

De la topología a la geometría: implementación de mapas mentales a los Sistemas de Información Geográfica

From topology to geometry: implementing mental maps
into Geographic Information Systems

JUAN ANTONIO GARCÍA-GONZÁLEZ¹  0000-0001-7049-1085

¹ Universidad de Castilla-La Mancha. España.

Resumen

La geografía de la percepción no ha tenido el desarrollo académico de otras corrientes geográficas. El análisis con mapas mentales sigue haciéndose, en muchas ocasiones, de un modo artesanal y con escasa vinculación con las Tecnologías de la Información Geográfica. Sin embargo, no son pocos los autores que afirman de las bondades y la dificultad de obtener determinada información que aportan este tipo de “encuestas visuales”. Se presenta una propuesta metodológica para implementar los análisis de mapas mentales en Sistemas de Información Geográfica. Se combinan metodologías cualitativas y cuantitativas para obtener cartografías sinópticas en formatos vectorial y ráster de la percepción de los encuestados. El artículo reflexiona sobre las posibilidades de los resultados cartográficos obtenidos y explora las ventajas e inconvenientes de la sistematización de este tipo de datos y las posibilidades que ofrecen. Se toma en consideración cada uno de los pasos que llevan a convertir un conjunto de mapas cualitativos y topológicos a una cartografía sinóptica y georreferenciada. La pérdida parcial de la riqueza de información de los croquis se compensa sobradamente con las posibilidades analíticas y de visualización cartográfica al georreferenciar la percepción de los ciudadanos.

Palabras clave: Mapas Mentales, Geografía de la Percepción; Sistemas de Información Geográfica; Cartografía sinóptica; Mapa de Isopercepciones.

Fechas • Dates

Recibido: 2021.12.05
Aceptado: 2022.02.10
Publicado: 2022.05.09

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Juan Antonio García-González
juanantonio.garcia@uclm.es

Abstract

The geography of perception has not been the academic development as other geographical currents. Analysis using mental maps is still often to be conducted in a craft-like nature, with little or no linkage to Geographic Information Technologies. However, there are many authors who affirm the benefits and the difficulty of obtaining certain information provided by this type of “visual surveys”. This study presents a methodological proposal to implement the analysis of mental maps in Geographic Information Systems. Qualitative and quantitative methodologies are combined to obtain synoptic cartographies in vector and raster formats of respondents’ perception. The article reflects on the possibilities of the cartographic results obtained and explores the advantages and disadvantages of systematization of this type of data and the possibilities it offers. Each of the steps leading to the conversion of a set of qualitative and topological maps into a synoptic and geo-referenced cartography is considered. The partial loss of the information richness of sketches is more than compensated by the analytical and cartographic visualization possibilities of georeferencing citizens’ perception.

Keywords: Mental Maps; Cognition geography; Geographic Information Systems; synoptic mapping; Iso-perceptions map.

1. Introducción

El siglo XXI nos lleva a ritmo de vértigo hacia una sociedad más conectada y globalizada. La vida “hiperconectada” pone a nuestro alcance una ingente cantidad de información y recursos digitales. La geografía no ha sido ajena a estos cambios. La continua mejora y abaratamiento del hardware; la consolidación en la facilidad de uso de software más intuitivo, sencillo y gratuito y la desbordante cantidad de geodatos han permitido multiplicar el uso de procedimientos y herramientas de análisis basados con Tecnologías de la Información Geográfica (TIGs). La proliferación de los teléfonos inteligentes con herramientas de geolocalización incorporada hace que nuestra relación con el territorio haya cambiado (Crampton, 2010; Roth, 2013). La tecnología GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) se halla al alcance de casi todo aquel que tiene un teléfono móvil, y con una precisión centimétrica (Borruso, 2013). Toda esta tecnología, combinada con las redes sociales, han desbordado el campo de la geografía académica. Hace ya más de una década que se acuñó el término Neogeografía en referencia a la interrelación de todos estos elementos y que están cambiando la forma de actuar de los ciudadanos con la información espacial, y por extensión la geografía (Turner, 2006; Goodchild, 2009; Bosque-Sendra, 2015). La masiva disponibilidad de datos georreferenciados y la capacidad de trabajar con ellos hace que las investigaciones geográficas hayan abrazado esta revolución tecnológica convirtiéndose en el método de análisis prevalente. La geografía de la percepción y el comportamiento es una de las corrientes geográficas que menos ha implementado estas tecnologías. El uso de mapas mentales como encuestas visuales que facilitan información, difícil de conseguir de otra forma, ha quedado algo relegada frente a la profusión de datos georreferenciados (Filomena et al., 2019). Su caracterización topológica y geométrica dificulta su integración en los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El presente trabajo propone dos objetivos: reflexionar de manera crítica sobre las dificultades de volcar los elementos de un estudio clásico de geografía de la percepción (Lynch, 1960), en una cartografía geométrica y automatizada; y, plasmar dicho proceso en dos mapas sintéticos, uno en formato vectorial y otro en formato ráster. El primero de los mapas se conforma por agregación

de puntos, líneas y polígonos a partir del análisis de los elementos descritos por Lynch. El segundo de ellos presenta una solución integrada de los mismos elementos percibidos a través de un modelo continuo de densidades Kernel.

El presente artículo es complementario de otro ya publicado que se focalizó en los resultados territoriales y no en los metodológicos (García-González, 2018). La propuesta actual se apoya en los mismos datos, pero con un fin distinto. Frente a un estudio territorial, el foco en este caso se encuentra en cuestiones metodológicas necesarias para implementar los elementos del análisis del mapa mental en una cartografía digital georreferenciada.

El texto se articula en tres apartados. Parte de una reflexión teórica sobre la geografía de la percepción y su relación con las TIG. Seguidamente, y en relación con los objetivos propuestos, se explican los pasos de la metodología empleada en la obtención, sistematización y trasposición de resultados, incidiendo en las dificultades y oportunidades que se abren. Finalmente, el trabajo concluye con una presentación y discusión de los resultados cartográficos en relación con las aproximaciones previas de otros autores hacia las cuestiones abordadas.

1.1. Estado de la cuestión

Desde sus orígenes, la geografía ha tenido vaivenes epistemológicos para afrontar el estudio del territorio con múltiples ópticas. Determinismo, posibilismos, humanismo, positivismo, ambientalismo, y un largo etcétera de “ismos”, son algunos ejemplos de cómo postulados nomotéticos han convivido con otros más descriptivos. Esta versatilidad y riqueza de enfoques ha perdurado hasta la actualidad con una prevalencia hacia metodologías cuantitativas (Ortega-Valcárcel, 2000). A partir de la segunda mitad del siglo pasado se produjo el desarrollo y diversificación de la informática primero, y la posterior eclosión de Internet, modificando ininidad de facetas de nuestra vida. La disciplina geográfica ha afrontado una revolución copernicana en la adquisición, manipulación y tratamiento de datos espaciales. Estos cambios, que a fecha de hoy siguen produciéndose, se engloban en las denominadas TIGs. Han supuesto una severa modificación en el quehacer geográfico e incluso en su concepción epistemológica (Chuvienco-Salinero et al., 2005). El increíble avance en hardware, software, datos y procedimientos informáticos está abriendo nuevas posibilidades en muchos campos de la geografía y en otras muchas disciplinas de las ciencias naturales y sociales. Estas herramientas han agilizado los cálculos con grandes volúmenes de datos. La incorporación de la computación al análisis geográfico, el incremento de datos espaciales y el positivismo imperante, entre otros factores, han supuesto una clara basculación, al menos en número de investigaciones, hacia metodologías de investigación cuantitativas, dejando en segundo plano a geografías más cualitativas.

La geografía de la percepción y el comportamiento no se ha incorporado, de forma clara, al avance de otras líneas de la geografía con las TIGs. La encuesta, entrevista y el mapa mental siguen siendo la vía principal de obtención de información sobre la percepción de lugares,conviviendo con otras formas de análisis al albor de las TIGs. La geografía de la percepción sigue trabajándose, en buena medida, como hace 60 años, cuanto menos en la obtención y tratamiento de la información con mapas mentales. No obstante, siguen apareciendo investigaciones con esta fuente, dado que la información que aporta no es posible obtener por otra vía.

Los mapas mentales son representaciones altamente selectivas que no duplican objetos y optimizan la cantidad de información dibujada. Unos elementos complementan a otros en la represen-

tación topológica. Estas representaciones están dotadas de una importante carga de legibilidad e imaginabilidad. La mayoría de los estudios que utilizan esta fuente toman como referente el estudio realizado por Kevin Lynch (Lynch, 1960). Lo que en un principio pareció sistematizar y organizar el estudio de la percepción que tienen los individuos del territorio con una metodología intuitiva y sencilla de implementar, se ha convertido en un rosario de estudios de caso. Casi dos décadas después Pocock y Hudson (1978) simplificaron la clasificación en puntos, líneas y polígonos. De ese momento son también las comparaciones de localizaciones espaciales entre la configuración cognitiva de los mapas representados y las configuraciones reales (Tobler, 1979). Permitía comparar superficies y distancia a partir de unos puntos de referencia (Fernández y Asenjo, 1998).

Poco a poco han aumentado las técnicas cuantitativas en estudios de percepción con análisis multivariado (Aragonés, 1988), conglomerados (Giesecking, 2013) y otros métodos cualitativos utilizando SIG (Kwan, 2002; Dennis, 2006; Giesecking, 2018). Kittler redujo el estudio a localizaciones de puntos por coordenadas y las líneas que conectaban dichas coordenadas (Kittler, 1996, p.719 en Stevens, 2006). Incluso, se han volcado al modelo del SIG los nodos para definir concentración de actividad (Singh, 1999) o el volcado a partir de entrevistas (Filomena et al., 2019). Recientemente la conectividad de la nube ha permitido la realización de encuestas visuales a partir de aplicaciones como *Survey123* (Jordan et al., 2021; Phantuwongraj et al., 2021). Son aplicaciones con una instantánea conexión a bases de datos: No obstante, se encuentran más cercanas al análisis de comportamientos que a una percepción sin tamices o sustentos cartográficos complementarios.

Todos ellos ponen de manifiesto la dificultad de incorporar información cualitativa no numérica en metodologías cuantitativa. El hecho es que en la actualidad no se ha llegado a conseguir una vinculación real entre datos obtenidos a través de mapas mentales y su representación geométrica. Son múltiples los desajustes y distorsiones que se producen dada la naturaleza y peculiaridad de los datos (Tversky, 1981; Waterman y Gordon 1984; Brennan-Horley y Gibson, 2009; Brennan-Horley, 2010). Se comenta incluso una variación de la distorsión en función de la escala de trabajo (Tversky, 2003; Peake y Moore, 2004; Aram et al., 2019) lo que nuevamente viene a dificultar la comparación entre estudios.

Se puede mencionar como excepción el desarrollo de la rama comportamental de la geografía de la percepción. La presente facilidad de información georreferenciada en los actos de los ciudadanos hace emerger la intersubjetividad a través de los mapas sociales (Cerdeña-Seguel, 2015). Se asocia una coordenada a una realidad cotidiana espacio temporal pero también a impulsos, sentimientos y emociones (Buzai, 2015). Boschmann y Cubbon en 2014 destacan el surgimiento de tecnologías en entornos cualitativos para adquirir información espacial sobre los comportamientos y sentimientos hacia su entorno físico (Boschmann y Cubbo, 2014). Parece evidente la conexión empírica en estos estudios donde los movimientos y acciones del individuo sobre la ciudad permiten el análisis de multitud de factores, tangibles como sus hechos consumados, pero también intangibles referidos a sus gustos, preferencias y percepciones espaciales. Su análisis inducido de intangibles en la geografía del comportamiento se construye a partir de hechos. Por el contrario, la geografía de la percepción analiza ideas, previas a cualquier acción, las cuales siguen siendo difíciles de abordar en aproximaciones apriorísticas sobre interpretaciones subjetivas.

Son diversos los intentos por buscar una sólida metodología que permita la toma de datos homogénea con mapas perceptuales para sistematizar y comparar estudios realizados logrando conclu-

siones conjuntas. Ya desde sus inicios se abordaban estas críticas. Glaser y Strauss, en 1967, hablaron de la problemática para su evaluación con el método de comparación continua (Hernández; 2006). El actual desarrollo tecnológico ha vuelto a poner de manifiesto esa “no individualidad” del objeto de estudio y una falta de sistematización (Boira et al., 1994; Reques, 2006) llegando habitualmente a cartografías parciales (Filomena, 2019; Niescioruk, 2020).

Los procesos de elaboración cartográfica se han simplificado. (Solum et al., 2005). Esta idea choca frontalmente con la riqueza, diversidad y heterogeneidad que aportan los mapas perceptuales, cuyo encaje en la geometría de estas herramientas es complejo. Existe un desequilibrio en el principio de congruencia donde la estructura y el contenido de la visualización corresponderían con la estructura y el contenido de la deseada representación mental (Tversky et al., 2006). Por ello, el análisis debe realizarse de la manera más holística posible al representar los datos cartográficamente, uniendo estructura y contenido, bien en la agregación de elementos vectoriales, bien en un modelo continuo como el de isopercepciones.

La espacialización de datos en modelos continuos y la obtención de un mapa de isolíneas no es novedosa. Su uso está extendido en representación de variables físicas por la continuidad espacial de dichos fenómenos (Canto-Fresno, 1998; Slocum et al., 2005; García y Cebrián, 2006). La aplicación de densidades con el algoritmo Kernel se ha usado también en variables demográficas (Escolano-Utrilla, 2002). Sin embargo, su vinculación con cuestiones de percepción ha sido menor desde el estudio pionero sobre preferencias regionales con isolíneas (Gould, 1973 en De Castro-Aguirre, 1997). Entramos en el entorno de cartografiar intangibles como la felicidad (Gomes et al., 2018), el miedo (Brantingham y Brantingham 1993; Lopez y Lukinbeal, 2010; JakobiPodor, 2020), las actitudes (Moreno-Jiménez, 1998) o las preferencias residenciales (Buzai, 2011). Resulta conveniente seguir explorando posibilidades metodológicas que permitan acercar las representaciones cartográficas con SIG a estudios cualitativos y más concretamente a estudios de la percepción con mapas mentales.

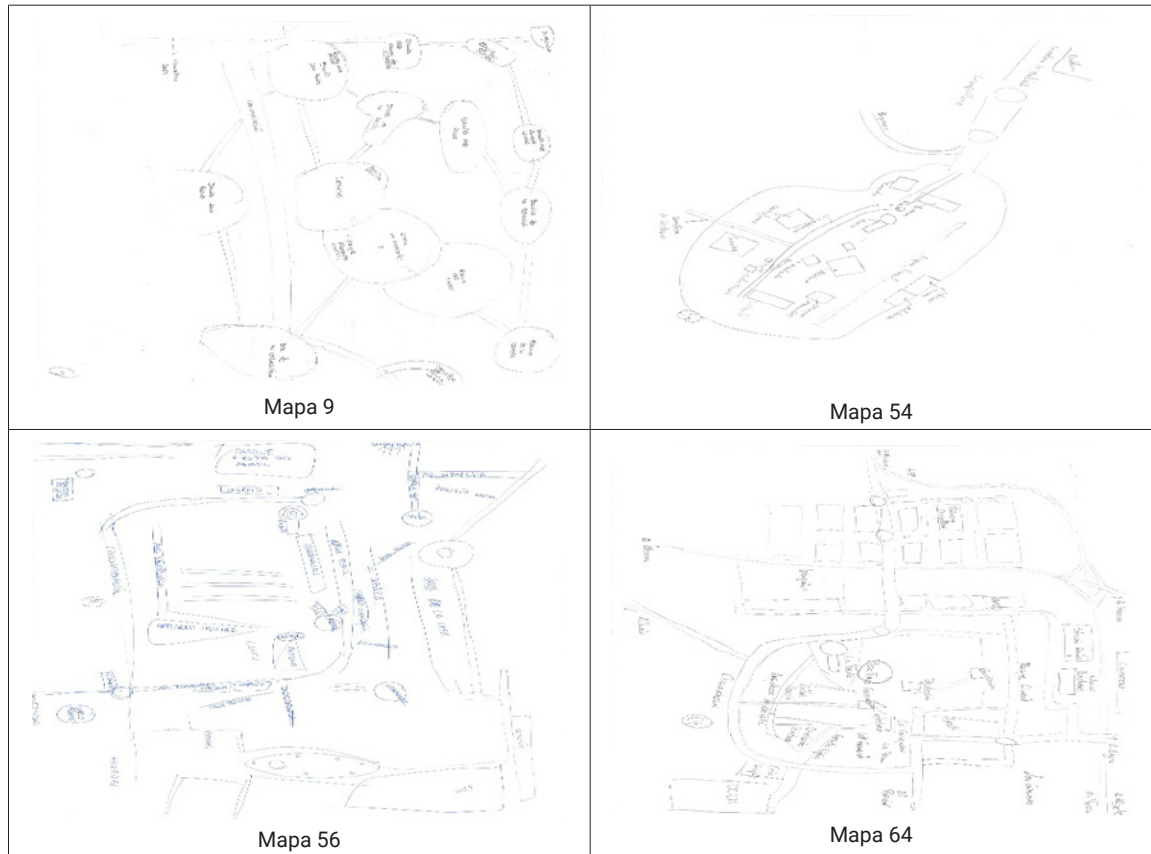
2. Metodología

El proceso metodológico seguido se organiza en tres apartados. El primero de ellos hace referencia a la toma de datos. El segundo epígrafe aborda la tabulación de los datos y su trasposición al entorno del SIG en puntos, líneas y polígonos, de cada uno de los elementos descritos por Lynch. Finalmente, se aborda el proceso de presentación de resultados a través de dos cartografías sintéticas: una en formato vectorial y otra en ráster.

La toma de datos de este trabajo, en su primera fase, es similar a otros estudios sobre geografía de la percepción. La recogida de información se ha hecho a través de la elaboración de un mapa mental por parte de estudiantes de la Facultad de Humanidades de Albacete. Los estudiantes dispusieron de veinte minutos para dibujar la ciudad de Albacete en un papel A3. Ambos elementos, espacio y tiempo para la elaboración cartográfica han sido utilizados previamente (Bosque-Sendra et al., 1992, p.51; Peake y Moore, 2004). Se pretendía obtener la mayor información posible de la imagen perceptual de la ciudad y no tanto una imagen reflexiva y construida que se hubiera podido conseguir con más tiempo para hacer el dibujo. La muestra se sustanció en 75 mapas. Se presenta una muestra de los mapas elaborados (figura1). El área representada corresponde con Albacete. La ciudad cuenta con 172.722 personas en 2021. Ciudad media enclavada en el borde oriental de la llanura manchega en el acceso natural de la submeseta sur al arco mediterráneo. Es una ciudad compacta en sus límites y prácticamente llana sin claras referencias orográficas o

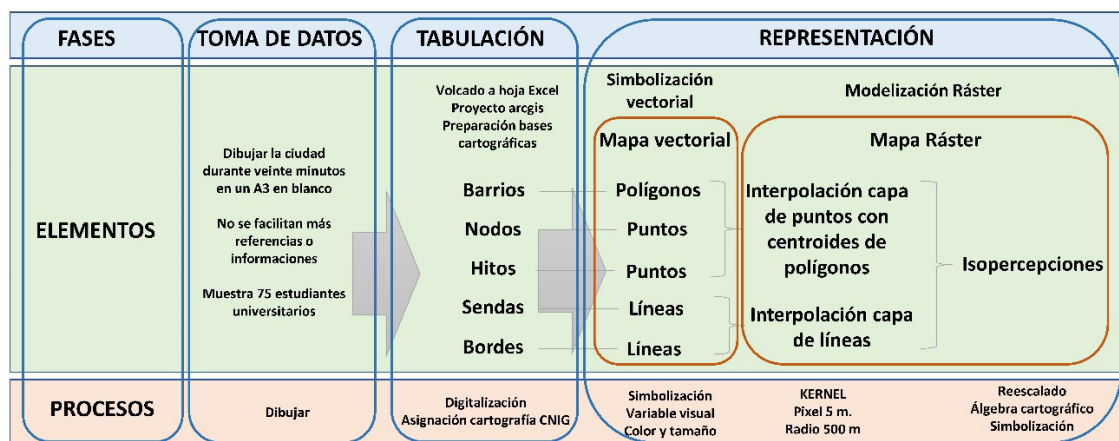
hidrográficas que marquen el desarrollo de la ciudad. El ferrocarril y las sucesivas rondas de la ciudad marcan la delimitación urbana de la ciudad.

Figura 1. Muestra de mapas mentales



La información se tabuló tomando en consideración los elementos de Lynch (Lynch, 1960) (barrios, límites, sendas, hitos y nodos). La tabulación y validación de los datos se realizó por la misma persona en el programa *Microsoft Excel*. De forma paralela, se crearon bases cartográficas de puntos, líneas y polígonos a partir de la cartografía oficial Instituto Geográfico Nacional (IGN). Todo el tratamiento cartográfico se llevó a cabo con el programa *ArcGis* de *ESRI*. A continuación, se vincularon los datos agregados a las diferentes bases cartográficas preparadas *ad hoc*. Este trabajo supuso un proceso reflexivo y crítico descrito a continuación (Figura 2). La mención a lugares concretos del territorio se hace en aras de ejemplificar problemas de sistematización de los elementos cualitativos con referenciación topológica al proyecto del SIG. No es objeto de este estudio valorar los resultados territoriales al haberse realizado previamente (García-González, 2018).

Figura 2. Proceso metodológico



Fuente: Elaboración propia

3. Resultados

La imagen obtenida de la ciudad se apoya fundamentalmente en hitos (35,3%) y sendas (33,6%) conformando, casi a partes iguales, las dos terceras partes de los elementos representados. La otra tercera parte se reparte entre barrios (16,4%), nodos (10,3%) y límites (4,3%). Cada uno de estos cuenta con características y peculiaridades diferentes que han llevado a un tratamiento individualizado en su transposición al modelo del SIG.

3.1. Items cartografiados (barrios, límites, sendas, hitos y nodos)

El barrio o distrito es la unidad que más se vincula con la percepción espacial de los ciudadanos. Las personas tienden a identificarse con su barrio e incluso a generar sentimientos positivos hacia la zona de la ciudad donde viven. A pesar de ello, la representación de los barrios como elemento espacial en los mapas mentales es menor que los elementos lineales o puntuales. Aparecen menos, a pesar del dominio de mapas espaciales frente a secuenciales en la muestra (Appleyard, 1976). Contrario a lo que pudiera parecer a priori, el barrio supone uno de los elementos más complicados de representar en el entorno del SIG. El individuo sabe en qué barrio vive, sin embargo, le es difícil definir sus límites, y por supuesto casi nunca los representa. La mayoría de las referencias de barrios que aparecen en los mapas perceptuales se hace en forma de etiquetas y sin una mención sistemática del resto de barrios. La mayoría de las reseñas textuales no cuentan con unos límites definidos. La complejidad de la representación no es sólo sobre lo difuso de los límites. Las unidades perceptuales de los ciudadanos son también diferentes a las unidades administrativas. Se ha tratado de ajustar las respuestas a una cartografía elaborada a partir de las unidades administrativas del ayuntamiento de la ciudad, produciéndose diversos tipos de discordancias.

Una cuarta parte de los encuestados reseñan el “centro” como elemento organizador del croquis más que como un claro barrio definido y asumido (Figura 1, mapa 9). Albacete no dispone una nítida imagen de los límites de ese centro, más allá de una significación administrativa o de una idea de centralidad comercial y de ocio de la ciudad. Se considera el centro como un punto organizador del mapa más que como un barrio propiamente dicho o como una unidad espacial con algún tipo de homogeneidad aglutinadora.

Igualmente, en ocasiones, un elemento concreto de la ciudad cuenta con un nombre popular diferente al oficial. El ensanche de la ciudad es muy reconocible por su morfología, lo que hace que haya calado en la memoria colectiva. Sin embargo, dicha zona forma parte de al menos dos barrios de la ciudad (Fátima y Franciscanos) (Figura 1, mapa 9). Existen también determinados barrios que toman el nombre por algún lugar significativo que se incluye en su área de influencia. En Albacete casi todo el mundo denomina al barrio que se está construyendo en el norte de la ciudad por el centro comercial que se ubicó, primeramente (Figura 1, mapas 9, 54, 56 y 64). Lugares tan significativos como la Feria, el Hospital o la Universidad han dado nombre a los barrios que los alberga. Unas veces se etiqueta la zona y se tabula como barrio; en otras se reseña el hito dibujado. La representación selectiva de los mapas mentales hace que el encuestado no dibuje ambos elementos, a pesar de que lógicamente los conoce. Este hecho hace que sea imprescindible considerar la representación cartográfica de conjunto en la plasmación de resultados. El individuo tiene una percepción holística y así debe tratarse cartográficamente.

Otra de las cuestiones detectadas se podría denominar la parte por el todo: una barriada o parte de un barrio da nombre a todo el barrio. Un ejemplo lo tenemos en la barriada de “las 600”, en alusión a una promoción de vivienda social, que cuenta con personalidad propia y la convierten en un entorno perfectamente identificable por los ciudadanos (Figura 1, mapas 56 y 64). Este lugar se cuele en múltiples representaciones, pero no se menciona el barrio donde se integra, “la Milagrosa”. Se trata del estereotipo geográfico (De Castro y Bosque 1993). El estereotipo en un proceso perceptual y cognitivo caracterizado por ser selectivo y rígido. Procede de dos vocablos griegos que hablan de molde o tipo endurecido *StereoTopus* (Bosque-Sendra et al., 1992). Alude a las planchas de plomo utilizadas en los talleres para imprimir páginas. Esta idea se manifiesta en más estudios sobre las barriadas desestructuradas de la ciudad (Morales et al., 2015) y cuenta con una marcada topofobia (Tuan, 1974).

Los límites son alineaciones que rompen la continuidad visual, funcional o de cualquier otro tipo del espacio urbano. Pueden ser internos a la ciudad y delimitar barrios o bien periféricos como umbrales laterales del área de estudio. En ocasiones son perfectamente visibles y condicionan el crecimiento urbano. Un ejemplo recurrente son los accidentes orográficos como la línea de costa (Fernández y Asenjo, 1998; Souto-González, 1995). No es el caso de la ciudad analizada. La casi completa ausencia de elementos fisiográficos permite pensar en un espacio isotrópico donde los elementos construidos ganan peso frente a los naturales. La obtención de los límites para el SIG se hace mayoritariamente a través cartografías existentes (MTN50; Cartociudad; IGN). Se ha digitalizado también una línea imaginaria que engloba a todos los elementos y que pretende acoger todas aquellas cartografías sinópticas que cierran el dibujo con una línea con similar significado (Figura 1, mapa 54).

La asignación de viarios que han cambiado su tradicional función de límite a ser una vía articuladora de la ciudad resulta compleja: antiguo ferrocarril y actualmente parquelineal; el canal de Maria Cristina ahora enterrado en una calle o la antigua circunvalación, hoy plenamente integrada en la ciudad. Todavía hay un cierto número de mapas que consideran dicha vía el final de la ciudad. La calle adopta varios nombres en sus diversos tramos. Sin embargo, se sigue tratando como un todo en su denominación popular. Algunos mapas lo consideran límite pues el dibujo finaliza de forma marcada en ese lugar, mientras que en otros forma parte de la ciudad en una concepción espacial de la urbe mucho más amplia (Figura 1, mapa 54). El problema de asignación se ha solventado estipulando discrecionalmente a una u otra categoría, en función de su representación relativa con el resto de los elementos plasmados en el mapa.

Las sendas son los elementos más representados y necesarios para la comprensión de la ciudad. Son los caminos por los que la ciudad se transita y se aprende conectando a todos los demás elementos. Al igual que con los límites, se han utilizado los ejes de calle de la base Cartociudad del IGN para la creación de la base cartográfica. En la tabulación surgieron cuestiones como discordancias entre el nombre con que la gente conoce las calles y su denominación oficial. Además de la citada “circunvalación” lo encontramos en la céntrica calle “ancha”. Otra de las dificultades se encuentra en la longitud de calle representada en cada dibujo. Algunos mapas representan una calle hasta un punto determinado, por el contrario, esa calle, siendo más larga, no se encuentra en el imaginario en toda su extensión. Al volcarlo y utilizar los ejes de calle no hay una correlación directa entre la longitud percibida y la real. En ocasiones, el nivel de detalle en la representación de una vía se vuelve borrosa pasado un determinado lugar. Una posible solución sería la tramificación de la vía, lo que lleva implícito un aumento de la complejidad en el proceso. Merecen una consideración especial las calles que comunican el centro de la ciudad con las principales carreteras de acceso a la población. Son, en la mayoría de los casos, accesos ya integrados a la urbe. Sin embargo, la percepción de los ciudadanos las mantiene más como vías rápidas de acceso, bien por la forma radial en que se dibujan estructurando la imagen cognitiva o bien nombrándolas con el nombre de la carretera a la que dan acceso (Figura 1, mapas 54 y 64).

Los elementos de implantación puntual son los más sencillos de vincular al entorno del SIG. La simplicidad de su geometría hace que su tabulado sea más sencillo. Lynch distingue entre nodos e hitos. En ocasiones, un mismo lugar puede cumplir las dos funciones generando cierta confusión de asignación. Un ejemplo lo tenemos en las rotondas que cuentan con algún tipo de monumento que todo el mundo identifica. Los nodos más claros corresponden a estaciones, intercambiadores u otras infraestructuras de transporte.

En nuestro caso, de los 54 puntos contemplados, 11 han tomado la característica de nodo, dejando el resto como hitos. Entre los nodos más destacados se encuentran las estaciones de ferrocarril y autobuses, ubicadas en el borde norte de la ciudad y que históricamente han servido como elemento organizador del crecimiento de la ciudad (Figura 1, mapas 54 y 69). La ciudad se despliega como un abanico abierto, las estaciones corresponderían al tornillo que organiza y gestiona su funcionalidad. El resto de los nodos se encuentran muy concentrados en el centro de la ciudad.

Los hitos cuentan con una mayor representatividad y significación visual que los hace destacar sobre buena parte del resto de elementos morfológicos de la ciudad. Llevan implícito un cierto simbolismo. Son elementos sobre los que se construye la percepción de la ciudad. Sirven de base para irradiar sendas, nodos y demás elementos, al ser los más fáciles de recordar. Se encuentran repartidos por toda la ciudad y son capaces por sí mismo de dar una idea sobre la concepción que los encuestados tienen de ella. Su centralidad o dispersión, su disposición asociada a nodos y su ubicación en tramados regulares o irregulares son aspectos a considerar en la imagen compacta de la ciudad. Junto con las sendas, son los elementos que más se representan y se distribuyen más abiertamente en la ciudad. Tanto uno como otro son las puntadas e hilos que hilvanan y cosen la ciudad a nuestra mente.

3.2. Resultados cartográficos

El objetivo último de la cartografía resultante debe ser un mapa sintético, fácilmente legible, optimizado en los elementos representados y que por supuesto permita imaginar cómo es la imagen mental que tienen los encuestados de su ciudad. La cartografía es una herramienta de

representación y análisis utilizada frecuentemente en cualquiera de las corrientes geográficas. La realización de un buen mapa lleva implícita una importante carga de reflexión (Sancho-Comins, 2019). Elaborar cartografía implica necesariamente una selección y priorización de los elementos a representar, comunicando un mensaje a través de un lenguaje visual, espacial, sintético y universal. El resultado de este proceso metodológico de tabulación de los ítems cualitativos se plasma en dos mapas que utilizan la misma información, quieren decir lo mismo y lo expresan de forma diferente apoyados en dos de los formatos de datos más habituales de los programas de SIG (vectorial y ráster). Forman parte del debate sobre el modelo de datos más adecuado y en el papel de los SIG en el desarrollo de teorías de la cognición espacial (Hirtle, 1998).

La representación vectorial de la percepción de la ciudad se asemeja al croquis utilizado en estudios anteriores, con la salvedad que en este caso los elementos se encuentran georreferenciados. Las capas se superponen formando la idea de conjunto sobre una base cartográfica. Se cambia el tradicional croquis sintético, que resume los resultados del análisis, por un mapa donde se georreferencian los elementos analizados lo que permite recuperar la correcta disposición de los elementos. El mapa utiliza diversas variables visuales según la tipología del elemento a representar en aras de mejorar la legibilidad y claridad visual del conjunto.

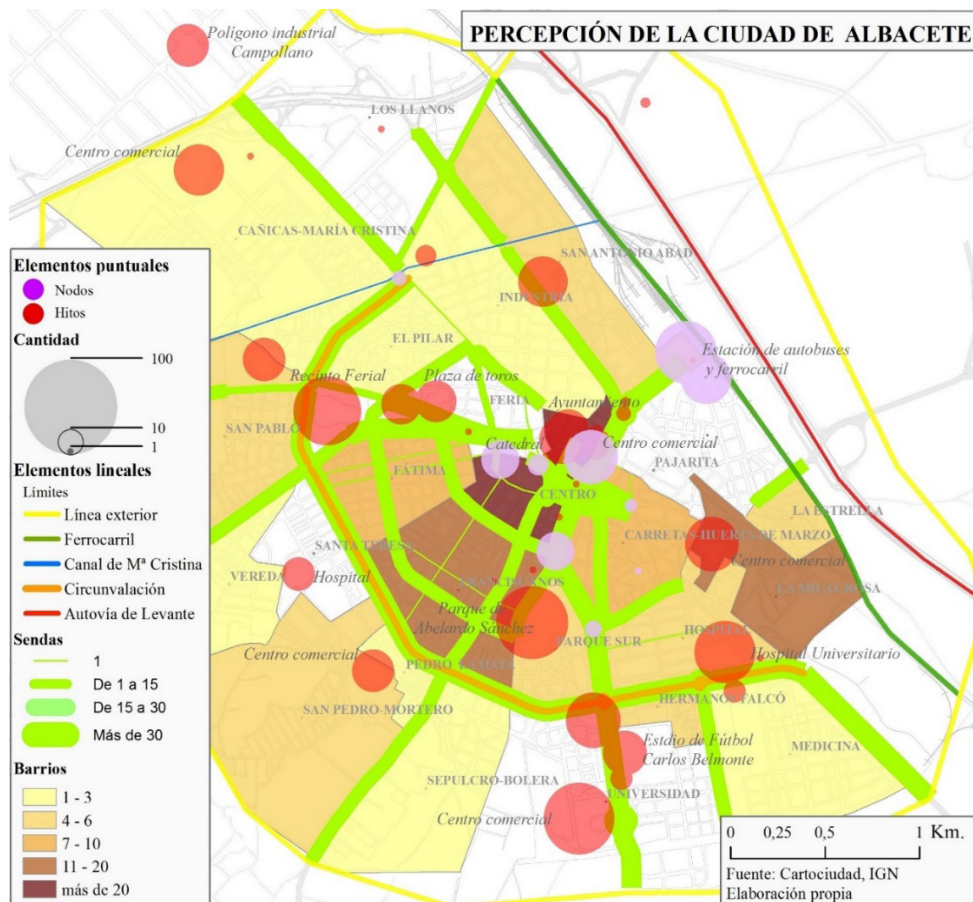
Los barrios se representan en coropletas con la variable visual color en una gama monocroma creciente. Este tipo de cartografía conlleva necesariamente un espacio definido para su representación. Los límites y sendas se han representado a través de líneas implementando dos variables visuales. Los límites son representados con un uso cualitativo de la variable visual color en donde cada color hace referencia a un límite diferente. El color no implica valor o jerarquía, expresando únicamente diferentes categorías. Su mayor o menor aparición en el imaginario de los encuestados lo ofrece la variable visual tamaño. A mayor grosor más veces se ha representado en los mapas mentales. Por otra parte, a las sendas se les ha aplicado un color diferente a los utilizados en los límites. Se utiliza la variable visual tamaño para mostrar la prevalencia de una u otra vía según el número de veces que aparece representada en los mapas. Se da el caso, comentado con anterioridad del solape que se produce en la circunvalación al haber sido considerada límite y senda en las respuestas de las encuestas visuales. Se ha buscado una proporcionalidad entre los valores de la circunvalación como límite y como senda para tratar de ajustarnos en la mayor medida posible a los datos originales.

Los elementos puntuales se han representado con implantación puntual con un símbolo geométrico (círculo). Los nodos e hitos se diferencian por un color al que se les ha implementado la variable visual tamaño. La representación por símbolos proporcionales muestra la relevancia del lugar según haya sido citado. Su mayor inconveniente radica en las características de la variable a representar. Habitualmente tienen un rango amplio al aparecer un rosario de localizaciones asociadas al espacio vital de cada individuo. Cuando el rango es grande se genera un fuerte desequilibrio visual. Las entidades con muy pocos casos son casi imperceptibles frente a los lugares más mencionados. A pesar de ello se ha podido mantener la proporcionalidad entre el valor de la variable y el radio del círculo. Se podría solventar al representarla como una variable discreta en vez de continua mediante la creación de intervalos. Sin embargo, la definición de umbrales de representación rompe la proporcionalidad y riqueza informativa con el fin de ganar legibilidad.

Finalmente, el mapa resultante se construye por agregación de todos los elementos. La claridad del mapa con datos proporcionales en diferentes geometrías es compleja dada la elevada casuística y la variedad de elementos a representar, tal y como muestra la compleja leyenda. La distribución

espacial de los elementos no es homogénea. El centro de la ciudad presenta más elementos lineales, lo que le dota de una mayor conectividad, y la periferia se nutre más de elementos puntuales. Por el exterior de la citada antigua circunvalación apenas aparecen sendas. Ellas quedan para el núcleo central de la representación. Esta distribución vislumbra un efecto lupa propio de estas representaciones al ubicar más elementos en aquellos lugares comunes y que se conocen mejor, ubicando una menor densidad de elementos e inconexos a medida que nos vamos alejando del centro de la ciudad (Catney et al., 2018). El centro se camina y las periferias son puntos concretos que se llega y marcha. Se irradia una imagen asimétrica en el centro, basculado hacia la zona del ensanche, de sendas convergentes en la periferia con las radiales antes mencionadas (Figura 3).

Figura 3. Cartografía sintética perceptual de la ciudad de Albacete (formato vectorial)



Fuente: Elaboración propia

En paralelo, y en un intento de explorar diferentes resultados cartográficos, se ha elaborado un mapa de densidades. La densidad es un claro indicador de la intensidad de un fenómeno en el espacio; en este caso la percepción de ese lugar. Permite una gradación espacial de los valores de una forma sintética y holística, acercándose, en mayor medida, al conocimiento que puede tener el individuo de la ciudad. El ciudadano no distingue según la catalogación de Lynch al vincular su conocimiento de los lugares. La utilización de un modelo continuo para cartografiar la percepción es una alternativa a los tradicionales resultados cartográficos. Se pretende obtener a semejanza de los denominados mapas de calor, una imagen de la percepción de la ciudad. El mapa de isopercepciones permite en una sola imagen y con una sola gama cromática una perspectiva global. Sin embargo, este tipo de representaciones se encuentran afectadas por la autocorrelación

espacial, donde los resultados dependen del tamaño y posiciones de las unidades geográficas (Escolano-Utrilla, 2002). Además, se asume que la variable tiene valores sobre todo el territorio y no sólo donde tenemos datos y que el algoritmo aplicado permite predecir los valores en el espacio no observado a partir de los valores observados (Tobler, 1976).

El método de espacialización elegido ha sido el de densidades Kernel a partir de la ocurrencia de los elementos morfológicos de la ciudad representados en los mapas mentales. Los algoritmos de densidades Kernel permiten calcular la densidad de las entidades en el entorno próximo de las mismas, pudiéndose aplicar para elementos puntuales y lineales. Al contar con diferentes geometrías vectoriales se ha optado por ese procedimiento frente a otras interpolaciones que sólo contemplan, elementos puntuales para su aplicación. Cuenta con un enfoque no paramétrico lo que implica que no establezca ningún modelo predictivo. Son funciones simétricas centradas en cero y su integral uno. Esto supone que cada punto valga la unidad y los valores iniciales del estimador son siempre positivos (Moreno-Jiménez, 1998).

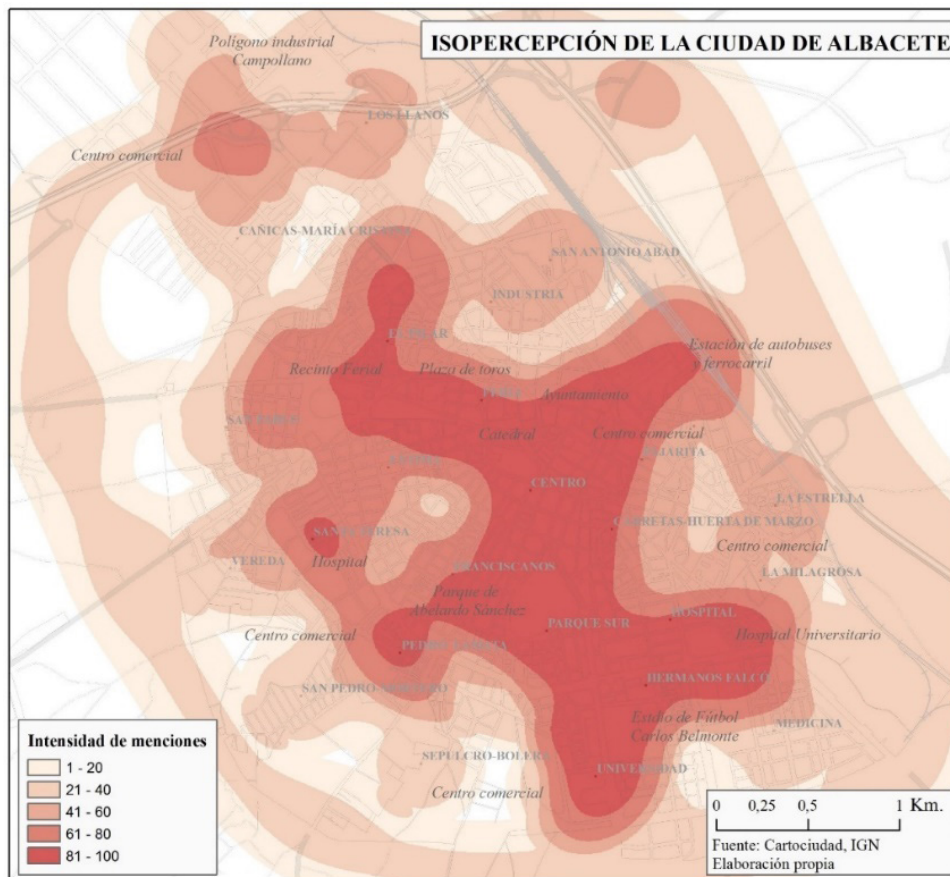
Los algoritmos Kernel ofrecen la posibilidad de interactuar con algunos de sus parámetros que hacen variar la imagen resultante, lo que impregna el resultado de una cierta discrecionalidad. En todos los casos, se ha decidido un tamaño de pixel de 5 metros; las unidades de área utilizadas son kilómetros cuadrados y se han ponderado cada uno de los elementos representados según el número de veces que aparecen en los mapas con un método plano. En este caso, la elección de uno u otro método es casi irrelevante en la bondad de la estimación (Moreno-Jiménez, 1991). El parámetro sobre el que se han hecho diversas pruebas es el radio de búsqueda sobre el que el algoritmo busca geometrías cercanas ofreciendo resultados diversos. Este radio permite aumentar la densidad en aquellos lugares donde las geometrías están más cerca y con valores más elevados. Según se aumenta la ventana aumenta el suavizado del mapa. Por el contrario, valores pequeños resaltan y aíslan los datos originales. Tras diversos ensayos se ha optado por presentar la cartografía resultante con un radio de búsqueda de 500 metros. La elección subjetiva, más allá de otros métodos basados en errores cuadráticos, se considera una forma razonable cuando el resultado va a ser cartográfico consiguiendo expresar, de la mejor manera, el mensaje seleccionado por el analista (Moreno-Jiménez, 1991). En otros estudios de áreas urbanas se han utilizado diferentes valores del radio en función de la amplitud del área y la disposición de los elementos puntuales: entre 79 y 152 (Singh, 1999); 500 metros (Escolano-Utrilla, 2002) y 1500 metros (Buzai, 2011).

Estos parámetros se han usado tanto para la base cartográfica de puntos (nodos, hitos y centroides de barrios) como para la de líneas (sendas y límites), con la idea preconcebida de llevar de igual manera y en paralelo ambas geometrías para su agregación. Los valores y rangos resultantes son diferentes. Esto se debe, al dispar número de elementos, al diferente rango de las variables y al diverso y desigual distribución de las geometrías sobre el área de estudio. Por ello, a los resultados parciales obtenidos con el Kernel, se les ha aplicado un re-escalado en función del rango que tenían previo a la espacialización. Estas nuevas capas se suman con álgebra cartográfica para que cada imagen aporte al resultado final la proporción original considerada por los encuestados. El resultado tiene una lectura sencilla e intuitiva para comprender aquellas zonas más reconocidas por los ciudadanos encuestados frente a otras más difusas u opacas. (Figura 4).

La aplicación del algoritmo con los mismos parámetros a elementos lineales y puntuales, así como el filtrado con la ponderación proporcional no evita que ciertos elementos, especialmente lineales queden sobredimensionados. Se aprecia especialmente en los elementos periféricos del modelo que quedan huérfanos de cálculo en uno de sus contornos. El borde periférico de cierre

que algunos estudiantes habían representado en sus mapas y que se integró a partir de una línea imaginaria cobra un protagonismo inusitado en la representación. Finalmente, y sobre la misma base cartográfica de fondo utilizada en el mapa vectorial, se plasma la mancha perceptual resultante considerando diversas pruebas de visualización, tanto en modo continuo como de manera discreta con intervalos, tal y como se presenta.

Figura 4. Isopercepción de la ciudad de Albacete



Fuente: Elaboración propia

4. Discusión

La incorporación de datos cualitativos al entorno del SIG abre un amplio catálogo de posibilidades del que se han ensayado dos de ellas, una en formato vectorial y la otra en ráster. La posibilidad que ofrecen estas herramientas de interactuar con la manera de representar la variable ayuda a comprenderla y a mejorar la representación final. Es sin duda una posibilidad a la comprensión y sistematización de los mapas mentales. Se parte de un mapa topológico para llegar a un mapa geométrico. Los datos cualitativos de entrada son los mapas mentales tradicionales y no encuestas o entrevistas (Filomena, 2019) o mapas mentales digitales (Jakobi&Podor 2020). A su vez, la trasposición de los datos cualitativos al modelo del SIG difiere del escaneado (Brennan-Horley, 2010). Se trata de iniciar con una hoja en blanco, sin ningún tipo de sesgo previo o reseña propia de encuestas visuales como (Jordan et al., 2021; Phantuwongraj et al., 2021).

La relocalización de un elemento de una georreferenciación topológica a una absoluta, parte de la premisa que el encuestado sabe perfectamente donde se encuentra el elemento representado. Eso, es mucho suponer, ya que en muchos casos se dibujan elementos por continuidad espacial de lo más conocido a lo menos. A su vez, la precisión y conocimiento de lo dibujado en los croquis es muy variable. En ocasiones se hace de manera textual o no completa.

La transposición de información topológica a geométrica cuenta con dificultades, especialmente en la fase de tabulación de los datos convirtiéndose en un filtro de la riqueza de información presentada en los mapas mentales. Esto no es ajeno a otras investigaciones cualitativas donde la organización de los datos es uno de los principales escollos a la hora de sistematizar la multifacética información cualitativa (Tracy, 2010). El proceso cuenta con cierta toma de decisiones arbitrarias, que no por ello injustificables. Este hecho hace que quizás su replicabilidad en futuras investigaciones deba tener en cuenta estas consideraciones. Entendamos la replicabilidad no como un experimento de laboratorio. Hablamos de información cualitativa, sobre percepción subjetiva en entornos cambiantes en espacio y tiempo, lo que dota al fenómeno de una individualidad con, eso sí, algunos puntos de unión y patrones comunes. Es posible que, en entornos urbanos de mayor tamaño con transporte suburbano y percepciones discontinuas, distorsione la escala de representación y análisis, en este tipo de representaciones de modelos continuos (Tversky, 2003; Peake y Moore, 2004; Aram et al., 2019). No cabe duda de que es una línea más a explorar sobre análisis multiescalares de Geografía de la Percepción como ya se inició con análisis multitemporales (García-González, 2018).

Este tipo de mapas y su forma de analizarlos son una fuente óptima para la obtención de la imagen preconcebida de un lugar por los ciudadanos basada en la identidad, estructura y significado. La identidad permite distinguir e individualizar cada elemento, que a su vez genera una estructura a partir de sus relaciones. El significado viene dado por la consideración que hace de esos lugares el encuestado. Los mapas resultantes presentados cumplen con el mantenimiento de estos tres componentes. Muestran la importancia o minusvaloración de unas zonas u otras con una alta legibilidad en la representación cartográfica. La imaginabilidad de los lugares se transpone en dos formatos visuales que plasman con rigor, esquematismo y alto poder evocador los lugares más significativos del territorio.

La sectorización y compartimentación en diversas cartografías por separado de los elementos analizados no son explicativas por sí misma. La interpretación final debe ser holística como la percepción del individuo. Se obtienen resultados sinópticos frente a resultados parciales (Niescioruk, 2020, Filomena, 2019). El mapa de los elementos vectoriales muestra esa agregación de elementos similar al tradicional croquis añadiendo el elemento de la georreferenciación. El individuo toma sus percepciones de una realidad georreferenciada hacia un espacio topológico-cognitivo. La elaboración del mapa vectorial vuelve tras el filtrado individual a resaltar los elementos en un entorno geométrico. Es un mapa sintético que aporta una jerarquización y organización visual de la información. El resultado no busca medir la precisión o el grado de ajuste (Aran et al., 2019; Peake y Moore 2004). El mapa mental en sí mismo no tiene correlación matemática homogénea en su dibujo ni falta que le hace. Son dos referencias diferentes y la transposición cartográfica realizada pretende mantener los caracteres principales de estos mapas (imaginabilidad y legibilidad) en un entorno cuantitativo, con las posibilidades y limitaciones que ello implica. La representación georreferenciada sobrevalora visualmente determinadas calles e incluso se magnifican elementos invisibles en la ciudad, pero tangibles en la percepción como los límites.

El mapa de isopercepción ofrece una imagen más legible que el complejo entramado vectorial. Al pasar a una variable de intervalo se reduce la información aportada en categorías estancas limitadas por isolíneas. Sin embargo, la imagen presentada gana en legibilidad visual y claridad cartográfica. Mientras en el caso vectorial se encuentra deconstruida la imagen perceptual a través de los ítems de la metodología de Lynch, en este caso lo encontramos agregado. El potencial matemático de los entornos de SIG permite reconstruir y sintetizar en una sola imagen lo que los encuestados representan con una tremenda heterogeneidad, convirtiéndose en la huella cognitiva de un determinado grupo de ciudadanos. A su vez, permite la posibilidad de combinarse con la gran cantidad de datos estadísticos que se tiene de las ciudades, abriendo un amplio campo de posibilidades analíticas.

Si importante es lo que aparece en la imagen mental, no lo es menos todos aquellos elementos que no se mencionan o no aparecen en la imagen de conjunto que tiene el colectivo sobre la ciudad. Los silencios cartográficos, en una comparación entre el lenguaje cartográfico y el lenguaje oral y escrito, hacen referencia a todos aquellos elementos que no aparecen en el mapa (Kolancy, 1969). Son lugares desconocidos, olvidados o por lo menos no recordados en esa primera y rápida percepción que se tiene de la ciudad. Los silencios del mapa se manifiestan de forma más clara al volcar las respuestas sobre la cartografía georreferenciada dejando manifiestos huecos. Los estudios de geografía de la percepción se centran habitualmente en lo representado, en la información tangible. Al igual que los errores, las ausencias pueden ser una fuente de análisis complementaria a lo representado. Esta línea entronca, en cierta medida, con la alfabetización con mapas (Saarinen y MacCabe, 1995; Binimelis y Ordinas, 2018; García-González et al., 2021). Mientras los análisis de escala local, como son los estudios urbanos, se estudia la percepción del espacio vivido, en la alfabetización geográfica se pone el foco en la percepción del espacio aprendido, en la escuela o por otras vías. Es ahí donde los silencios y errores cobran un mayor protagonismo.

Se ha reflexionado a lo largo de todo el proceso para poder llevar al menos una parte de la información facilitada en la encuesta visual al entorno de las TIGs. Es cierto que alguna información valiosa queda en el camino, pero otra mucha se sistematiza y georreferencia. La dificultad de esta conexión no se encuentra en la temática analizada o en la vinculación de esta rama de la geografía con las TIGs. La clave se encuentra en la recogida de los datos sobre la percepción de los ciudadanos. El mapa mental es una potente herramienta de recogida de información cognitiva. Sin embargo, cuenta con importantes dificultades en su tratamiento, bien de forma cualitativa, bien de manera cuantitativa. El croquis maximiza y prioriza la información a representar. Es un reflejo de la imagen cognitiva de la ciudad del encuestado. Este hecho queda relativizado al poner en contexto cada una de las informaciones parciales y sesgadas de cada uno de los mapas en la base cartográfica georreferenciada. La cuantificación de los elementos representados en el proyecto de SIG ayuda a la comprensión de la ciudad, pero obvia elementos como la conectividad, la simbología de elementos, el nivel de detalle en la representación, Además, el estilo personal e intransferible de cada mapa se pierde. Se obvia la diferenciación que hace el encuestado entre dibujar un lugar y escribir su nombre. La incorporación del etiquetado inteligente de los mapas mentales facilita la capacidad de transmitir información de forma más directa y sencilla que a través del dibujo.

Es por todo ello que no se debe focalizar el análisis exclusivamente en las herramientas geográficas al amparo del deslumbramiento tecnológico. No es asumible afirmar como se hacía que todos los mapas que se dibujan a mano pueden ser dibujados por ordenadores (Tobler, 1976b). El uso de esta vía metodológica no excluye, ni por supuesto invalida a la tradicionalmente utilizada. Son

claramente complementarias. No se puede entender que la incorporación de los mapas cognitivos a los entornos de SIG venga a sustituir al cadencioso proceso del análisis de la geografía de la percepción. Cual punto medio de la virtud aristotélica, la combinación de procedimientos y algoritmos cuantitativos con análisis cualitativos y subjetivos permitirán ahondar en el conocimiento de las ideas preconcebidas del individuo sobre el territorio.

5. Conclusiones

La incorporación de datos cualitativos al modelo de los SIG permite elaborar una visión esquemática y georreferenciada de la percepción del grupo. Las soluciones presentadas son una variante a los tradicionales croquis esquemáticos de la geografía de percepción. El resultado visual es altamente explicativo creando una cartografía híbrida e intuitiva, entre geométrica y perceptual.

A pesar de los inconvenientes reseñados, el acercamiento de los mapas cualitativos a los entornos de SIG permite ciertos avances metodológicos. Las posibilidades de análisis y representación son elevadas abriendo un vasto campo de oportunidades de análisis (álgebra cartográfica, análisis espacial, interpolaciones, ...). La implementación de los elementos de Lynch como puntos, líneas y áreas permite interesantes representaciones sintéticas donde se puede dar un salto del croquis (origen de los datos) a una representación georreferenciada. Se pasa de un espacio perceptivo a un espacio geométrico. Se homogeniza y obvian errores de distancia que conlleva cualquier croquis. La codificación de respuestas en elementos georreferenciados permite combinar dichos objetos con ortofotografías, imágenes de satélite...

No cabe duda de que serán muchas las críticas a la forma en que este camino se ha llevado a término. Sin embargo, no es menos cierto que más allá del algoritmo en cuestión y los parámetros seleccionados tras múltiples pruebas y reflexiones, se dispone de una alternativa sobre la que seguir trabajando en el análisis de resultados de la geografía de la percepción. Del mismo modo, se reflexiona sobre la complejidad de cartografiar datos cualitativos, diferente a los tradicionales croquis y esbozos sumatorios. La imagen sintética resultante permite la sistematización de resultados abriendo la puerta a comparaciones cuantitativas e incluso a estudios paralelos de diferentes áreas de estudio con la consiguiente extrapolación de resultados (Morales et al., 2018). Igualmente permite la posibilidad de abrir líneas de investigación entre la geografía de la percepción y la del comportamiento. El individuo construye sus decisiones espaciales según el stock de datos disponibles y posibilidades localizadas en su mapa cognitivo. Es de interés conocer las preferencias espaciales de los individuos con anterioridad a sus decisiones

A la vista de las posibilidades vislumbradas, se abren líneas de trabajo en relación a la optimización de análisis y presentación de resultados de la geografía de la percepción. Es necesario continuar indagando en las construcciones mentales que hacen los ciudadanos del territorio y en las formas de analizarlo para lograr aumentar las posibilidades de extrapolar resultados y sustentar unas investigaciones en otras. Sería bueno que la geografía de la percepción redujera la dinámica de investigaciones inconexas y se esforzara por acercar posturas en un corpus teórico-metodológico común, aunando enfoques cualitativos y cuantitativos, que permitan una mayor transferencia de conocimiento.

Agradecimientos

Agradecer a todos aquellos estudiantes que voluntariamente respondieron a la encuesta y sin cuya desinteresada participación esta investigación hubiera sido imposible.

Financiación

El artículo ha contado con el apoyo en la traducción del Centro de Estudios Territoriales Iberoamericanos (CETI) de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de conflicto de intereses.

Bibliografía

- Appleyard, D. (1976). *Planning a pluralist city: Conflicting realities in Ciudad Guayana*. Cambridge, MA, USA. MIT Press.
- Aragonés, J. I. (1988). Mapas cognitivos: una revisión bibliográfica. *Anales de geografía de la Universidad Complutense* No. 8, 155-166. Servicio de Publicaciones. Recuperado de/Retrieved from <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC8888110155A/31928>
- Aram, F., Solgi, E., Higuera-García, E., Mohammadzadeh S, D., Mosavi, A., & Shamshirband, S. (2019). Design and validation of a computational program for analysing mental maps: Aram mental map analyzer. *Sustainability*, 11(14), 3790. doi.: 10.3390/su11143790
- Binimelis, J., & Ordinas, A. (2018). Alfabetización en Geografía y mapas mentales. Los conocimientos mínimos entre los estudiantes universitarios de Educación Primaria. *Cuadernos Geográficos*, 57(1), 330-351. Recuperado de/Retrieved from <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5528>
- Boira i Maiques, J. V., Souto-González, X. M., & Reques-Velasco, P. (1994). *Espacio Subjetivo y Geografía: Orientación teórica y praxis didáctica*: Nau Llibres.
- Borruso, G. (2013): Cartografia e Informazione Geografica “2.0 E Oltre”, Webmapping, Webgis. Un'introduzione. *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, núm. 147, 7-15. Recuperado de/Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/41179423.pdf>.
- Boschmann, E. E., y Cubbon, E. (2014) Sketch maps and qualitative GIS: Using cartographies of individual spatial narratives in geographic research. *The Professional Geographer*, 66(2), 236-248. doi.:10.1080/00330124.2013.781490
- Brantingham, P. L., & Brantingham, P. J. (1993). Nodes, paths and edges: Considerations on the complexity of crime and the physical environment. *Journal of environmental psychology*, 13(1), 3-28. doi.: 10.1016/S0272-4944(05)80212-9
- Brennan-Horley, C., & Gibson, C. (2009). Where is creativity in the city? Integrating qualitative and GIS methods. *Environment and Planning A*, 41(11), 2595-2614. doi: 10.1068/a41406
- Brennan-Horley, C. R. (2010). *Creative city mapping: Experimental applications of gis for cultural planning and auditing*. University of Wollongong Thesis. Recuperado de/Retrieved from <https://ro.uow.edu.au/theses/3235/>
- Bosque-Sendra, J, De Castro, C, Díaz, M. Á. & Escobar, F. J., (1992). *Prácticas de geografía de la percepción y de la actividad cotidiana*. Barcelona, Ed. OIKOS-TAU.
- Bosque-Sendra J. (2015). Neogeografía, Big Data y TIG: problemas y nuevas posibilidades. *Polígonos, revista de geografía*(27), 9. doi: 10.18002/pol.v0i27.3277
- Buzai, G. D. (2011). “La Construcción de mapas mentales mediante apoyo geoinformático. Desde Las Imágenes Perceptivas Hacia La Modelización Digital.” *Revista Geográfica de Valparaíso* 44:1-17.
- Buzai, G. D. (2015). *Geografía global y Neogeografía. La dimensión espacial en la ciencia y la sociedad*. (27), 12. doi: 10.18002/pol.v0i27.3246
- Catney, G., Frost, D., & Vaughn, L. (2018). Residents' perspectives on defining neighbourhood: mental mapping as a tool for participatory neighbourhood research. *Qualitative Research*. doi.:10.1177/1468794118803841

- Cerda-Seguel, D. (2015): Mapas digitales y sociedad: geosemántica social, el poder del sentido de lugar. *Polígonos. Revista de Geografía*, núm. 27, 36, doi: 10.18002/pol.v0i27.3276
- Chuvieco, E., Sendra, J. B., Fernández, X. P., García, C. C., Preciado, J. M. S., Puebla, J. G., ..., & Velasco, M. J. P. (2005). ¿Son las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) parte del núcleo de la Geografía?. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (40). Recuperado de/Retrieved from <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2008/1921>
- Crampton, J. W. (2010). *Mapping. A critical introduction to cartography and GIS*. Wiley-Blackwell United Kingdom 217.
- De Canto-Fresno, C. (1998). Los mapas temáticos. En *Trabajos prácticos en Geografía humana* Carrera, C., De Canto, C del, Gutierrez, J., Méndez R. & Pérez, M. Madrid Síntesis 311-396.
- De Castro-Aguirre, C., & Bosque, J. (1993) "Mapas mentales de la España autonómica: La preferencia residencial". *Estudios geográficos*, 54, 181-208.
- De Castro-Aguirre, C. (1997). La búsqueda de datos para mapas cognitivos: Guía psicológica para geógrafos. *Anales de geografía de la Universidad Complutense*. Recuperado de/Retrieved from <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC9797110027A>
- Dennis Jr, S. F. (2006). Prospects for qualitative GIS at the intersection of youth development and participatory urban planning. *Environment and Planning A*, 38(11), 2039-2054. doi: 10.1353/aq.2018.0047
- FernándezGutiérrez, F.& Asenjo Peregrina, R. (1998). *La visión subjetiva del espacio urbano almeriense*. Almería. Instituto de Estudios Almerienses.
- Escolano Utrilla, S. (2002). Densidad de población y sustentabilidad en la ciudad de Zaragoza. En *Peña, J.L. & Longares, A. (Eds.) Aportaciones geográficas en memoria del Prof. L. Yetano*. Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Univ. de Zaragoza, 173-182. Recuperado de/Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/235408789_Densidad_de_poblacion_y_sustentabilidad_en_la_ciudad_de_Zaragoza
- Filomena, G., Verstegen, J. A., & Manley, E. (2019). A computational approach to 'The Image of the City'. *Cities*, 89, 14-25. doi.: 10.1016/j.cities.2019.01.006
- García-González, J. A., & Cebrián-Abellán, F. (2006). La interpolación como método de representación cartográfica para la distribución de la población: Aplicación a la provincia de Albacete. Recuperado de/Retrieved from http://tig.age-geografia.es//docs/XII_1/012%20-%20Garcia%20y%20Cebrian.pdf
- García-González, J. A. (2018). Análisis multitemporal en ciudades medias con mapas de la percepción. Albacete: 1993-2016. *Cuadernos Geográficos*, 57(1). doi.: 10.30827/cuadgeo.v57i1.5755
- García-González, J. A., Gómez-Gonçalves, A., Gómez-Trigueros, I. M., & Sebastián, J. B. (2021). Geographic literacy in Spain with mental maps. *Journal of Geography in Higher Education*, 1-21. doi.: 10.1080/03098265.2021.2001643
- Gieseking, J. J. (2013). Where we go from here: The mental sketch mapping method and its analytic components. *Qualitative Inquiry*, 19(9), 712-724. doi: 10.1177/1077800413500926
- Gieseking, J. J. (2018). Where Are We? The Method of Mapping with GIS in Digital Humanities. *American Quarterly*, 70(3), 641-648. doi: 10.1353/aq.2018.0047
- Gomes, J. B., Rego, J. S., & Neto, M. D. C. (2018). Measuring happiness and wellbeing in smart cities. In *SMART-GREENS 2018-Proceedings of the 7th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems* vol. 2018, 270-277. SciTePress. Recuperado de/Retrieved from <https://www.scitepress.org/papers/2018/67711/67711.pdf>
- Goodchild, M. (2009): Neogeography and the nature of geographic expertise. *Journal of Location Based Services*, 3, (2), 82-96. Recuperado de/Retrieved from <http://www.iapad.org/wp-content/uploads/2015/07/43662267.pdf>
- Hernández, R. (2006). Argumentos para una epistemología del dato visual. Cinta de Moebio. *Revista de Epistemología de Ciencias Sociales* (26). Recuperado de/Retrieved from <https://nuevosfoliosbioetica.uchile.cl/index.php/CDM/article/download/25951/27264>
- Hirtle, S. C. (1998). The cognitive atlas: using GIS as a metaphor for memory. In M. Egenhofer & R. Golledge (Eds.), *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems*. 1998. 263-271. Oxford: Oxford University Press.
- Jakobi, Á. & Pódor, A. (2020). GIS-Based Statistical Analysis of Detecting Fear of Crime with Digital Sketch Maps: A Hungarian Multicity Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4), 229. doi.: 10.3390/ijgi9040229
- Jordan, E. J., Moran, C., & Godwyll, J. M. (2021). Does tourism really cause stress? A natural experiment utilizing ArcGIS Survey123. *Current Issues in Tourism*, 24(1), 1-15.

- Kwan, M. P. (2002). Feminist visualization: Re-envisioning GIS as a method in feminist geographic research. *Annals of the Association of American Geographers*, 92(4), 645-661. doi: 10.1111/1467-8306.00309
- Koláčny, A. (1969). Cartographic Information—a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography. *The Cartographic Journal*, 6(1), 47-49. doi: 10.1179/caj.1969.6.1.47
- Lopez, N. & Lukinbeal, C. (2010). Comparing police and residents' perceptions of crime in a Phoenix neighborhood using mental maps in GIS. *Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers*, 33-55. doi: 10.1353/pg.2010.0013
- Lynch, K. *The image of the city* 1960, MIT press Cambridge, MA, USA.
- Morales, A. J., Caurín, C. & Souto, X. M. (2013). Percepción del mundo: mapas mentales y problemas socioambientales. *Didáctica Geográfica* (14), 91-108.
- Morales, F. J.; de Lázaro, M. L. & Ruiz, M. L. G. (2018). University students' perceptions of the inner cities of Murcia and Valencia. *Quaestiones Geographicae*, 37(3), (Pp. 75-85). doi: 10.2478/quageo-2018-0026
- Moreno-Jiménez, A. (1991). Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel. *Treballs de la Societat catalana de Geografia*, 30, 155-170. Recuperado de/Retrieved from <https://repositorio.uam.es/handle/10486/668528>
- Moreno-Jiménez, A. (1998). Los mapas de actitudes hacia el entorno: un instrumento para la exploración del espacio psico-social y la toma de decisiones con SIG. *Tecnología geográfica para el siglo XXI. VIII Coloquio de Geografía Cuantitativa*. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, 247-263.
- Moreno-Jiménez, A. (2015). Sociedad de la geoinformación y conducta espacial del ciudadano como nuevos desafíos para la Geografía. *Polígonos, revista de geografía* (27), 23. doi: 10.18002/pol.v0i2.37275
- Nieścioruk, K. (2020). Learning the space. The change of spatial cognition of a city centre by high-school students in the light of mental maps and sketches. *Mental mapping* 187-199. Recuperado de/Retrieved from http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/5687/1/mental_mapping_2020_p187.pdf
- Ortega-Valcárcel, J. (2000). *Los horizontes de la geografía: teoría de la geografía*. Madrid, España: Ariel Geografía.
- Phantuwongraj, S., Chenrai, P., & Assawincharoenkij, T. (2021). Pilot study using ArcGIS Online to enhance students' learning experience in fieldwork. *Geosciences*, 11(9), 357.
- Peake, S., & Moore, T. Analysis of distortions in a mental map using GPS and GIS. In *The 16th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre*. November 2004.
- Pocock, D. C. D. & Hudson, R. (1978). *Images of the urban environment*, Macmillan London.
- Roth, R. E. (2013) Interactive maps: What we know and what we need to know. *Journal of Spatial Information Science*. Number 6 (2013), 59–115. doi: 10.5311/JOSIS.2013.6.105.
- Saarinen, T. F. & MacCabe, C. L. (1995). World patterns of geographic literacy based on sketch map quality. *The Professional Geographer*, 47(2), 196-204. doi:10.1111/j.0033-0124.1995.00196.x
- Sancho-Comíns, J. (2019), De la realidad al mapa: ¿un proceso creativo más allá de la técnica? *Estudios Geográficos*, 80 (286), e002. doi:10.3989/estgeogr.201922.002
- Stevens, Q. (2006). The shape of urban experience: a reevaluation of Lynch's five elements. *Environment and Planning B. Planning and design*, 33(6), 803-823. doi: 10.1068/b32043
- Singh, R. R. (1999). Sketching the city: a GIS-based approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 26(3), (Pp. 455-468). doi: 10.1068/b260455
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., & Howard, H. H. (2005) *Thematic Cartography and Geographic Visualization*. Upper Sadle River N. J. Pearson Prentice Hall. 518.
- Souto-González, X. M. (1995). Percepción del medio y planificación del territorio: el caso de Vigo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (20), 67-80. Recuperado de/Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1318481>
- Tracy, S. J. (2010). Qualitative quality: Eight “big-tent” criteria for excellent qualitative research. *Qualitative Inquiry*, 16(10), 837-851. doi:10.1177/1077800410383121
- Tuan, Yi Fu 1974. *Topofilia. Un estudio sobre percepciones, actitudes y valores medioambientales*. Melusina, 7. Madrid. Recuperado de/Retrieved from https://www.melusina.com/rce_gene/topofilia.pdf
- Tobler, W. R. (1976). *The geometry of mental maps. Spatial choice and spatial behavior*, 69-81. Recuperado de/Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/242637096_The_Geometry_of_Mental_Maps

- Tobler, W. R. (1976b). Analytical cartography. *The American Cartographer*, 3(1), 21-31. Recuperado de/Retrieved from <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/351/1/WP-75-077.pdf>
- Tobler, W. R. (1979). Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. *Journal of the American Statistical Association*, 74(367), 519-530. doi: 10.2307/2286968
- Turner, A. (2006). *Introduction to Neogeography*. "O'Reilly Media, Inc.". 56p.
- Tversky, B. (1981). Distortions in memory for maps. *Cognitive psychology*, 13(3), 407-433. doi.: 10.1016/0010-0285(81)90016-5
- Tversky, B. (2003). Structures of mental spaces: How people think about space. *Environment and Behavior*, 35(1), 66-80. doi.: 10.1177/0013916502238865
- Tversky, B., Agrawala, M., Heiser, J., Lee, P., Hanrahan, P., Phan, D., & Daniel M. P. (2006). Cognitive design principles for automated generation of visualizations. In *Applied spatial cognition: from research to cognitive technology*, 53-75.