

Incorporación de información histórica a la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) sobre Patrimonio Cultural del Agua de la Comunidad de Madrid

A. Blanco^{a,c}, J.A. Pascual-Aguilar^b, I. de Bustamante^{a,c}

^aUniversidad de Alcalá. Campus externo Universidad de Alcala.

^bCentro para el Conocimiento del Paisaje.

^cFundación IMDEA-AGUA.

Resumen

La creación de Infraestructuras de Datos Espaciales es un fenómeno reciente a nivel mundial. En España su proliferación ha sido importante desde la trasposición de la Directiva Europea INSPIRE en el año 2010. Sin embargo, la mayoría de estas Infraestructuras se han concentrado principalmente en las administraciones públicas existiendo muy pocas desarrolladas por organismos privados o universitarios. Investigadores de la Universidad de Alcalá y el Instituto IMDEA Agua están elaborando la Infraestructura de Datos Espaciales sobre Patrimonio Cultural del Agua de la Comunidad de Madrid. Se ha creado una base de datos utilizando cartografía histórica que ha sido analizada para comprobar su idoneidad como cartografía de referencia. Además se ha añadido más información de otras fuentes documentales históricas disponibles.

En este trabajo se presenta la metodología utilizada para la creación del banco de datos de cartografía histórica sobre el Patrimonio Cultural del Agua de la Comunidad de Madrid. Además, constituirá una situación temporal de referencia sobre la que comparar posteriores inventarios patrimoniales. Se ha realizado una serie de análisis espaciales para determinar el grado de precisión de los mapas utilizados respecto a los actuales. La precisión calculada ha permitido establecer el grado de detalle en el que pueden usarse estos mapas históricos.

Palabras clave: Patrimonio Cultural del Agua, Cartografía Histórica, Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), Comunidad de Madrid.

Abstract

The development of Spatial Data Infrastructures is a worldwide recent and emerging phenomenon. In Spain, its proliferation has been significant due to the transposition of the European Directive INSPIRE in 2010. However, the majority of the contributions have been provided by governmental bodies and very few initiatives were developed by private or academic bodies. Researchers of the University of Alcalá (Madrid, Spain) and IMDEA Water Institute (Madrid, Spain) are developing the Spatial Data Infrastructure for Water Cultural Heritage of the Madrid Region. A database using historical maps has been created. The accuracy as base map of these cartographical documents has been evaluated. Moreover, additional information from other sources has been added to the created database.

In this paper, the methodology used to create the database of the Water Cultural Heritage of the Madrid Region is presented. In addition, a serie of spatial analysis has been carried out to determine the accuracy of the historical maps against the current cartography. The procedure is meant to define the level of trust when using such cartographical sources.

Keywords: Cultural Water Heritage, Historical Legacy Maps, Cartography, Spatial Data Infrastructure (SDI), Madrid Region.

1 Introducción

El agua es uno de los recursos que más han condicionado la adaptación de los seres humanos al territorio. Alrededor del agua se ha desarrollado una importante cultura, tanto material como inmaterial a lo largo de la Historia de la Humanidad. Una gran variedad de elementos, tecnologías y lugares salpican la geografía española y mundial, que atestiguan la importancia del aprovechamiento y utilización del agua desde hace siglos.

Aquellos elementos de mayor relevancia, belleza o rareza relacionados con la captación, almacenamiento y aprovechamiento del agua van a formar parte del Patrimonio Cultural del Agua. También pertenecerán a este patrimonio las manifestaciones culturales inmateriales que dieron lugar a la aparición de las diferentes prácticas y objetos que vinculan el agua con el hombre.

La tipología de los elementos y estructuras del patrimonio cultural del agua que aparecen en determinados territorios se deben principalmente a la disponibilidad del

recurso, ya sea en forma de agua superficial o subterránea, y al momento histórico existente, que marcará las tecnologías utilizadas. Además las características climáticas y ambientales permitirán intuir el tipo de infraestructuras que pueden existir en un lugar dado.

En este estudio se ha llevado a cabo un análisis de fuentes documentales históricas para la realización del inventario del patrimonio del agua en la Comunidad Autónoma de Madrid. Se ha realizado una evaluación de la idoneidad de la utilización de las planimetrías de la Comunidad de Madrid realizadas a finales del siglo XIX y principios del XX para identificar los elementos relacionados con el patrimonio del agua. Este inventario es importante para poder evaluar posteriormente el grado de fragilidad y vulnerabilidad de este tipo de elementos debido al abandono que sufren y al deterioro propio del paso del tiempo.

Los datos obtenidos, una vez se haya realizado su análisis y evaluación, se incluirán en una Infraestructura de Datos Espaciales (IDEs) temática del Patrimonio Cultural del Agua de la Comunidad de Madrid. Una IDE es una acumulación importante de tecnologías, normas y acuerdos institucionales que facilitan la disponibilidad y acceso a los datos espaciales (Nebert, 2004). Los recursos que forman parte de las IDEs son accesibles desde internet permitiendo al usuario utilizarlos y combinarlos según sus necesidades. Este usuario puede ser tanto un ente público como privado o cualquier persona que tenga interés por los datos espaciales de la IDE consultada.

La IDE provee una base para el descubrimiento de datos espaciales, con evaluación y aplicación para usuarios y proveedores a todos los niveles gubernamentales, para el sector comercial, instituciones no lucrativas, sector académico y público en general. Por otra parte, una IDE tiene que ser más que una serie única de datos o una base de datos; una IDE incluye datos y atributos geográficos, documentación suficiente (metadatos), un medio para descubrir, visualizar y valorar los datos (catálogos y cartografía en red) y algún método para proporcionar acceso a los datos geográficos. Además, debe haber servicios adicionales o software para permitir aplicaciones de los datos. Para hacer funcional

una IDE, también debe incluir los acuerdos organizativos necesarios para coordinarla y administrarla a escala regional, nacional y transnacional (Nebert, 2004).

Las IDEs nacieron en Europa ante la necesidad de la normalización de la información geográfica disponible al público. En el año 2007 se creó la Directiva Europea INSPIRE (Directiva 2007/2/CE), que establece las reglas generales para el establecimiento de una Infraestructura de Información Espacial en la Comunidad Europea basada en las Infraestructuras de los Estados miembros. La creación de esta directiva resulta crucial, ya que muchos de los datos espaciales ambientales afecta a cuestiones relacionados con la salud y la seguridad de las personas, por tanto es necesario que la información posea buena calidad y proceda de fuentes controladas (Latre et al., 2013).

En España, la trasposición de la Directiva INSPIRE se llevó a cabo por la Ley 14/2010 (LISIGE), dónde se disponen las bases para la construcción de la Infraestructura de Datos de España (IDEE). Tal y como dictamina la citada ley española, “La Infraestructura de Información Geográfica de España está constituida por el conjunto de infraestructuras y servicios interoperables de información geográfica disponible sobre el territorio nacional, el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental y la zona económica exclusiva, generada o bajo responsabilidad de las Administraciones públicas”.

Estas infraestructuras se organizan en tres niveles (Figura 1): productores (de datos e información), integradores y usuarios (público). Los productores son los que aportan los datos de la información espacial que va a formar parte de la IDE. Los integradores, basándose en los estándares y protocolos establecidos por la legislación, se encargan de tener esta información dentro de un servidor para que el público pueda acceder a ella y realizar las consultas y análisis pertinentes.

Las IDEs existentes se concentran en su mayoría en administraciones públicas como la del Ministerio de Medio Ambiente o las de algunas autonomías (Madrid o Andalucía entre otras) así como otros organismos públicos como son las confederaciones hidrográficas. Con esto se podría afirmar que las IDEs están demasiado “institucionalizadas”, pudiendo encontrar algunas barreras de difícil

solución como son los límites ambientales, que en muchos casos no se corresponden con los límites administrativos (Latre et. al, 2013).

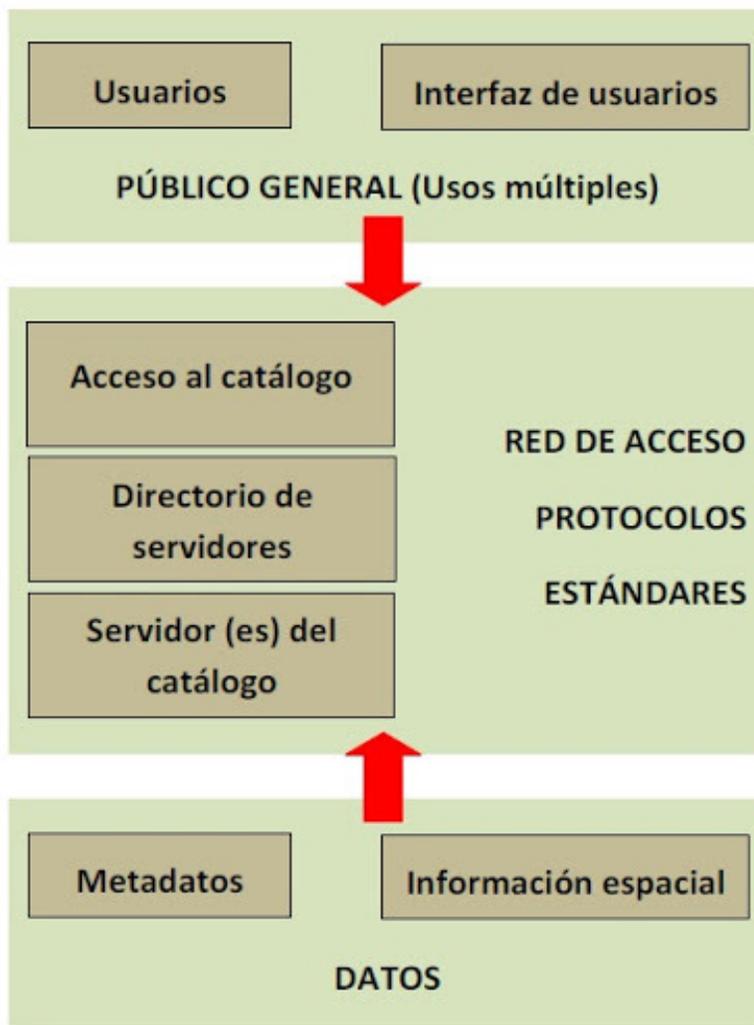


Figura 1. Estructura de las IDEs. Fuente: Crompvoets et. al (2008)

Se considera necesario, por tanto, la proliferación de IDEs temáticas, centradas en un elemento en concreto como puede ser la geología, los usos del suelo o el agua. De la misma manera, Rajabifard (2008) afirma que es necesario, desde todos los niveles de gobierno, así como el sector privado y el académico, realizar nuevos

modelos para la participación conjunta en la aplicación de las IDEs. De esta necesidad nace el proyecto que se está desarrollando en la Fundación IMDEA, y que es la Elaboración de la Infraestructura de Datos Espaciales sobre el Patrimonio Cultural del Agua de la Comunidad de Madrid (IDEagua).

Uno de los aspectos más importantes de las IDEs es su perspectiva de futuro ya que son sistemas que deben actualizarse periódicamente tal y como afirman Delgado Fernández y Cromptvoets (2007), en consecuencia, la creación de una IDE es un proceso dinámico, pues deben ser mantenidas y actualizadas en el tiempo.

Por tanto, las IDEs tal y como afirman del Bosque y Vincent (2011), se han convertido en importantes sistemas telemáticos para el desarrollo de la sociedad de la información, además de ser herramientas estratégicas en la formulación de un amplio abanico de políticas comunitarias, relacionadas fundamentalmente con el medio ambiente, el desarrollo sostenible, la protección y la conservación del patrimonio natural y cultural, entre otras.

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Establecer las bases para la elaboración de la Infraestructura de Datos Espaciales sobre el Patrimonio Cultural del Agua de la Comunidad de Madrid (IDEagua). La base de datos constituirá un punto de partida para la realización de múltiples análisis como la evaluación de la precisión espacial o la vulnerabilidad o pérdida del patrimonio de la Comunidad de Madrid.

2.2 Objetivos Específicos

-Selección de los criterios de extracción de la información espacial relacionada con el patrimonio cultural del agua de la Comunidad de Madrid. Seguir una metodología bien establecida de extracción de información es vital para no introducir errores, tanto espaciales como tipográficos, en la base de datos.

-Realización de la base de datos del patrimonio cultural del agua de la Comunidad de Madrid. Una vez establecidos los criterios se llevó a cabo la extracción de la

información espacial presente en la cartografía histórica empleada. La información se recopiló en cuatro capas vectoriales: puntos, líneas, áreas y topónimos.

-Análisis espacial de los datos obtenidos de la cartografía histórica comparándolos con la cartografía actual (considerada de mejor calidad que los datos históricos). Se realizaron distintos análisis espaciales de la información recopilada con la intención de poder establecer la precisión de las planimetrías empleadas en el desarrollo de esta base de datos.

3 Área de estudio

La Comunidad de Madrid, debido a su estratégica situación geográfica, posee unos territorios tan diferentes como las elevaciones del Sistema Central, la depresión del Tajo y la zona de transición entre ambas (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, 2004).

El clima depende principalmente de la latitud a la que se encuentra la Comunidad de Madrid (40° - 41° Norte) y de su marcada continentalidad pese a tratarse de un clima mediterráneo al encontrarse entre el océano Atlántico y el mar Mediterráneo. Sus rasgos principales por tanto son la estacionalidad de las temperaturas, la irregularidad en las precipitaciones y la sequía estival.

El relieve viene marcado por dos grandes unidades: La Sierra (perteneciente al Sistema Central) y la depresión del Tajo, pudiéndose añadir una tercera, considerada la zona de transición entre ambas. El Pico de Peñalara es la altitud mayor de la Comunidad (2.429 msnm) y la mínima se corresponde al río Alberche en el municipio de Villa del Prado (430 msnm).

Geológicamente, en La Sierra predominan el granito y el gneis (excepto en Somosierra dónde existen rocas metamórficas: pizarras y cuarcitas). En la depresión del Tajo se encuentran tres zonas diferenciadas por su composición litológica: los páramos (calizas, arcillas, yesos, etc.) las campiñas (arenas, margas arenosas, margas yesíferas y arcillas) y las vegas (arenas, gravas y limos). La zona de transición se compone de arcillas, arenas, margas y otros materiales detríticos.

La Comunidad de Madrid forma parte de la cuenca hidrográfica del Tajo. Esta depresión se encuentra rellena de materiales terciarios de los tres márgenes rocosos

que la rodean: Sistema Central por el Norte, Montes de Toledo al Sur y la Cordillera Ibérica al Este (Bustamante et al., 2008). La red hidrográfica madrileña es tributaria del Tajo por su margen derecha, con una serie de afluentes con dirección N-S. Los principales afluentes son los ríos Jarama, Guadarrama y Alberche.

Las aguas subterráneas de la Comunidad se consideran un recurso estratégico de gran importancia, ya que pueden aportar aproximadamente un tercio de los recursos hídricos totales de la misma (Conserjería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, 2004).

4 Metodología

Debido a las dimensiones y variedad de la zona de estudio, se debía dividir en “subzonas”, existiendo varias posibilidades:

- Municipalmente
- Comarcalmente
- Por cuencas hidrográficas

Finalmente, como consecuencia de que la cartografía de mayor detalle utilizada se construyó sobre la división de término municipal, se optó por organizar la extracción de información siguiendo la jerarquía administrativa, dividiendo el conjunto autonómico en las comarcas existentes dentro de la Comunidad de Madrid, con sus correspondientes municipios como unidades mínimas de incorporación de datos. Los municipios de cada comarca poseen características comunes entre sí, que serán útiles a la hora de realizar análisis de los elementos del patrimonio cultural del agua que se encuentren en cada una de ellas.

Por lo tanto, los 179 municipios de la Comunidad de Madrid quedan englobados en 9 comarcas, incluyendo el Área Metropolitana de la Ciudad de Madrid tal y como muestra la figura 2.

4.1 Información de partida

Fuente principal

Para la creación de un nivel con información de referencia histórica de la IDE del patrimonio cultural del agua de la Comunidad de Madrid se han utilizado las planimetrías realizadas por el Instituto Geográfico y Estadístico de España (el actual Instituto Geográfico Nacional) a escala 1:25.000 (Figura 3). Estas planimetrías fueron elaboradas en dos periodos (a finales del siglo XIX el primero y mediados del siglo XX el segundo) con diversas modificaciones o actualizaciones realizadas con posterioridad a su año de elaboración (Figura 4).

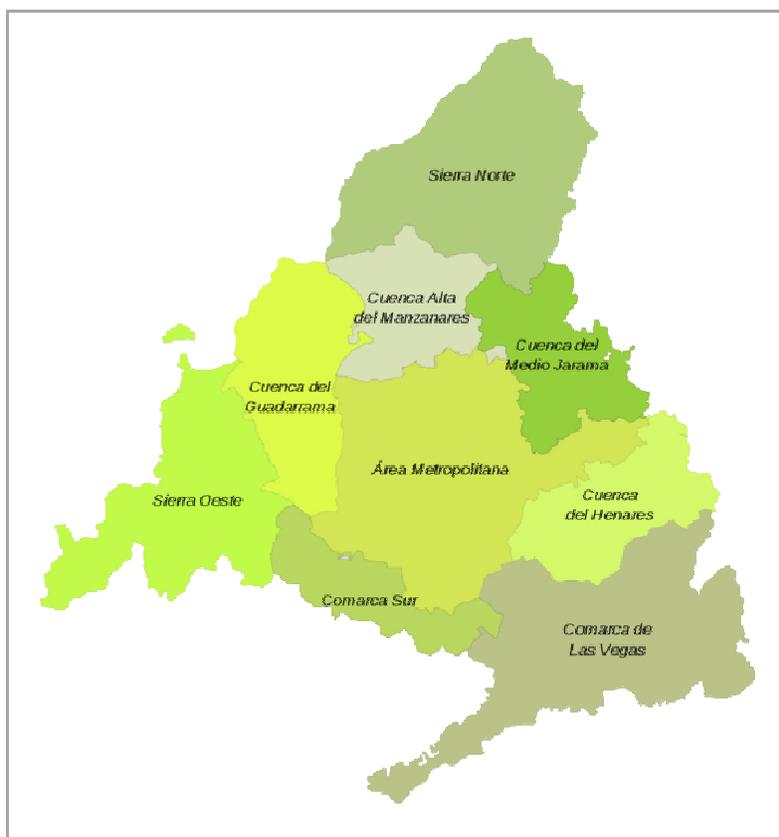


Figura 2. División organizativa del área de estudio.

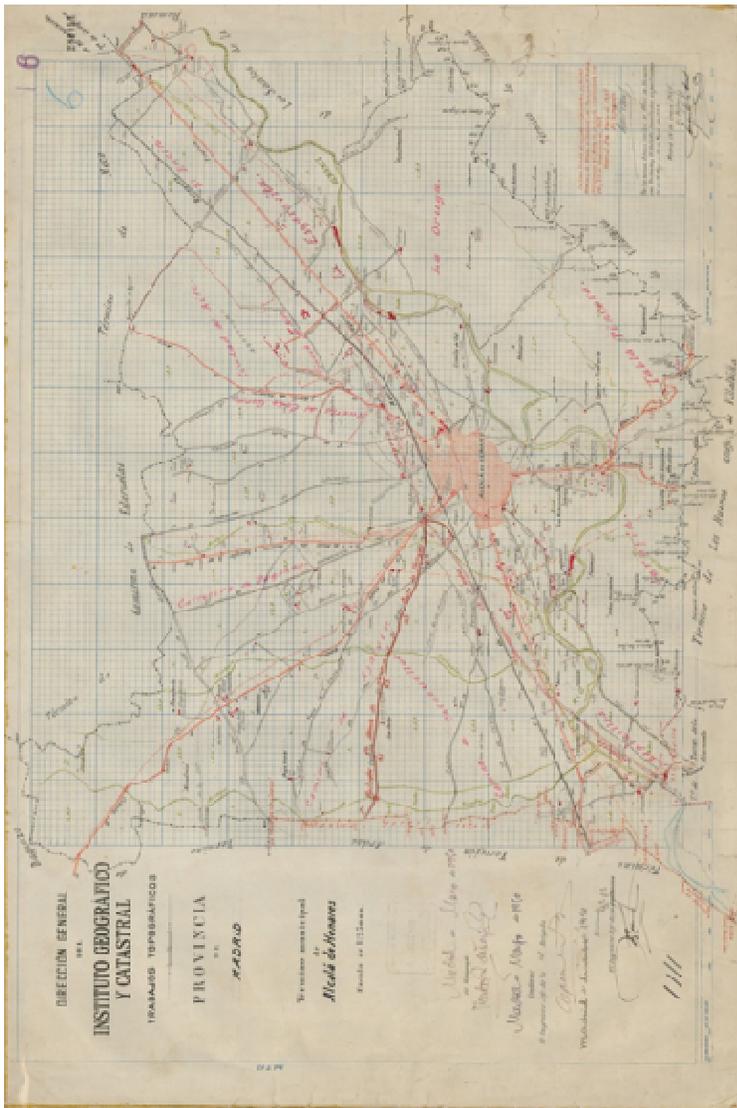


Figura 3. Ejemplo de una planimetría 1:25.000, perteneciente al municipio de Alcalá de Henares. Su año de realización es 1950.

Esta cartografía ha sido la elegida teniendo en cuenta cuándo fueron elaborados los mapas, su escala y el objeto de su estudio, tal y como indican Skaloš et al. (2011) para la elaboración de estudios ambientales y del paisaje. Se eligieron estas planimetrías debido a su elevado grado de detalle que permite obtener gran cantidad de información relacionada con el patrimonio del agua. Por otra parte, tanto su escala

como el momento en el que se crearon son idóneos para la evaluación de la conservación de estos elementos.

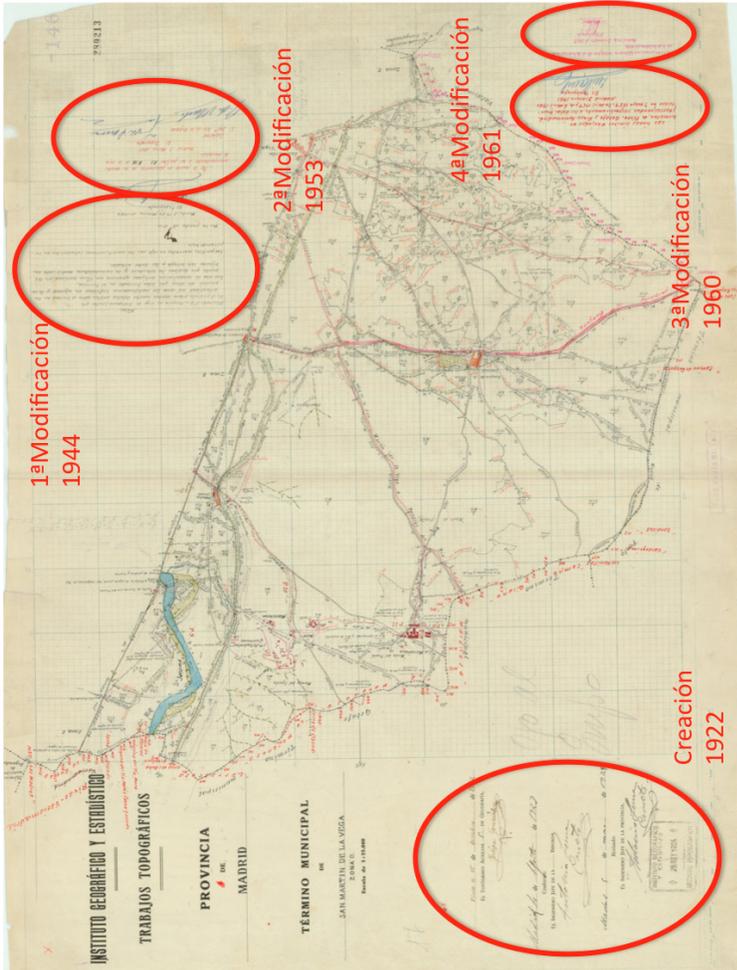


Figura 4. Ejemplo de planimetría con modificaciones posteriores a su realización del municipio de San Martín de la Vega.

La utilización de esta cartografía, no obstante, requiere de un fase importante de reconocimiento de los elementos presentes y la tipografía utilizada, ya que no existen prácticamente leyendas, por lo que ha sido necesario un análisis pormenorizado de todo lo que se iba identificando en estos mapas. Las escasas leyendas encontradas se refieren a los tipos de cultivos presentes en la zona de estudio y algunas referidas a la anchura de los caminos.

Otra de las dificultades que se han observado al trabajar con este tipo de cartografía histórica es el grado de deterioro sufrido. En algunas de ellas hay porciones cuya información no puede ser extraída ya que se han roto, manchado o, incluso, han desaparecido por completo. Por lo que la extracción de información espacial de estos mapas no es una cuestión sencilla, ya que han experimentado el paso del tiempo y el deterioro propio que sufren los mapas cuando no se han conservado de una manera adecuada (Figura 5).



Figura 5. Ejemplos del deterioro sufrido por las planimetrías.

Por último, otra de los problemas a solucionar a la hora de extraer la información espacial es tener en cuenta las distintas adhesiones de municipios colindantes que se han llevado a cabo en la Comunidad de Madrid en los últimos años (como por ejemplo el municipio de Villalbilla, que incluye al ya no existente como tal de Los Hueros). Es importante conocer que municipios se han adherido a otros para no duplicar la información extraída, sobre todo cuando existen mapas de varios años o con actualizaciones posteriores como ocurre en la mayoría de ellos.

Fuentes secundarias

-Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de ultramar (1846-1850) de Pascual Madoz. En este documento se describen los cultivos y los usos del suelo de cada municipio del estado español. Aparece mucha información sobre patrimonio, ganadería, industria...

-Mapas históricos agronómicos de los principales cultivos de la provincia de Madrid (1884). La información de estos mapas será útil a la hora de comprobar pequeñas contradicciones que puedan darse sobre algunos de los cultivos presentes en las planimetrías utilizadas como fuente documental principal.

4.2 Extracción de la información

Tras la exhaustiva revisión de las fuentes de información, tanto la principal como las secundarias, y la revisión de otros estudios sobre cartografía histórica, se pasó a la fase de digitalización de todos los elementos relacionados con el patrimonio cultural del agua de la Comunidad de Madrid.

La digitalización es una de las fases más importantes de la realización de los bancos de datos que compondrán una infraestructura de datos espaciales, ya que una buena digitalización marcará la calidad de los análisis posteriores que se realicen de los mismos.

Para la extracción de la información espacial existente en la cartografía histórica se decidió digitalizar en cuatro tipos de información: puntos, líneas, polígonos y toponimia. Se ha sido bastante exhaustivo en esta fase en parte gracias a la buena calidad de las planimetrías utilizadas. En otros estudios no ha sido posible o no se ha

requerido dividir la información en cuatro tipos como por ejemplo en el estudio realizado por Skaloš et al. (2011) en la República Checa, usando mapas militares históricos (siglos XVIII y XIX) en la que sólo digitalizaron líneas y polígonos.

Capas de información

-Puntos: en esta capa aparecen los elementos cuyo tamaño es inferior a la unidad mínima cartografiable del mapa y aquellos que fueron representados como un símbolo en las planimetrías (Figura 6). En este caso serán aquellos cuya superficie sea inferior a unos 15.000 m², utilizando la unidad mínima cartografiable más usada internacionalmente de 5 x 5 mm. (Salitchev, 1979 en Priego et al., 2008). Existen más de 100 tipos distintos de puntos, pudiéndose distinguir:

- Captación de agua: pozo, fuente, noria...
- Transporte de agua: acequia, acueducto, esclusa, sifón...
- Almacenamiento de agua: depósito, estanque, presa...
- Usos del agua: lavadero, molino, huerta, balneario, fábrica...

-Líneas: son todos aquellos elementos cuya anchura es prácticamente insignificante con respecto a su longitud (Figura 6).

- Agua: acequias, caceras, puentes, barcas...
- Vías de comunicación: caminos, carreteras...
- Vías pecuarias: cañadas
- Infraestructuras: líneas eléctricas

-Polígonos: la mayoría de los elementos que aparecen en esta categoría se relacionan con los cultivos adyacentes a las infraestructuras hidráulicas, aunque también se incluyen otros como embalses, lagunas o núcleos urbanos. La información se determina gracias a las escasas leyendas existentes (Figura 7) y a la revisión de otras fuentes documentales.

-Toponimia: es una capa de puntos en la que aparecen lugares relacionados con el patrimonio del agua que posean un nombre propio, o cualquier otro elemento cuyo nombre tenga alguna connotación sobre el agua. Determinar el significado que poseía el léxico en que se basan los nombres de lugar, es importante ya que se pueden extraer conclusiones de enorme interés para la reconstrucción de la historia local y regional (Gordón Peral, 2011). A continuación se muestran dos imágenes dónde se puede observar los elementos identificables como toponimia (Figura 8).

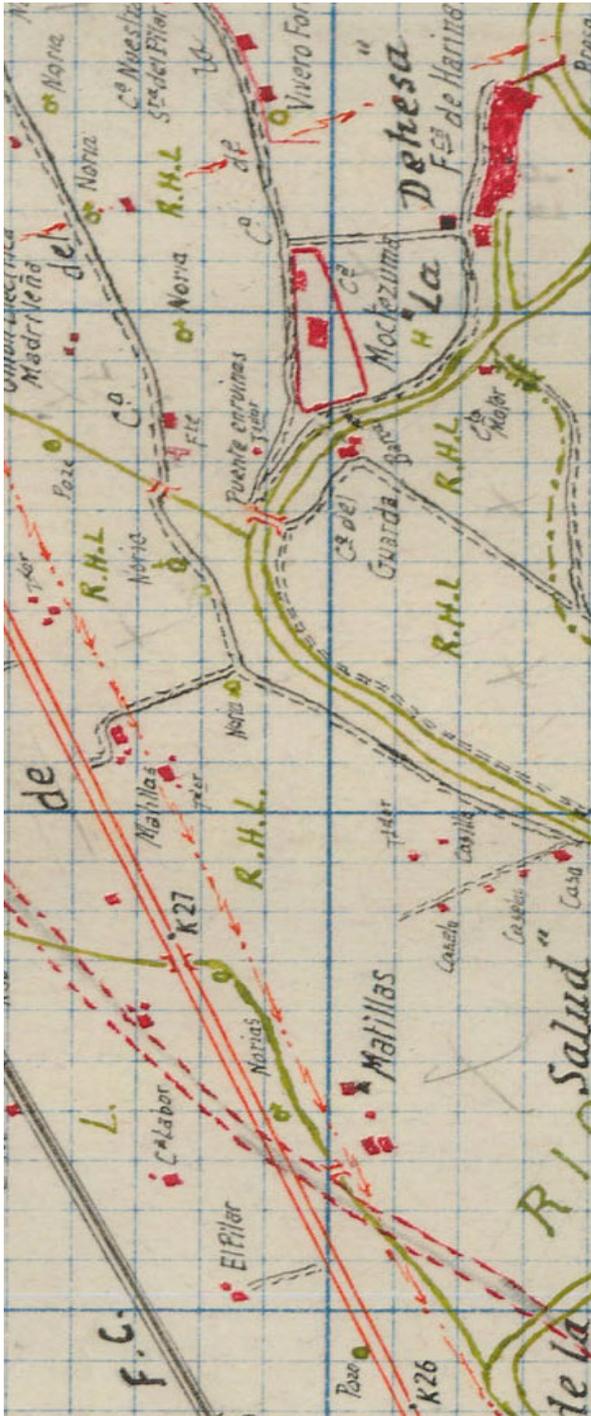


Figura 6. Ejemplos de algunos puntos y líneas en las planimetrías.

Detalles de las diferentes masas de cultivos

N.º de las masas	Nombre de la masas	Detalles
1	R. 3 T. 2	Regadio mediante el conducto de largo depósito de agua y regueros al agua en el pie de la oropisa de los cerros de Valle, Almorque y Cerro de la Cruz, recorriendo hasta las oropisas.
2	R. 5 T. 1	Reguero mediante bombas, tuberías y puentes de hierro de la oropisa de pie de la oropisa de los cerros de Valle.
3	R. 4 y 11 T. 1	Sección de riego en el cerro y Almorque de la oropisa de Valle y el Cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
4	R. 1 T. 3	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque, que también por las pendientes de la oropisa de Valle, Almorque y Cerro de la Cruz, se utiliza para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
5	R. 1, 2, 3 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque, que también por las pendientes de la oropisa de Valle, Almorque y Cerro de la Cruz, se utiliza para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
6	R. 1, 2, 3 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque, que también por las pendientes de la oropisa de Valle, Almorque y Cerro de la Cruz, se utiliza para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.

Masas de Cultivo

N.º de las masas	Nombre de las masas	Detalles
1	R. 1 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
2	R. 2 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
3	R. 3 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
4	R. 4 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
5	R. 5 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
6	R. 6 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
7	R. 7 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
8	R. 8 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
9	R. 9 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
10	R. 10 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
11	R. 11 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
12	R. 12 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
13	R. 13 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
14	R. 14 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
15	R. 15 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
16	R. 16 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
17	R. 17 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
18	R. 18 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
19	R. 19 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
20	R. 20 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.
21	R. 21 T. 1	Sección de riego en el cerro de la Cruz para la fabricación de carbón de leña, carbón y coque.

Figura 7. Leyenda sobre las masas de cultivo.

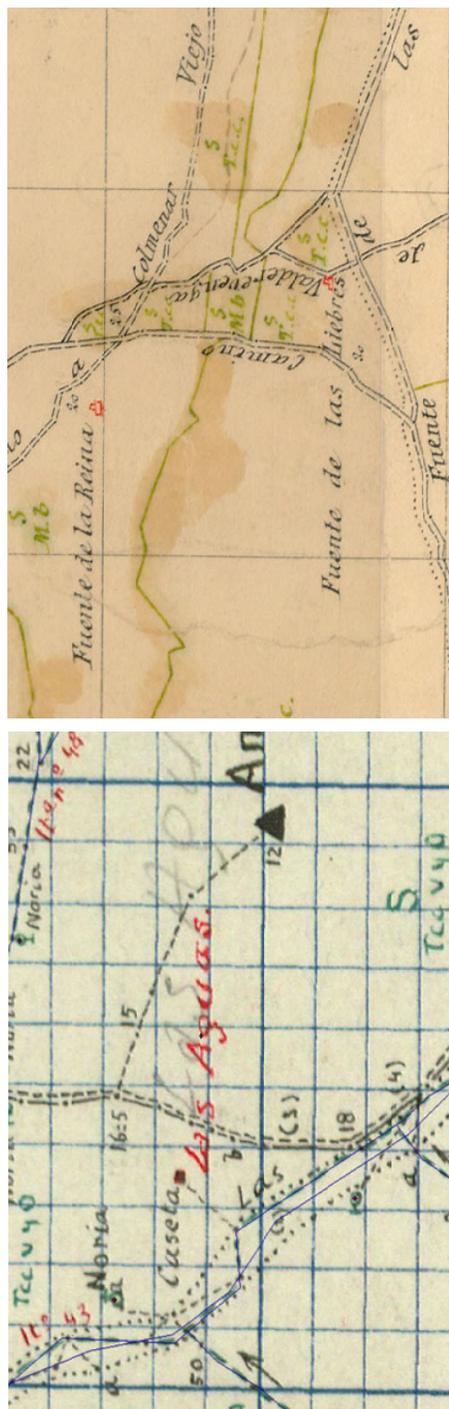


Figura 8. Ejemplos de topónimos.

4.3 Análisis espacial

Se han llevado a cabo unos análisis espaciales de los datos extraídos de las planimetrías. Los análisis se han realizado en tres de las comarcas que forman parte de la zona de estudio, ya que pretenden evaluar el grado de precisión obtenido y su adecuación para posteriores estudios espaciales del patrimonio del agua. Las comarcas elegidas han sido la Sierra Oeste y la Cuenca del Guadarrama por un lado (como la primera “subzona” de estudio) y la Cuenca del Henares por otro.

Se ha realizado un análisis de regresión para comparar las coordenadas de la cartografía histórica y la actual, para conocer el grado de precisión de las primeras respecto a las de referencia. Además de esta regresión, se ha calculado la distancia real que separa los puntos pertenecientes a la cartografía histórica con su correspondiente actual. Teniendo en cuenta que las planimetrías fueron hechas sin el uso de aparatos digitales de posicionamiento es probable que existan diferencias importantes.

5 Resultados

El primer resultado que se ha obtenido de todo este trabajo ha sido una gran base de datos homogeneizada en la que aparecen todos los elementos e infraestructuras relacionadas con el patrimonio del agua en la Comunidad de Madrid. Con esto ya se dispone de una de las partes más importantes de una IDE, que son los datos espaciales históricos que van a formar parte de la misma. Esta base de datos estará formada por información en forma de puntos (dos capas: puntos y toponimia), líneas y polígonos.

Es necesaria una valoración posterior de todos estos elementos para constatar las medidas que van a necesitar cada uno de ellos. Habrá algunos en los que por su importancia, belleza o singularidad sea necesaria una protección y una posible restauración, dependiendo de su estado de conservación. Otros, sin embargo, necesitarán otro tipo diferente de medidas (señalización, puesta en valor...). Es por todo esto, por lo que es necesaria una evaluación individual y contextualizada de cada uno de ellos.

Otro de los resultados que ya pueden ser extraídos de esta base de datos es la realización de mapas temáticos del patrimonio cultural del agua de la Comunidad de Madrid. Para la realización de la simbología de estos mapas sobre el patrimonio del agua se han tenido en cuenta algunos estudios, como los realizados por Hermosilla y Pascual (2005) sobre el regadío histórico en el Mediterráneo. A continuación se muestra alguno de ellos, pertenecientes a los municipios de Las Rozas (Figura 9) y de Colmenar Viejo (Figura 10).

LAS ROZAS

COMUNIDAD DE MADRID

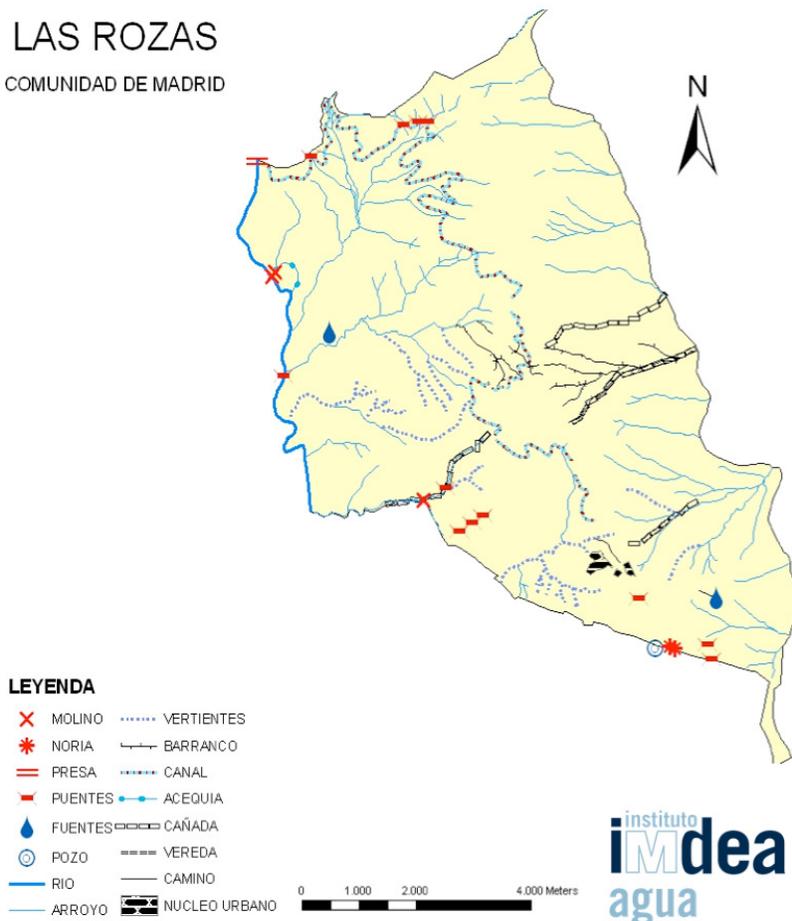


Figura 9. Mapa del patrimonio del agua de Las Rozas.

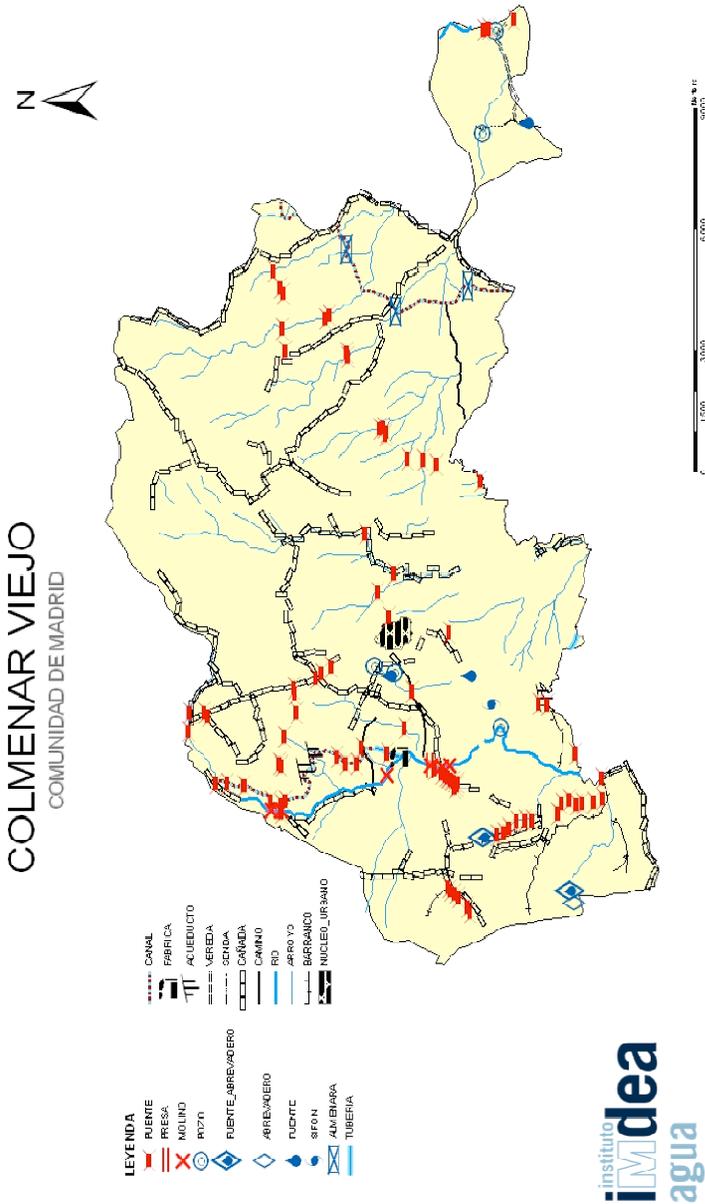


Figura 10. Mapa del patrimonio del agua de Colmenar Viejo.

Por último, además de la base de datos y los mapas generados a partir de la misma, se han realizado una serie de análisis espaciales en las Comarcas de Sierra

Oeste y Cuenca del Guadarrama. Estos análisis tienen como finalidad determinar las similitudes entre los mapas históricos y los actuales usando para ello las coordenadas UTM de los puntos digitalizados.

Se analizaron, mediante un gráfico de regresión lineal, las coordenadas "x" e "y" de cada punto, comparándose la histórica con la actual. De este modo se puede valorar el grado de semejanza entre ellos, gracias al coeficiente de regresión lineal: R^2 (Figura 11). Los valores obtenidos se encuentran muy próximos al mejor ajuste ($R^2= 1$) tal y como puede comprobarse en la figura siguiente. No obstante, hay que ser conscientes de la magnitud del tipo de datos tratados (coordenadas UTM).

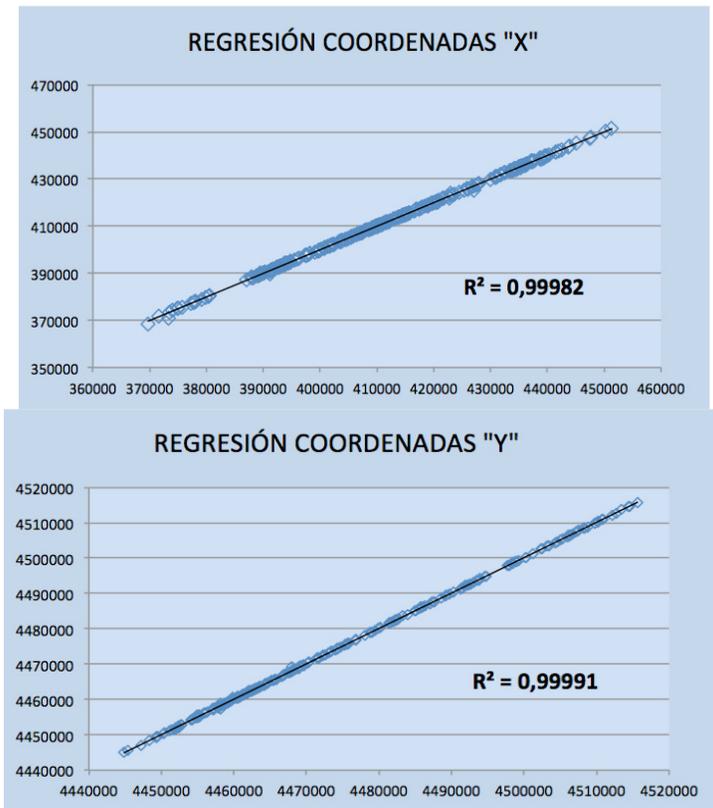


Figura 11. Gráficos de regresión de las coordenadas "x" e "y".

Las coordenadas UTM (“x” e “y”) al tener 6 y 7 órdenes de magnitud respectivamente, son cifras muy altas para que las diferencias de varias decenas de metros que se han obtenido sean relevantes en un análisis de regresión de este tipo.

Por tanto, a continuación se ha calculado la diferencia de posición, en metros, con respecto a los ejes de coordenadas (ejes “x” e “y”) de una serie de puntos seleccionados de los mapas históricos tomando como punto central su posición actual. La distancia media obtenida para la coordenada “x” presenta un valor de 105,53 m, mientras que para el eje “y” el valor obtenido es mayor: 130,05 m. La diferencia de posición real (error) se obtiene calculando la hipotenusa definida por la distancias “x” e “y” de cada punto. El valor medio resultante es de 188,41 m. En la figura 12 se observa una similitud entre la mayoría de estas distancias, existiendo alguna excepción fácilmente identificable.

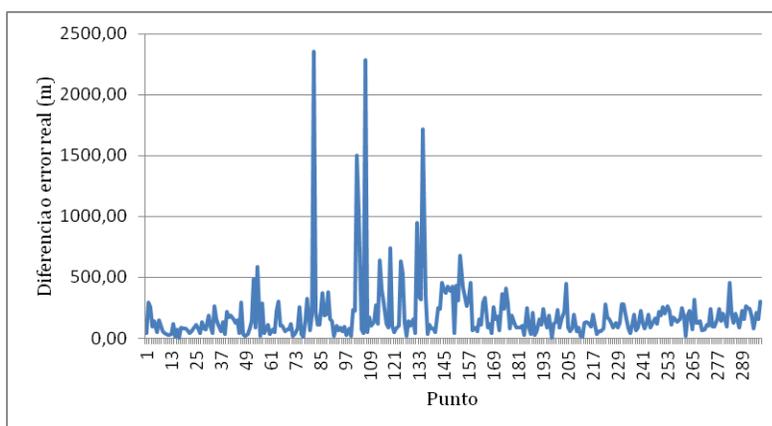


Figura 12. Distancias reales entre los puntos analizados.

Se ha realizado un análisis de valores atípicos de las distancias reales obtenidas, detectándose un total de 17 de un total de 298 valores. Estos valores atípicos pueden atribuirse a varias razones: errores propios a la hora de realizar el tratamiento de estos mapas (como el escaneado, la georreferenciación o la digitalización posterior) o errores de tipo topográficos, ya que la cartografía histórica utilizada son planimetrías (no tienen en cuenta el relieve) y no mapas topográficos. La distancia media una vez extraídos los elementos de valores atípicos es de 143

metros (143,03m), de esta manera el error se reduce un 25% con respecto al uso de valores atípicos. También se ha elaborado un histograma de las distancias calculadas, sin incluir los valores atípicos, observándose que el 61,92% de los datos poseen un error por debajo de los 150 metros, mientras que sólo el 2,14% de los datos obtienen errores superiores a 400 metros.

Se ha realizado un último análisis para constatar la importancia del grado de accidentalidad del relieve en la precisión espacial de estas planimetrías. Para ello se ha realizado un análisis similar al anterior, pero esta vez en la Cuenca del Henares, un lugar de un relieve más regular y plano que la anterior zona estudiada. Los resultados obtenidos en la comparación de las coordenadas UTM entre los elementos patrimoniales actuales y los extraídos de la cartografía histórica dan resultados cercanos al máximo posible ($R^2=1$), al igual que ocurría en la primera zona de estudio.

Sin embargo, en cuanto a los errores medios entre coordenadas los resultados son mejores que en la anterior zona de estudio, ver tabla resumen (Tabla 1), constatándose la relevancia que tiene el relieve a la hora de evaluar la precisión espacial de este tipo de mapas históricos. La diferencia espacial de la coordenada “x” es de 29,84 m mientras que para la “y” es de 26,85 m. El error de posición real media entre los elementos patrimoniales analizados en la Cuenca del Henares ha sido de 45,14 m, aproximadamente un 75% inferior al error obtenido en la primera zona de estudio. Al igual que en la zona de estudio anterior se ha realizado un análisis de los datos atípicos de la serie de valores, observándose sólo dos atípicos. Una vez extraídos de la serie, el error medio de posición real ha disminuido hasta los 41,04 m.

Tabla 1 Resumen de las distancias (m) obtenidas en las dos zonas de estudio

Zona de estudio	Sierra Oeste y Cuenca del Guadarrama	Cuenca del Henares
Diferencia “x”	105,53	29,84
Diferencia “y”	130,05	26,85
Distancia Real	188,41	45,14
Distancia Real (Sin atípicos)	143,03	41,04

Por último se realizó un histograma de los datos (excluyendo los valores atípicos) en el que puede observarse que más de 70% (71,70%) de los datos se encuentran por debajo de los 60 m de distancia (Figura 13).

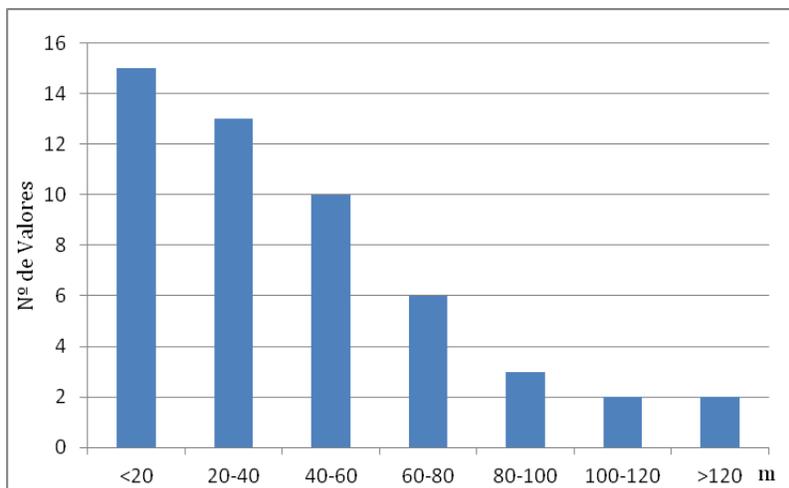


Figura 13. Histograma de las distancias (m) entre puntos históricos y actuales.

5 Conclusiones

La utilización de mapas históricos supone un componente base muy útil para analizar la evolución de los elementos del patrimonio del agua en particular y del paisaje en general. Esta cartografía necesita un estudio espacial pormenorizado para comprobar la precisión de los elementos cartografiados. La precisión espacial de las planimetrías empleadas posee unos errores regulares, aunque se ha demostrado que en aquellas zonas en las que existen mayores contrastes altimétricos, los errores son mayores que en zonas más llanas.

Es muy importante realizar un pormenorizado estudio previo de la cartografía utilizada para evitar confusiones entre todos los elementos presentes en los mapas históricos. La ausencia de leyendas (y cualquier otro tipo información adicional) en la mayoría de las planimetrías, complican la comprensión y hacen esencial el trabajo previo de revisión de las distintas simbologías y tipografías usadas.

Una vez que estos datos estén completamente analizados supondrán la base cartográfica principal de la IDE del patrimonio del agua de la Comunidad de Madrid, que se registrará por la normativa europea para la normalización de la información espacial y su accesibilidad para los usuarios.

Agradecimientos

Al Programa: Formación del Profesorado Universitario (FPU). Universidad de Alcalá.

Bibliografía

Crompvoets, J., Rajabifard, A., van Loenen, S., Delgado Fernández, T. (2008): A Multi-View Framework to Assess SDIs. Published jointly by Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University and Centre for SDIs and Land Administration, Department of Geomatics, The University of Melbourne.

de Bustamante, I., Iglesias, J.A., López-Camacho, B. (2008). Los viajes de agua en la Cuenca de Madrid. Las galerías drenantes en España: análisis y selección de qanat(s). Gestión tradicional del agua, patrimonio cultural y sostenibilidad. Número 2. Valencia. 145-166 pp.

del Bosque González, I., Vincent García, J.M. (2011). Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y el patrimonio histórico. Constitución y objetivos del GTT-PAH. La difusión del patrimonio: los servicios de mapas. Revista ph, Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico, 77. 142-144 pp.

Delgado Fernández, T., J. Crompvoets (2007). Infraestructuras de Datos Espaciales en Iberoamérica y el Caribe, Habana, Cuba: IDICT.

Hermosilla, J., Pascual, J.A. (2005). Mapping the past and present of our heritage: Cartographic representation of traditional mediterranean irrigation systems. XXII International Cartographic Conference.

Latre, M.A., López-Pellicer, F.J., Noguera-Iso, J., Béjar, R., Zaragoza-Soria, J., Muro-Medrano, P. (2013). Spatial Data Infrastructures for environmental e-government services: the case of water abstraction authorisations. Environmental Modelling & Software, 48, 81-92 pp.

Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España.

- Gordón Peral, M.D. (2011). La memoria de los lugares: la toponimia. La cartografía como fuente de información para la investigación patrimonial. *Revista ph, Instituto Andaluz de Patrimonio Histórico*, 77. 90-91 pp.
- Nebert, DD. (2004): *Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook*. Global Spatial Data Infrastructure Association.
- Rajabifard, A. (2008). *A Spatial Data Infrastructure for a Spatially Enabled Government and Society. A Multi-View Framework to Assess SDIs, Space for Geo-Information (RGI)*. Published jointly by Space for Geo-Information (RGI), Wageningen University and Centre for SDIs and Land Administration, Department of Geomatics, The University of Melbourne. 11-22 pp.
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., Garrido, A. (2008). *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes. Fundamentos y métodos*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental y Universidad Nacional Autónoma de México. México, 98pp.
- Skaloš, J., Weber, M., Lipský, Z., Trpáková, I., Šantrůčková, M., Uhlířová, L., Kukla, P. (2011). *Using old military survey maps and orthophotograph maps to analyse long-term land cover changes – Case study (Czech Republic)*. BOE (2007). Real Decreto 1620/2007 DECRETO 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. BOE 294 (8 de diciembre 2007): 50639-50661.