrectificada la cartografía se ha procedido a la restitución vectorial de la cartografía historiográfica, cuya elaboración no debe basarse en la simple transcripción de los trazos, sino en un análisis crítico y comparativo 5, que facilita la interpretación de los datos que aporta, para lo que hay que tener en cuenta la variable fiabilidad de la fuente mediante el cálculo de su error cartográfico.

Having checked the accuracy of the map, a geo-referenced raster file was created, that can now be inserted with the reference maps. If the cartographic quality of the map is not good enough, the process needs to be repeated, applying transformation with an algorithm that permits global deformation of the raster in order to ensure better adjustment of the reference plan, and in this case this entails geo-rectification and a higher number of reference points is required. If, after applying this procedure, it is still not acceptable, transformation using an algorithm permitting local deformation will have to be applied, suitable for low topographical accuracy maps. The inaccuracy of the historical maps could not only be due to the drafting quality, but also to the very deterioration of the physical properties



of the material it is drawn on, the digitalisation process or the mapping generalisation used for lower scale plans or maps. In this case the inaccuracies from the projection system used by the scale on the maps have not been taken into account. The inaccuracy of some graphical documents means that using them as geometrical references is not recommended, but even so they do serve as information about the layout, the highway network or public spaces, among other important features. Once the cartography had been geo-rectified, the vectorial restitution of the historiographical mapping took place, which should not be based on simply transcribing the lines, but rather should be based on a critical, comparative analysis **5**, with the aim of facilitating interpretation of the data provided, and the reliability variable of the source must be taken into account by calculating the mapping error. The lack of previous historical maps prior to a certain date, in this case 1811, means a hypothesis has to be drawn up. This process, starting off from the mapping coordination and restitution performed, was based on the *law of plan persistence* **6**, and on information supplied by the different document or archaeological sources, through which sufficiently reliable hypotheses can be established (Cárcel - García, 2016, p. 255). Reliable is higher the more accurate knowledge of the urban history of the city is, and the closer it is chronologically, to the last compared graphic reference, but which is always conditional to new data appearing that modifies the considered urban morphology.

Results

The result of the procedure described previously has restituted historiographical mapping for each of the eight previously selected periods between Christian foundation of the city and the Civil War. These plans served as the basis for performing a detailed graphical, individual and comparative analysis, which in turn permitted revealing new data about the evolution of the urban morphology and landscape.

Based on the restitution, a total of ninety-one thematic and analytical have been prepared, which have proven to be a very effective tool for examining and understanding the urban reality of Teruel; showing the close relationship of the layout with the orography of the site, and the complexity of a slightly, hierarchical multi-centre urban structure. It



5

La falta de cartografía histórica anterior a una determinada fecha, en el caso de estudio 1811, ha obligado a efectuar hipótesis. Un proceso que, partiendo de la coordinación y restitución cartográfica efectuada, se ha fundamentado en la *ley de persistencia del plano* **6**, y en la información aportada por las diversas fuentes documentales o arqueológicas, con lo que se pueden establecer hipótesis suficientemente fiables (Cárcel-García 2016, p. 255). Fiabilidad que es mayor cuanto más preciso sea el conocimiento de la historia urbana de la ciudad y más próxima se encuentre, cronológicamente hablando, a la última referencia gráfica contrastada, pero que siempre queda supeditada a la aparición de nuevos datos que modifiquen la morfología urbana planteada.

Resultados

Fruto del procedimiento descrito se ha restituido la cartografía historiográfica de cada uno de los ocho periodos previamente seleccionados entre la fundación cristiana de la ciudad y la Guerra Civil. Planimetrías que han servido como base para realizar un minucioso análisis gráfico, individual y comparativo, que ha permitido desvelar nuevos datos sobre la evolución de la morfología y el paisaje urbano.

A partir de las restituciones se han elaborado un total de noventa y una cartografías temáticas y analíticas, que se han revelado como una herramienta muy eficaz para el examen y comprensión de la realidad urbana de Teruel; que ha evidenciado la estrecha relación de la



5. Georrectificación del plano de la ciudad de Teruel copiado en 1811 con un algoritmo que permite deformaciones locales. Elaboración propia

5. Geo-rectification of the plan of Teruel copied in 1811 with an algorithm permitting local deformation. Own preparation

trama con la orografía sobre la que se asienta, así como la complejidad de una estructura urbana polinuclear sensiblemente jerarquizada; además, ha permitido analizar la evolución del espacio urbano privativo y el periurbano construido, y, con ello, identificar permanencias y áreas de expansión; evidenciar la importancia del espacio público como elemento articulador desde la Edad Media, y su papel transformador de la ciudad ya en la Edad Moderna; o entender la evolución de la imagen de la ciudad mediante la representación de los distintos hitos y elementos singulares.

Conclusiones

La restitución de la cartografía historiográfica se establece como un medio fiable y riguroso en el estudio de la evolución de la forma urbana de la ciudad. Gracias a los Sistemas de Información Geográfica, se puede tener un control del error de la cartografía histórica utilizada, y, por lo tanto, de su fiabilidad. La restitución de la planimetría más antigua conocida se convierte en base fundamental para la elaboración de hipótesis de los periodos anteriores, lo que mejora su precisión y veracidad, que depende a su vez del exhaustivo conocimiento de la historia urbana del lugar estudiado. Este bagaje, junto con los conceptos cartográficos necesarios y el uso de las herramientas digitales empleadas, son los únicos condicionantes para la correcta aplicación del método propuesto a otros entornos urbanos distintos al caso de estudio.

Por último, cabe decir que la expresión gráfica se ha revelado como el único medio que permite obtener los resultados requeridos,

ya que, por una parte, posibilita el proceso investigador, mediante el estudio, análisis, comparación y comprobación de los documentos existentes, y, por otra, se convierte en la única herramienta que puede elaborar un discurso visual, capaz de exponer los resultados de manera clara y precisa. ■

Notas

1 / Tanto las restituciones generadas a partir de las cartografías históricas existentes, como las basadas en hipótesis gráficas se han denominado cartografías historiográficas, ya que ambas se han elaborado con el objetivo del estudio de la historia, en este caso de la ciudad, a través del análisis crítico de las fuentes.

2 / Cuerpo Del Estado Mayor Del Ejército (España). Plano de la Ciudad de Teruel [plano]: Copiado en Cadiz á 21 de Marzo de 1811 por Anastasio de Navas, Alumno de la Real Academia militar; Estado Mayor General. [ca. 1:1.400]. Inédito, 1811. 395 mm x 567 mm. (CGE_Ar.F-T.5-C.5-186(1))

3 / Ayuntamiento de Teruel. [Cartografía (planimetría y altimetría) de los núcleos urbanos del término municipal de Teruel]. [plano vectorial]. 1:500. Hojas de la 1 a 7: 104 archivos. Inédito, 2013. UTM ETRS89 Huso 30.

4 / En el presente caso se ha utilizado el Software Qgis.

5 / Como por ejemplo la comparación de los planos históricos mediante la aplicación de un porcentaje de transparencia a los ráster (Chías y Abad 2009, p.63)

6 / "El plano urbano, cuyos elementos básicos son la red viaria pública y la parcela, persiste a lo largo del tiempo, desde la primera fundación con mayor o menor fortuna. Podemos compararlo a los pergaminos que son reutilizados, reescritos. Parece que hoy día está totalmente aceptada la ley de la persistencia del plano, puesto que las edificaciones son sustituidas a través de los tiempos, pero las parcelas y las redes viarias pueden permanecer" (Arizaga 2002, pp. 69-70).

Referencias

- ARIZAGA BOLUMBURU, Beatriz, 2002. *La imagen de la ciudad medieval: la recuperación del paisaje urbano*. Santander: Editorial de la Universidad de Cantabria.
- BAIOCCHI, V. y LELO, K., 2005. Georeferencing the historical maps of Rome between the seventeenth and eighteenth centuries. En CIPA 2005 XX International Symposium-International cooperation to save the world's cultural heritage. Torino. pp. 114-118.
- BALLARIN, Martina; BALLETTI, Caterina y GOTTARDI, Caterina, 2015. Automatic Systems for Digitizing Historical Maps. *e-Perimetron*. [recurso electrónico]. Vol. 10, n°1, pp. 21-29.

has also permitted analysing the evolution of private urban space and the built suburban area, and thus identifying the permanence and areas of expansion; proving the importance of public space as an articulating component ever since the Middle Age and its transforming role of the city in the Modern Age; or understanding the evolution of the image of the city through depicting the different milestones and singular items.

Conclusions

Restitution of historiographical mapping is established as a reliable, thorough means in the study of the evolution of urban forms of cities. Thanks to Geographical Information Systems, we are able to control errors in the historical maps that are used, and therefore their reliability. Restitution of the oldest known plans becomes a fundamental basis to prepare the hypotheses for former periods, which improves their accuracy and veracity, which in turn depends on thorough knowledge of the urban history of the studied site. This baggage, along with the necessary mapping concepts and the use of the digital tools, are the only conditioning factors for correct application of the method proposed in other urban environments different to the case study.

Finally, it must be said that the graphical expression has been proved the only means of obtaining the required results, since, on the one hand they make the research process possible, through the study, analysis, comparison and verification of existing documents, and on the other, it becomes the only tool that can develop a visual discourse, capable of displaying the results in a clear, precise manner. ■

Notes

1 / Both the restitutions produced from existing historical maps, and those based on graphic hypotheses have been called historiographical mapping, since both have been prepared with the aim of studying history, in this case of the city, through critical analysis of the sources.

2 / Chief of Staff Corps of the Army (Spain). Plan of the city of Teruel [plan]: Copied in Cadiz on 21st March 1811 by Anastasio de Navas, a student at the Royal Military Academy; General Chief of Staff. [ca. 1:1.400]. unpublished, 1811. 395 mm x 567 mm. (CGE_Ar.F-T.5-C.5-186(1))

3 / Teruel City Hall. [Cartography (horizontal and vertical) of the urban centres of Teruel municipal district]. [vectorial plan]. 1:500. Sheets from 1 to 7: 104 files. unpublished, 2013. UTM ETRS89 Time Zone 30.

4 / In this case, the software used was Qgis.

5 / For example, comparing the historical plans by applying a transparency percentage to the raster (Chías and Abad, 2009, p. 63).

6 / "Urban plans, whose basic components are the public highway network and plots, endure over time, from the first foundation with greater or lesser fortune. We can compare them to parchments that are reused, rewritten. The law of persistence of plans appears to be fully accepted today, since buildings are replaced over time, but the plots and highway networks can remain" (Arizaga 2002, p. 69-70).

References

- ARIZAGA BOLUMBURU, Beatriz, 2002. *La imagen de la ciudad medieval: la recuperación del paisaje urbano*. Santander: Editorial de la Universidad de Cantabria.
- BAIOCCHI, V. and LELO, K., 2005. Georeferencing the historical maps of Rome between the seventeenth and eighteenth centuries. In CIPA 2005 XX International Symposium-International cooperation to save the world's cultural heritage. Torino. pp. 114-118.
- BALLARIN, Martina; BALLETTI, Caterina and GOTTARDI, Caterina, 2015. Automatic Systems for Digitizing Historical Maps. *e-Perimetron*. [electronic resources]. Vol. 10, nº1, pp. 21-29.
- BALLARIN, Martina and VERNIER, Paolo, 2014. Digitization of Maps Belonging to Cultural Heritage. *e-Perimetron*. [electronic resources]. Vol. 9, nº 4, pp. 196-205.
- BALLETTI, Caterina, 2006. Georeference in the analysis of the geometric content of early maps. *e-Perimetron*. [electronic resources]. Vol. 1, nº 1, pp. 32-42.
- CHÍAS, Pilar and ABAD, Tomas, 2009. GIS tools for comparing historical and contemporary landscapes through local map series. *e-Perimetron*. [electronic resources]. Vol. 4, nº 2, pp. 61-72.
- CHÍAS, Pilar and ABAD, Tomás, 2008. A GIS in Ancient Cartography. In *3rd International Workshop-ICA Commission on Digital Technologies in Cartographic Heritage*. Barcelona. pp. 290-296.
- CID MENDOZA, Ana del, 2014. Cartografía histórica y nuevas tecnologías para el análisis urbano: la Granada de finales del siglo XIX. Actas del Congreso *Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo "VI Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Bogotá, junio 2014"*. [electronic resources]. Barcelona: Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya.
- CÁRCCEL-GARCÍA, Carmen, 2016. La cartografía histórica como método de estudio morfológico del paisaje tradicional de Campanar. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, 21(27), 254-261. doi: <http://dx.doi.org/10.4995/ega.2016.4745>
- GARGALLO MOYA, Antonio J., 1996. *El concejo de Teruel en la Edad Media, 1177-1327*. 4 vols. Teruel: Departamento de Cultura y Educación del Gobierno de Aragón / Ayt. de Teruel / Ayt. de Escucha.
- PONZ, Antonio, 1785. *Viage de España, en el que se da noticia de las cosas mas apreciables, y dignas de saberse, que hay en ella*. Tomo XIII. Madrid: D. Joaquín Ibarra Impresor de Cámara de S.M.
- TEMES CORDOVEZ, Rafael Ramón, 2008. Las fuentes catastrales y la identificación de las transformaciones en los tejidos inversos. *CT: Catastro*. nº 64, pp. 55-78.

6. Hipotético plano morfológico y topográfico de Teruel a finales del siglo XVIII. Elaboración propia.
7. Evolución del espacio público urbano con cuatro de las restituciones cartográficas efectuadas vistas en perspectiva axonométrica. Elaboración propia

6. Hypothetical morphology and topography map of Teruel at the end of the 18th century. Own preparation
7. Evolution of public urban space with four of the mapping restitutions seen from an axonometric view. Own preparation



6

- BALLARIN, Martina y VERNIER, Paolo, 2014. Digitization of Maps Belonging to Cultural Heritage. *e-Perimetron*. [recurso electrónico]. Vol. 9, nº 4, pp. 196-205.
- BALLETTI, Caterina, 2006. Georeference in the analysis of the geometric content of early maps. *e-Perimetron*. [recurso electrónico]. Vol. 1, nº 1, pp. 32-42.
- CHÍAS, Pilar y ABAD, Tomas, 2009. GIS tools for comparing historical and contemporary landscapes through local map series. *e-Perimetron*. [recurso electrónico]. Vol. 4, nº 2, pp. 61-72.
- CHÍAS, Pilar y ABAD, Tomás, 2008. A GIS in Ancient Cartography. En *3rd International Workshop-ICA Commission on Digital Technologies in Cartographic Heritage*. Barcelona. pp. 290-296.
- CID MENDOZA, Ana del, 2014. Cartografía histórica y nuevas tecnologías para el análisis urbano: la Granada de finales del siglo XIX. Actas del Congreso *Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, Barcelona-Bogotá, junio 2014"*. [recurso electrónico]. Barcelona: Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya.

- CÁRCCEL-GARCÍA, Carmen, 2016. La cartografía histórica como método de estudio morfológico del paisaje tradicional de Campanar. *EGA. Revista de expresión gráfica arquitectónica*, 21(27), 254-261. doi: <http://dx.doi.org/10.4995/ega.2016.4745>
- GARGALLO MOYA, Antonio J., 1996. *El concejo de Teruel en la Edad Media, 1177-1327*. 4 vols. Teruel: Departamento de Cultura y Educación del Gobierno de Aragón / Ayt. de Teruel / Ayt. de Escucha.
- PONZ, Antonio, 1785. *Viage de España, en el que se da noticia de las cosas mas apreciables, y dignas de saberse, que hay en ella*. Tomo XIII. Madrid: D. Joaquín Ibarra Impresor de Cámara de S.M.
- TEMES CORDOVEZ, Rafael Ramón, 2008. Las fuentes catastrales y la identificación de las transformaciones en los tejidos inversos. *CT: Catastro*. nº 64, pp. 55-78.

