

La gestión adaptativa del patrimonio hidráulico como estrategia para las ciudades sensibles al agua: el caso de la Quinta de Torre Arias (Madrid, España)

Adaptive management of water heritage as a strategy for water-sensitive cities: the case of Quinta de Torre Arias (Madrid, Spain)

Ángela Lara García

Universidad de Sevilla

Sevilla, España

anglarga@us.es

ORCID: 0000-0001-7923-9695

Información del artículo

Recibido: 5/10/2023

Revisado: 28/02/2024

Aceptado: 09/05/2024

Online: 31/01/2025

Publicado: 10/04/2025

ISSN 2340-8472

ISSNe 2340-7743

DOI [10.17561/at.26.8317](https://doi.org/10.17561/at.26.8317)

RESUMEN

Se presentan los trabajos para la elaboración de las "Directrices de Actuación para la Gestión del Agua" del Plan Director de la Quinta de Torre Arias, una finca productiva y de recreo recuperada para uso público por el Ayuntamiento de Madrid (España). El objetivo es proteger el patrimonio natural y cultural de la Quinta, del que el agua constituye un elemento clave, a través de una metodología de gestión adaptativa de los recursos hídricos y el patrimonio hidráulico. Este trabajo constituye un ejemplo novedoso de mejora de la resiliencia urbana frente a los riesgos hidroclimáticos a través de la adaptación de las infraestructuras del patrimonio hidráulico a los nuevos retos del ciclo urbano del agua. La propuesta, combinando la lógica de los sistemas tradicionales con alternativas innovadoras, contiene un gran potencial para la consecución de *ciudades sensibles al agua*, que se explora en este trabajo.

PALABRAS CLAVE: Gestión adaptativa, Patrimonio hidráulico, Ciudades sensibles al agua, Gestión integrada de recursos hídricos.

ABSTRACT

The paper presents the works to elaborate the "Action Guidelines for Water Management" of the Quinta de Torre Arias Master Plan, a productive and recreational property recovered for public use by the City Council of Madrid (Spain). The aim is to protect the natural and cultural heritage of the Quinta, of which water is a key element, through a methodology of adaptive management of water resources and water heritage. This work is an original example of improving urban resilience to hydro-climatic risks through the adaptation of water heritage infrastructures to the new challenges of the urban water cycle. The proposal, combining the logic of traditional systems with innovative alternatives, offers a great potential for the development of water-sensitive cities, which is explored in this paper.

KEYWORDS: Adaptive management, Water heritage, Water-sensitive cities, Integrated Water resources management.



© Universidad de Jaén (España).

Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

Gestão adaptativa do património hidráulico como estratégia para cidades sensíveis à água: o caso da Quinta de Torre Arias (Madrid, Espanha)

RESUMO

Apresenta-se o trabalho para a elaboração das "Directrizes de Ação para a Gestão da Água" do Plano Diretor da Quinta de Torre Arias, uma propriedade produtiva e recreativa recuperada para uso público pela Câmara Municipal de Madrid (Espanha). O objetivo é proteger o património natural e cultural da Quinta, do qual a água é um elemento fundamental, através de uma metodologia de gestão adaptativa dos recursos hídricos e do património hidráulico. Este trabalho é um exemplo inovador de melhoria da resiliência urbana aos riscos hidro-climáticos através da adaptação das infra-estruturas do património hídrico aos novos desafios do ciclo urbano da água. A proposta, que combina a lógica dos sistemas tradicionais com alternativas inovadoras, contém um grande potencial para a realização de cidades sensíveis à água, que é explorado neste artigo.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão adaptativa, Património hídrico, Cidades sensíveis à água, Gestão integrada dos recursos hídricos.

Gestion adaptative du patrimoine hydraulique en tant que stratégie pour les villes sensibles à l'eau: le cas de Quinta de Torre Arias (Madrid, Espagne)

RÉSUMÉ

Le travail d'élaboration des "Lignes directrices pour la gestion de l'eau" du Plan Général de la Quinta de Torre Arias, un domaine productif et récréatif récupéré pour l'usage public par le Conseil municipal de Madrid (Espagne), a été présenté. Son objectif est de protéger le patrimoine naturel et culturel de la Quinta, dont l'eau est un élément clé, grâce

à une méthodologie de gestion adaptive des ressources en eau et du patrimoine hydraulique. Ce travail est un nouvel exemple d'amélioration de la résilience urbaine exposée aux risques hydro-climatiques grâce à l'adaptation des infrastructures du patrimoine hydraulique aux nouveaux défis du cycle urbain de l'eau. Nous explorons dans ce travail une proposition, combinant la logique des systèmes traditionnels avec des alternatives innovantes, ce qui offre un grand potentiel pour la réalisation de villes sensibles à l'eau.

MOTS-CLÉS: Gestion adaptative, Patrimoine hydrique, Villes sensibles à l'eau, Gestion intégrée des ressources en eau.

Gestione adattativa del patrimonio idraulico come strategia per le città sensibili all'acqua: il caso di Quinta de Torre Arias (Madrid, Spagna)

SOMMARIO

Viene presentato il lavoro svolto per l'elaborazione delle "Linee guida per la gestione dell'acqua" del Piano regolatore di Quinta de Torre Arias, una tenuta agricola e ricreativa recuperata per uso pubblico dal Comune di Madrid (Spagna). L'obiettivo è proteggere il patrimonio naturale e culturale di Quinta, di cui l'acqua è un elemento chiave, attraverso una metodologia di gestione adattiva delle risorse idriche e del patrimonio idraulico. Questo lavoro è un esempio inedito di miglioramento della resilienza urbana ai rischi idro-climatici attraverso l'adattamento delle infrastrutture del patrimonio idrico alle nuove sfide del ciclo idrico urbano. La proposta, che combina la logica dei sistemi tradizionali con alternative innovative, contiene un grande potenziale per la realizzazione di città sensibili all'acqua, esplorato in questo lavoro.

PAROLE CHIAVE: Gestione eco- adattativa, Patrimonio idrico, Città sensibili all'acqua, Gestione integrata delle risorse idriche.

Introducción

El agua es un recurso imprescindible para la vida, cargado de potencialidades, a la vez que una fuente de conflictos, riesgos y amenazas. Su escasez, irregularidad intra e interanual, insuficiente calidad o torrencialidad han obligado a la humanidad desde el origen de los asentamientos urbanos a intervenir sobre el medio hídrico, regulando, canalizando, almacenando, levantando sistemas de defensa y elaborando complejos sistemas de normas para su uso, aprovechamiento, distribución y protección. Tal y como nos recuerda Irina Bokova, directora general de la UNESCO entre 2009 y 2017:

“Desde el principio de los tiempos, la humanidad ha buscado fuentes de agua para mantener la vida, la salud y los ecosistemas de los que depende. Esto es especialmente cierto hoy en día”¹.

Pero más allá de estos aspectos materiales esenciales, el agua ha tenido, y sigue teniendo muy frecuentemente, una potente dimensión simbólica, tanto para la construcción de la imagen y el sentido de la ciudad, como para el sentimiento de pertenencia y la memoria colectiva de su población². Dado su papel esencial para el sostenimiento de las sociedades, en torno al agua se han creado estructuras socioeconómicas, políticas y culturales, siendo un elemento clave en la configuración del territorio y, especialmente, de los asentamientos de población³.

Actualmente, estos complejos y diversos sistemas del pasado son un marco para la preservación y adaptación a las nuevas demandas de los sistemas actuales⁴. Como consecuencia de los procesos de urbanización del territorio, se generan cambios en la capacidad de infiltración del suelo y en los flujos del ciclo urbano del agua, de modo que su gestión se enfrenta en la actualidad a importantes retos que el entorno social y biofísico imponen. En un contexto de cambio climático, donde se evidencia la intensificación del riesgo de inundaciones, sequías y olas de calor, se hace necesaria la adopción de estrategias que mejoren la resiliencia del patrimonio natural y cultural de las ciudades, como elemento fundamental en la adaptación climática, donde la gestión del agua resulta un vector clave⁵.

En este marco, el concepto de *ciudad sensible al agua* pretende desarrollar un nuevo enfoque que integre en el espacio urbano elementos dedicados al agua y que promueva la implantación de alternativas sostenibles, adaptándose a las características del contexto natural y social, protegiendo los ecosistemas naturales, optimizando el uso de los recursos hídricos y, por tanto, minimizando los impactos hidrológicos del desarrollo urbano en su entorno ambiental⁶. De esta manera, se busca promover una *nueva cultura del agua* en el ámbito urbano que ponga en valor y proteja este recurso, propiciando un cambio de paradigma hacia una verdadera sostenibilidad, orientado a una consideración ecosistémica y patrimonial del agua⁷.

Si bien cada vez más organismos internacionales van destacando el papel fundamental del patrimonio en estos retos que actualmente afronta la gestión del agua⁸, tanto la academia, como los responsables políticos y la ciudadanía en general, han concebido el agua y el patrimonio como ámbitos separados, representados por organizaciones y sectores diferentes. La capacidad del patrimonio vinculado al agua para conectar presente, pasado y futuro, así como su rol en el desarrollo espacial, la configuración del paisaje y la planificación urbana⁹, permanecen aún infravalorados y poco explotados¹⁰. Sin embargo, las inversiones en la rehabilitación funcional del patrimonio hidráulico se demuestran cada vez más claramente como mecanismos eficientes para mejorar la resiliencia de las ciudades frente a los riesgos hidro-climáticos, además de garantizar su supervivencia y sostenibilidad en el tiempo¹¹.

La investigación que se presenta se centra en la aplicación de estos principios en el caso de las actuaciones para la adecuación, protección y mantenimiento del jardín de la Quinta de Torre Arias (QTA), una finca productiva y de recreo que data del siglo XVI, con una superficie de 19,3 ha y situada en el barrio de Canillejas, al noreste de la ciudad de Madrid (España) (Mapa 1). Concretamente, se presenta parte de los resultados del proyecto de transferencia “Directrices y actuaciones para la gestión del ciclo integral del agua en la restauración del Jardín de la Quinta de Torre Arias (Madrid)”, dirigido por la autora, como miembro del equipo de redacción del Plan Director de la QTA (PDQTA), promovido por la

¹ Bokova, 2015, 9.

² Martos-Núñez; Martos-García, 2015.

³ Bolòs, 2023. Lara, 2018. Granero, 2002.

⁴ Hein, 2020.

⁵ Arrojo, 2022.

⁶ Suárez et al., 2014.

⁷ FNCA, 2021.

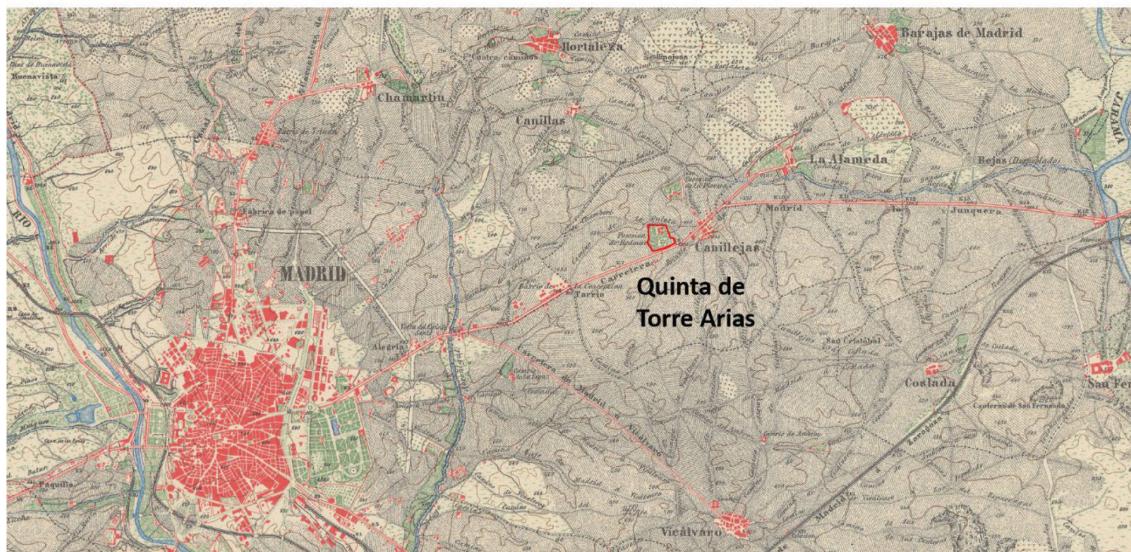
⁸ UNESCO, 2011. ICOMOS, 2013. WWC, 2016. IPCC, 2019.

⁹ Negre; Martí, 2023.

¹⁰ Hunter, 2020.

¹¹ Hein, 2020.

Mapa 1. Plano de situación de la Quinta de Torre Arias en su contexto actual (arriba) y en la litografía del Instituto Geográfico y Estadístico de 1875 (abajo)



Fuente: elaboración propia sobre bases cartográficas del IGN.

Dirección General del Agua y Zonas Verdes del Ayuntamiento de Madrid para la restauración de dicho jardín. Este Plan aborda el reconocimiento y la puesta en valor de este legado, recuperado para el uso público en el año 2016, dando solución a los muy diversos desafíos originados por la potencialidad ecológica y los valores culturales que alberga la Quinta, sujetos a una intensa demanda social en el futuro. Establece un modelo diferenciado de gestión social, medioambiental y patrimonial, dentro del cual la *nueva cultura del agua*, con la gestión integral de los recursos hídricos y la recuperación y puesta en valor del patrimonio hidráulico, juegan un papel fundamental.

Uno de los principales valores patrimoniales de estos jardines se encuentra precisamente en los ancestrales

viajes de agua, que los riegan al menos desde el siglo XVII, encontrándose en la QTA el último de ellos que continúa activo en la ciudad de Madrid, el Viaje de Agua de la Minaya. Los viajes de agua son conducciones subterráneas construidas en época musulmana (siglo IX) que permitieron canalizar y transportar el agua que contenía el nivel freático a las fuentes ubicadas en la ciudad de Madrid, y que fueron el principal medio de suministro de agua a la ciudad desde su fundación hasta la creación del Canal de Isabel II en el siglo XIX¹².

Se presenta este caso de estudio como un ejemplo innovador de *gestión adaptativa del patrimonio hidráulico*, entendida como estrategia de mejora de la resiliencia

¹² Pinto, 2010.

urbana frente al cambio climático a través de la adecuación funcional de las infraestructuras del patrimonio hidráulico. En este sentido, el interés de la QTA reside tanto en la importancia de su patrimonio hidráulico, como en que resulta un claro reflejo del modo en que el agua condiciona la configuración espacial de los asentamientos humanos.

El arroyo del Tranco (afluente del arroyo de las Rejas, en la cuenca del Jarama) y el acuífero aluvial sobre el que se sitúa la ciudad, han abastecido a la Quinta de los recursos que han permitido el desarrollo de la vegetación y fauna que constituyen un importante patrimonio natural desde sus orígenes hasta la actualidad. Esta riqueza ecosistémica, pero también la función social y productiva que ha cumplido este espacio, se sustentan en la presencia de agua, convertido este elemento en soporte del patrimonio natural y cultural de la Quinta. Así mismo, todas las infraestructuras hidráulicas surgidas en torno a este elemento (viajes de agua, pozos, norias, estanques, caceras, acequias, puentes, etc.) son parte esencial del patrimonio de la Quinta.

Objetivos y metodología

Como hemos mencionado, en la QTA el agua constituye un elemento clave en la comprensión de sus valores patrimoniales, así como en la construcción del sentimiento de identidad de la población del entorno en relación con este espacio. La gestión del agua en la finca, como elemento fundamental para el establecimiento allí de la propiedad, adopta un enfoque integral que se refleja en la concepción y diseño del conjunto, produciéndose, a través de los elementos que componen el patrimonio hidráulico, una interesante conexión entre los diferentes ámbitos espaciales y funcionales de la Quinta. Estos elementos provienen además de una cultura tradicional de gestión del agua cuyos principios resultan coherentes con los de la *nueva cultura del agua*: adaptación a las condiciones del contexto, dimensionamiento de la demanda en función a los recursos disponibles y organización del sistema para un mejor aprovechamiento de dichos recursos.

En base a estas premisas, se propone un marco de intervención basado en los principios de las *ciudades sensibles al agua*, cuyo objetivo fundamental es proteger los ecosistemas naturales y optimizar el uso del agua a través de una gestión integrada de los recursos hídricos de la QTA, adoptando como soporte material de la actuación el patrimonio hidráulico existente. Para ello la

propuesta adopta un enfoque integral sobre el conjunto de los elementos del patrimonio hidráulico de la Quinta, proponiendo soluciones de compromiso que permitan la recuperación de estos bienes, tanto desde el punto de vista físico como funcional, aunando criterios de conservación del patrimonio natural y cultural existente. Resulta en este sentido fundamental la intervención para la recuperación de los viajes de agua, y especialmente el mantenimiento del Viaje de Agua de la Minaya, como último y único viaje de agua que en la actualidad proporciona agua para el riego de un espacio verde en la ciudad.

La propuesta adopta el enfoque metodológico de gestión eco-integradora y adaptativa del agua¹³, basado en la implementación de una serie de estrategias que, adecuándose en cada momento a las condiciones socioecológicas del contexto, permitan dar respuestas a los requerimientos del ciclo urbano del agua a la vez que protejan los procesos propios del ciclo natural, manteniendo los niveles de calidad del servicio con los menores impactos sobre el medio. Para ello, el trabajo realizado parte del análisis y evaluación del sistema de patrimonio hidráulico original de la finca, como forma de comprender y aprehender los principios que regían su lógica de funcionamiento, y que son los que explican la configuración de la QTA, así como su actual funcionalidad y las necesidades de adaptación a los nuevos requerimientos.

La autora parte de la recopilación y revisión documental de los principales estudios y planes realizados por el Ayuntamiento de Madrid hasta la actualidad sobre la QTA en materia de patrimonio hidráulico, entre ellos el “Estudio sobre las posibles fuentes de abastecimiento de agua para la Finca de Torre Arias (Madrid)”¹⁴ y “Plan Especial de Protección, Usos y Gestión de la Finca Torre Arias”¹⁵, así como de los estudios realizados en el contexto del PDQTA por los diferentes equipos multidisciplinares implicados, especialmente los estudios históricos¹⁶, paisajísticos¹⁷, arqueológicos¹⁸, del contexto urbano¹⁹ y del medio físico²⁰. Todos estos documentos han supuesto una importante fuente de información para la comprensión del contexto y el conocimiento respecto de la situación de partida del patrimonio hidráulico de la QTA.

¹³ Lara, 2018.

¹⁴ Serynco, 2017.

¹⁵ PEPQTA, 2018.

¹⁶ Lasso, 2021.

¹⁷ Luengo *et al.*, 2021.

¹⁸ De Hoyos; Guerra-Librero, 2021.

¹⁹ Velázquez *et al.*, 2021.

²⁰ Ariza *et al.*, 2021.

Se ha realizado también un exhaustivo reconocimiento *in situ* de la finca, con levantamiento de información y planimetría mediante visitas de campo. Se han mantenido en el proceso diversas reuniones con responsables de la Dirección General del Agua y Zonas Verdes del Ayuntamiento de Madrid, con el equipo multidisciplinar que trabaja en la elaboración del PDQTA, así como con los principales actores sociales e institucionales vinculados con la Quinta.

Respecto al marco normativo, se identifican sus objetivos, limitaciones y condicionantes, particularmente los recogidos en el Plan Especial, derivados de los informes realizados por las autoridades competentes en materia de aguas, Confederación Hidrográfica del Tajo (CHT) y Canal de Isabel II (CYII).

A partir de esta información y otras fuentes complementarias (IGME, CHT, etc.), la autora del trabajo realiza una caracterización del ámbito de estudio, las condiciones del contexto ambiental y socioinstitucional, así como una descripción exhaustiva de la configuración de la infraestructura hidráulica y de los flujos del ciclo del agua, su funcionamiento y dinámica pasada, presente y futura. Se analizan, tanto cuantitativa como cualitativamente, la oferta y la demanda previstas de agua. Se realiza el inventario de los recursos hídricos disponibles en la finca a partir de la información recopilada de diversas fuentes²¹. Para la estimación de las demandas a satisfacer, se parte de los usos propuestos en el PDQTA, correspondiendo principalmente a las necesidades de riego de jardines y cultivos, calculadas en base al método del coeficiente de jardín²².

El trabajo culmina con la elaboración por parte de la autora de un conjunto de “Directrices de Actuación para la Gestión del Agua en la QTA”, tanto referidas a la gestión integral del ciclo del agua como a la recuperación y puesta en valor del patrimonio hidráulico. Estas directrices forman parte del PDQTA, en proceso de aprobación definitiva por el Ayuntamiento de Madrid a fecha de elaboración de este artículo.

El patrimonio hidráulico frente a los retos del cambio climático

Desde la aparición de las primeras ciudades en el creciente fértil, la configuración de los asentamientos humanos ha estado fuertemente condicionada por la

gestión del agua en el territorio donde se ubicaban²³. Ya en Mesopotamia en el s. XVIII a.C. se construyen complejos sistemas de control sobre el Tigris y el Éufrates²⁴. También en algunas zonas de Asia, norte de África y Oriente Medio, existen desde muy antiguo sofisticados sistemas para transportar el agua a través de conducciones subterráneas denominados *qanats*²⁵. En nuestro contexto geográfico-histórico, la civilización romana constituye un punto de referencia ineludible de este proceso de imbricación agua-ciudad, con asombrosos sistemas de abastecimiento y saneamiento urbano como la Cloaca Máxima en Roma, en funcionamiento desde hace más de dos mil años hasta la actualidad²⁶. También en nuestro entorno es clave la herencia de la cultura del agua de la civilización árabe-andalusí. Manteniendo y desarrollando las aportaciones anteriores, en esa etapa se impulsaron especialmente los aspectos relacionados con el regadío y, en lo que afecta a nuestro tema de investigación, las huertas urbanas y periurbanas, hoy amenazadas por la presión urbanística²⁷. En todos estos territorios, los sistemas tradicionales de gestión del agua marcan no solo las características socioeconómicas y culturales, sino muy especialmente la configuración espacial de los núcleos poblados²⁸.

El conocimiento y la experiencia relacionadas con la gestión del agua han dado forma así a paisajes culturales que han posibilitado a las sociedades hacer frente a los riesgos hídricos a lo largo de siglos²⁹. El patrimonio hidráulico evidencia un sistema de conocimiento tradicional sobre las características del territorio adaptado para la utilización óptima de las aguas superficiales y subterráneas, que propiciaba la sostenibilidad de estos recursos³⁰. Este conocimiento, desarrollado a lo largo del tiempo, proporciona herramientas a las comunidades con las que hacer frente a los eventos naturales a través de sus estilos de vida, costumbres y medios de subsistencia tradicionales³¹.

La evolución de los sistemas de agua se ha ido produciendo según aumentaban los requerimientos cualitativos y cuantitativos del servicio, en paralelo a los

²³ Wittfogel, 1955.

²⁴ Benito, 2009.

²⁵ Novotny *et al.*, 2010.

²⁶ Malissard, 1996.

²⁷ Trillo San José, 2009.

²⁸ Marsalek *et al.*, 2008. Negre; Martí, 2023.

²⁹ van Schaik; van der Valk; Willems, 2015.

³⁰ Jigyasu, 2015.

³¹ ISDR *et al.*, 2013.

²¹ CHT, 1992. Serynco, 2017. Fernández-Burgos; Martín, 2021.

²² Costello, Matheny; Clark, 1992.

procesos de crecimiento de las concentraciones de población³², así como a la mayor capacidad técnica para almacenar y aflorar caudales de agua³³. Resulta por tanto importante reconocer y valorar estos avances en su contexto, entre otros motivos, porque hoy hemos entrado en una fase de revisión de estas estrategias y de planteamiento de nuevas alternativas, que sustituyen, o combinan, el modelo de la “domesticación” del agua por las estrategias adaptativas.

Por otra parte, el crecimiento de las concentraciones de población y los fenómenos de urbanización a lo largo de la historia han ido provocando un incremento en las alteraciones producidas en su entorno, que se reflejan en modificaciones del paisaje y, cómo no, en el ciclo hidrológico y los ecosistemas acuáticos³⁴. Así, el rápido proceso de urbanización es un factor clave en la comprensión de la necesidad de adaptación del ciclo urbano del agua al cambio climático. Estos procesos de expansión urbana han supuesto además en muchos lugares una amenaza para el patrimonio hidráulico, habitualmente poco protegido y conservado, así como la degradación de los ecosistemas de los que se nutrían, incrementando la vulnerabilidad de las comunidades frente a los riesgos hidro-climáticos³⁵.

A pesar de que la gestión del agua mediante las infraestructuras del patrimonio hidráulico forma parte intrínseca de los modos de vida tradicionales, no ha permanecido mucho de ese conocimiento en nuestras sociedades actuales, especialmente el relativo a su planificación espacial. Los esfuerzos habitualmente se centran en la conservación de determinados elementos a los que se les asigna un mayor valor, sin atender a una comprensión integral del funcionamiento de los sistemas³⁶. De hecho, la protección de estos elementos patrimoniales no garantiza por sí misma la preservación de los recursos naturales de los que se alimenta (como el agua potable, por ejemplo) ni la sostenibilidad de los usos previstos. No obstante, la inversión en la rehabilitación funcional de la infraestructura hidráulica histórica puede ser una manera de satisfacer las necesidades actuales con una buena relación coste-eficiencia, gracias al aprovechamiento de la vida útil de estos sistemas³⁷. Tan importante resulta, por tanto, la recuperación física como funcional de este patrimonio

hidráulico, siendo el mejor mecanismo para garantizar una supervivencia duradera y un futuro sostenible, asegurando que en el tiempo se realicen labores de mantenimiento sufragadas por estos nuevos usos.

Es necesario señalar que una parte importante de las infraestructuras hidráulicas, por el hecho de no ser percibidas por la población, conforman un patrimonio infravalorado y muchas veces poco conservado, que da lugar al concepto de *infraestructuras invisibles e inaudibles*³⁸. No obstante, el hecho de ser imperceptibles y permanecer ocultas no significa que tengan menor valor que otro tipo de patrimonio al que se suele conceder mayor atención, al priorizar habitualmente los valores estéticos frente a los funcionales. El valor fundamental de estas obras reside en cómo el diseño y la construcción, la selección de materiales duraderos y su mantenimiento, se enfocan en ofrecer mayor durabilidad, habiéndose conservado útiles durante cientos e incluso miles de años en algunos casos.

El valor cultural, económico y social de estas infraestructuras hidráulicas tradicionales para su uso en la actualidad las convierte en provisoras de servicios esenciales ahora y en el futuro³⁹. Su importancia exige buscar su papel proactivo en un desarrollo sostenible y en la reducción del riesgo de catástrofes, más que en la mera conservación material, así como entender el potencial de este patrimonio y usarlo eficientemente y de manera creativa para mejorar la resiliencia de las sociedades frente a los riesgos climáticos⁴⁰.

La gestión adaptativa del patrimonio hidráulico en las ciudades sensibles al agua

Como hemos visto, los procesos de urbanización del territorio hacen que el ciclo hidrológico se vea profundamente transformado en los territorios urbanizados, dando lugar al denominado ciclo urbano del agua⁴¹, cuya gestión se enfrenta en la actualidad a importantes retos como la necesaria reducción de la presión sobre los recursos o la incorporación de los riesgos provenientes del cambio climático. Desde el enfoque de las *ciudades sensibles al agua*⁴², se propone que las intervenciones que se realicen en el espacio urbano incorporen

³² Tvedt; Coopey, 2010.

³³ Estevan; Naredo, 2004.

³⁴ Riesco, 2013.

³⁵ Jigyasu, 2015.

³⁶ More; Walsh; Dawson, 2022.

³⁷ Hunter, 2020.

³⁸ Hunter, 2020.

³⁹ van Schaik, van der Valkb; Willems, 2015.

⁴⁰ Jigyasu, 2015.

⁴¹ Marsalek *et al.*, 2008.

⁴² Brown; Keath; Wong, 2008.

nuevos objetivos encaminados a la protección de los ecosistemas acuáticos, mediante la integración de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) o la gestión integrada de los recursos hídricos⁴³. La incorporación de procesos de participación proporciona además conocimiento y genera interés en las prácticas del pasado como parte del presente y del futuro⁴⁴. Son estos nuevos objetivos, orientados a mejorar la resiliencia del sistema gracias al incremento de la flexibilidad y adaptación a las condiciones del medio, los que rigen este trabajo.

Por otra parte, diseñar soluciones basadas en los sistemas tradicionales de gestión del agua puede inspirar a los diseñadores a formular nuevas estrategias de preservación del medio natural y el patrimonio arqueológico⁴⁵. De este modo, definimos la *gestión adaptativa del patrimonio hidráulico* como la reutilización de los componentes de las infraestructuras hidráulicas a través de estrategias de adecuación a nuevos usos, una vez estas ya no son útiles para su función original, en un apropiado equilibrio entre las intervenciones de adaptación y el carácter histórico que las define. La reutilización, adaptación y rediseño de los sistemas tradicionales de agua puede contribuir además a la mejora de la resiliencia de las comunidades locales, así como a su sentido de pertenencia al lugar y su identidad cultural⁴⁶.

En este sentido, resultan clave los paralelismos entre los principios de funcionamiento de las infraestructuras verdes y la planificación espacial vinculada al patrimonio hidráulico, existiendo interesantes ejemplos de infraestructuras históricas que han sabido adecuarse y continuar en uso⁴⁷. Destacan ejemplos como la Aqua Vergine y Cloaca Máxima en Roma (Italia); los karez de Turpan (China); Jerome Park Reservoir en Nueva York (EE.UU.), el sistema de canales mamanteo de Lima (Perú)⁴⁸, o el proyecto de actuación en el Parque Monte Albán en Oaxaca (Méjico), de especial interés respecto al caso que nos ocupa⁴⁹.

Como vemos, este enfoque de *gestión adaptativa del patrimonio hidráulico* contiene un gran potencial para la creación de estrategias de gestión eco-integradora y participativa del agua, la conservación del paisaje y, en definitiva, la consecución de *ciudades sensibles al agua*, que son las que se exploran en este trabajo.

⁴³ Pedregal, 2005.

⁴⁴ Hein, 2020.

⁴⁵ Rojas; Beccan, 2020.

⁴⁶ Hein, 2020.

⁴⁷ Unnikrishnan, 2016. Agrawal; Narain, 1997.

⁴⁸ Hunter, 2020.

⁴⁹ Rojas; Beccan, 2020.

El agua en la Quinta de Torre Arias

La QTA, como otras fincas similares, tiene su origen en el establecimiento de la capital en la ciudad de Madrid en 1561 por el rey Felipe II. Algunas de estas quintas, como la QTA, la de Los Molinos o El Capricho, se ubican en la zona este, cercanas a los poblados de Canillejas y Canillas, adyacentes al Camino Real de Alcalá. Una zona especialmente bien comunicada y rica en agua y, por tanto, vegetación y agricultura, aprovechando la proximidad de la vega del Jarama y su red de arroyos, así como el temprano desarrollo de los viajes de agua⁵⁰.

Desde su núcleo original en torno al palacio, la QTA se irá expandiendo a lo largo de los siglos, gracias a la adquisición por sus sucesivos propietarios de los terrenos colindantes, adoptando su configuración definitiva en 1850 con el IX marqués de Bedmar⁵¹. En este periodo se desarrolla ampliamente su actividad agropecuaria, incorporando importantes innovaciones tecnológicas de la época, con una producción que incluía viñedos, olivar, ganadería y diversos cultivos hortícolas y frutales, tanto para el autoconsumo como para la venta, siempre compatibles con los jardines de placer y el palacio⁵².

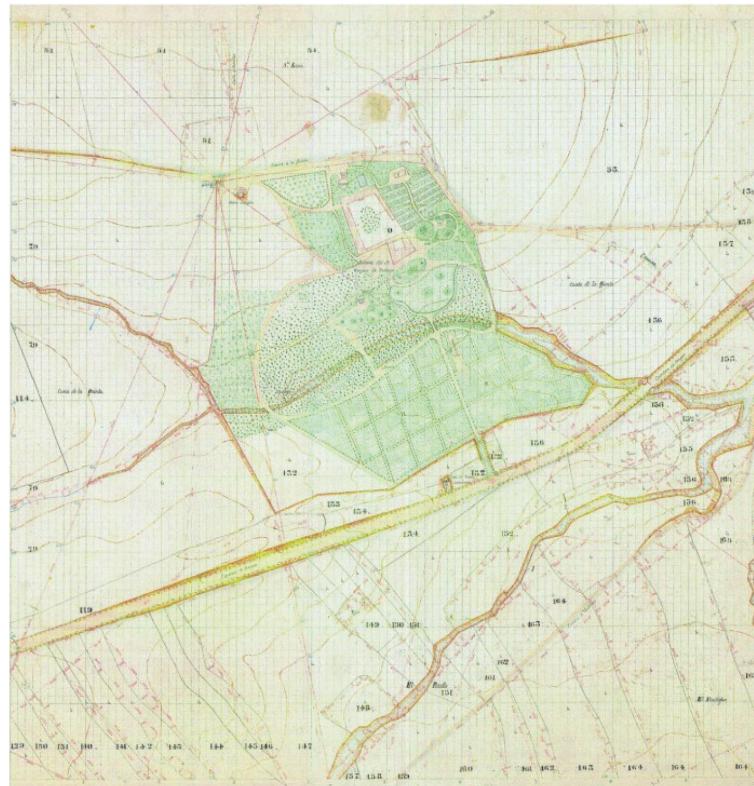
De este modo, la riqueza ecosistémica de la QTA, pero también la función recreativa, social y productiva que ha cumplido históricamente este espacio, se sustentan principalmente en la presencia de agua. Su localización, la configuración del espacio en relación con la distribución de las caceras, acequias y atarjeas; las fuentes, norias, pozos, albercas y, muy especialmente, el Viaje de Agua de la Minaya y el arroyo del Tranco como vestigios del sistema hidrológico originario de la ciudad de Madrid, conforman un sistema que articula la Quinta en su dimensión espacial, pero también funcional y simbólica. El agua se convierte así en elemento esencial que ha sustentado el patrimonio natural y cultural de la Quinta, singular entre los jardines madrileños por ser el único en surtirse aún hoy mediante viajes de agua.

Por otra parte, el significado y la función de la QTA y los elementos que la componen han ido también variando a lo largo del tiempo en relación con el territorio de su entorno. Desde sus inicios como finca señorial, el territorio interior a sus límites se va transformando, convirtiéndose en un espacio antropizado,

⁵⁰ Velázquez et al., 2021.

⁵¹ Lasso, 2021.

⁵² Luengo et al., 2021.

Mapa 2. La Quinta de Torre Arias en las Hojas Kilométricas de Canillejas (1861)

Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

rodeado de un muro perimetral que lo separa del territorio rural y poco transformado de su entorno (Mapa 2).

Sin embargo, los intensos procesos de expansión urbana que se producen en la segunda mitad del siglo XX en el noreste de Madrid provocan una rápida y profunda transformación del área donde se ubica la QTA. Como consecuencia de este proceso, la Quinta constituye en la actualidad uno de los pocos espacios que conserva un carácter naturalizado dentro de la trama urbana (Mapa 3). De este modo la QTA, a partir de su recuperación para uso público por el Ayuntamiento de Madrid en el año 2016, se erige como parte fundamental del sistema de infraestructuras verdes metropolitanas, del que forma parte en estrecha conexión funcional y ambiental con la Quinta de los Molinos y El Capricho, ubicadas todas ellas sobre el antiguo cauce del arroyo de las Rejas, conformando un eje verde con una inmejorable comunicación a través del corredor del Henares y el Metro, que las conecta con Madrid central y oeste⁵³.

La topografía de la QTA presenta pendientes de bajada hacia el sur (Camino Real de Alcalá), estando dicha pendiente interrumpida por el arroyo de la Quinta o del Tranco, que la atraviesa de este a oeste. De este modo, la parcela se encuentra en la cabecera de este arroyo, tributario del arroyo de Las Rejas, afluente del río Jarama por su margen derecha. Los aprovechamientos de agua subterránea con los que cuenta la finca se sitúan dentro del acuífero terciario detrítico de Madrid⁵⁴.

El arroyo del Tranco históricamente tenía una función de drenaje natural del agua de la cuenca, si bien los procesos de urbanización e impermeabilización en su entorno hacen que en estos momentos no existan aportaciones más allá de la propia escorrentía de la finca, careciendo prácticamente de caudal. Si bien el excedente de agua de la Fuente del Tritón, procedente del Viaje de la Minaya, sí se vierte actualmente en el cauce. Se ha modificado así su función como elemento de transporte y evacuación, estando actualmente desconectado de su cuenca vertiente, pasando a conformar un elemento de detención e infiltración del flujo de

⁵³ Velázquez *et al.*, 2021.

⁵⁴ Yélamos; Villarroya, 2007.

Mapa 3. Transformación del contexto territorial de la Quinta de Torres Arias y Quinta de Los Molinos. Imagen aérea de 1956 (izq.) y de 2019 (dcha.)



Fuente: elaboración propia sobre ortofotos del IGN.

agua proveniente de la escorrentía propia de la finca (de forma intermitente) y de la Fuente del Tritón (de forma continua), que ha permitido la colonización del cauce por parte de vegetación y fauna de especial interés.

Existe una clara relación entre la configuración espacial de la QTA y la del sistema de conducciones de agua, en el que se integran las redes tradicionales de drenaje y riego. La topografía diferenciada de cada una de sus zonas marca los usos y funciones que se desarrollan (Mapa 4). La edificación destinada al palacio y caballerizas se ubica en la parte más alta de la finca, situada al norte. La zona media cuenta con un relieve más accidentado que es aprovechado para generar una serie de jardines diferenciados y más íntimos (parque romántico) a través del trazado de la red de caminos. Así se modulan las pendientes del terreno, permitiendo interceptar la escorrentía superficial y reconducirla a través de la red longitudinal de drenaje, conformada por una serie de cunetas ubicadas a ambos lados de los caminos, denominadas “caceras”, que vierten al arroyo del Tranco. El jardín del arroyo, ubicado en torno al cauce, tiene un tratamiento más naturalista aprovechando la acusada topografía. En la zona sur del arroyo se ubica el jardín productivo de huertas y pomares en una gran planicie, con un leve aterrazamiento que es aprovechado para la conformación del sistema de riego por gravedad mediante acequias. Finalmente, en el suroeste se identifica una zona con una importante pendiente denominada “el barranco” que continúa hacia una pequeña vaguada que conforma el límite sur⁵⁵.

⁵⁵ Luengo et al., 2021.

Actualmente, el sistema hidráulico de la QTA está compuesto por seis fuentes, cuatro pozos, un depósito, tres estanques, un lavadero y una piscina, organizados en función a lo que hemos denominado “subsistemas”, entendidos estos como unidades conformadas por diversos elementos que en conjunto realizan una función hidráulica, y que en su mayoría cuentan además con protección patrimonial. Los elementos se agrupan en 12 subsistemas, estando actualmente en funcionamiento los subsistemas 1 y 2 (Mapa 5 y Tabla 1).

Especial atención merecen los viajes de agua de la Minaya y la Isabel, donde se aplica la tecnología de los *qanats*, un sistema de captación de aguas subterráneas de origen oriental conocido en Persia desde el siglo VII a. de C. Consiste en una serie de galerías subterráneas de captación, jalonadas por pozos-chimenea colocados regularmente, y una red de canalizaciones de conducción para su distribución a través de fuentes privadas y públicas⁵⁶. Esta tecnología se considera que podría haber sido desarrollada precisamente en el periodo islámico de la península ibérica, donde eran conocidos como *mayrit*⁵⁹, pudiendo esta palabra estar en el origen del nombre de la ciudad. En 1850, cuando se inicia la construcción del Canal de Isabel II, existían en Madrid cerca de 30 viajes de agua, con unos 124 km de galerías, unas 500 fuentes particulares y 77 públicas⁶⁰. Son

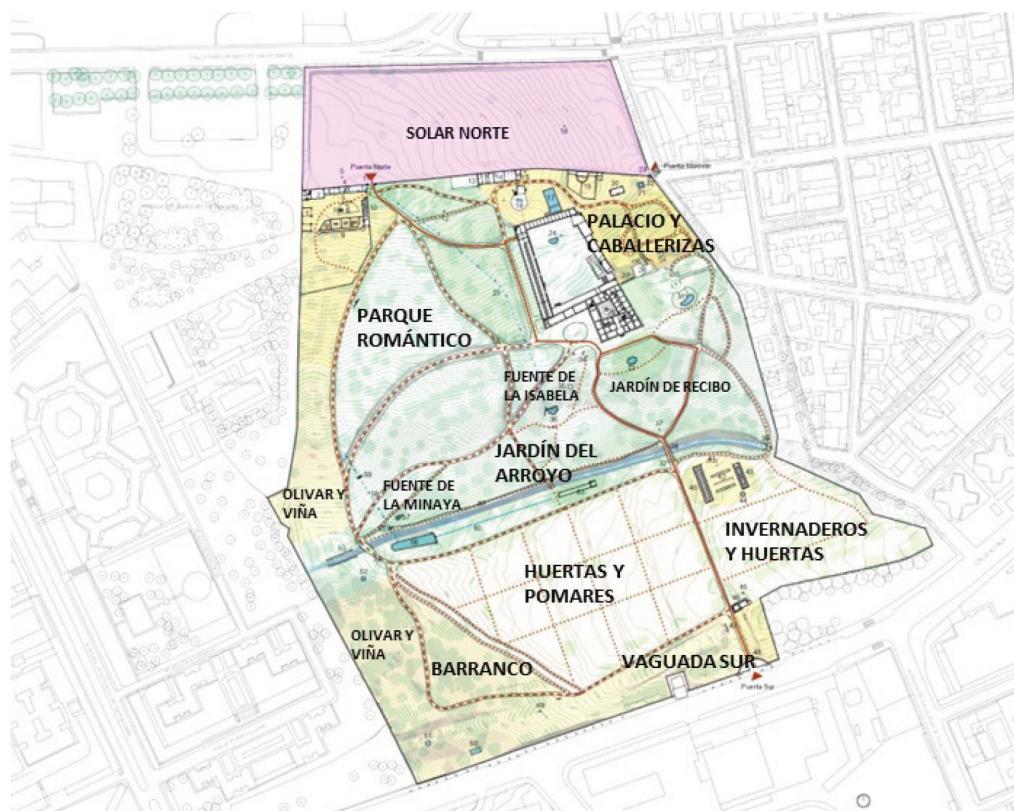
⁵⁶ Luengo et al., 2021.

⁵⁷ Luengo et al., 2021.

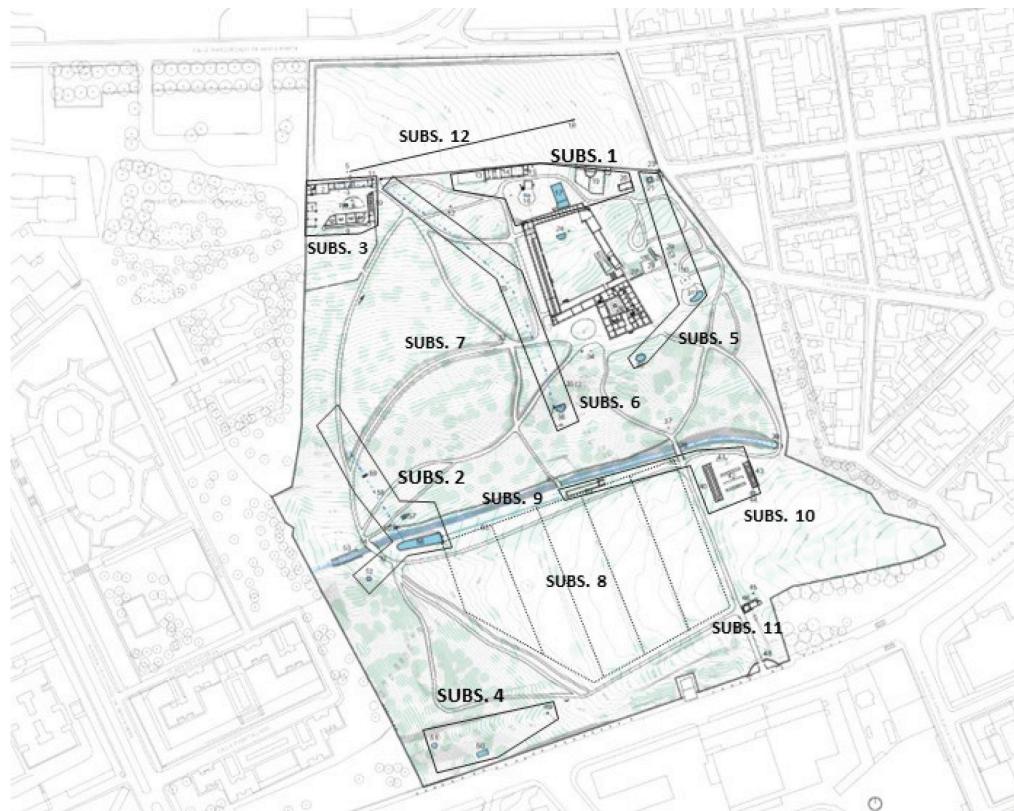
⁵⁸ Guerra, 2011.

⁵⁹ Caponetti, 2016.

⁶⁰ Guerra, 2011.

Mapa 4. Zonificación de espacios en la QTA

Fuente: elaboración propia a partir de cartografía base del PDQTA⁵⁶.

Mapa 5. Elementos organizados en subsistemas del sistema hidráulico de la QTA

Fuente: elaboración propia a partir de cartografía base del PDQTA⁵⁷.

Tabla 1. Clasificación de los elementos del sistema hidráulico de la QTA

Subs.	ID	Elemento	Grado de protección	Función original
1	ES.23	Noria norte - Aljibe	Nivel 1	Captación
	ES.25	Pozo norte	Nivel 1	Captación
	ES.09	Fuente del patio del palacio	Nivel 1	Abastecimiento
	ES.18	Alberca caballerizas y baño caballos	Nivel 1	Regulación
	ES.49	Bebedero y fuente caballerizas	Nivel 3	Abast. Animales
2	ES.16	Pozo oeste - Noria	Nivel 1	Captación
	ES.17	Viaje de Agua de la Minaya	Nivel 1	Captación
	ES.13	Fuente del Tritón	Nivel 1	Abastecimiento
	ES.19	Alberca arroyo	Nivel 1	Regulación
	ES.20	Lavadero junto al arroyo	Nivel 1	Regulación
3	ES.24	Noria antigua	Nivel 1	Captación
	AR.5	Pozo vaquería		Captación
	ES.28	Bebedero junto al gallinero	Nivel 1	Abast. Animales
	ES.29	Abrevadero granito vaquería	Nivel 1	Abast. Animales
	ES.50	Pilón vaquería	Nivel 3	Abast. Animales
4	ES.26	Pozo sur	Nivel 1	Captación
	ES.27	Alberca sur	Nivel 1	Regulación
	ES.52	Abrevadero para el ganado	Nivel 3	Abast. Animales
5	ES.07	Cenador y fuente ornamental	Nivel 1	Ornamental
	ES.10	Fuente al sur del palacio	Nivel 1	Ornamental
	ES.22	Aljibe noreste	Nivel 1	Regulación
	ES.53	Piscina		Regulación
6	ES.17	Viaje de Agua de la Isabela	Nivel 1	Captación
	ES.11	Fuente de fundición junto al palacio	Nivel 1	Abastecimiento
	ES.12	Fuente camino de los viñedos	Nivel 1	Abastecimiento
	ES.14	Fuente grutesca	Nivel 1	Abastecimiento
7	ES.47	Sistema de recogida de pluviales: caceras	Nivel 2	Conducciones de drenaje
8	ES.47	Sistema tradicional de riego: acequias	Nivel 2	Conducciones de riego
9	ES.21	Cauce arroyo	Nivel 1	Drenaje
10	ES.15	Baño junto invernaderos	Nivel 1	Abastecimiento
11	ES.48	Fuente junto casa guardas	Nivel 3	Abastecimiento
12	e.1	Pozo solar norte (vaquería)		Captación
	e.3	Pozo solar norte		Captación

Fuente: elaboración propia.

por tanto elementos con un importante significado a nivel patrimonial y muy sensibles, que en la actualidad se encuentran gravemente amenazados. El Viaje de la Minaya, que actualmente proporciona una parte importante de los recursos hídricos para el riego de la Quinta, requiere la reconstrucción total de las galerías en todos los tramos estudiados en el interior de la

finca. Además, actualmente el Viaje de la Isabela carece de caudal y el Viaje de la Minaya (Figura 1) lo ha visto disminuido sustancialmente en los últimos años como consecuencia del proceso de urbanización de la cuenca de captación⁶¹.

⁶¹ Serynco, 2017.

Figura 1. Fuente del Tritón, Viaje de la Minaya (izq.) y Fuente de la Isabela (dcha.)

Fuente: la autora. 23 de mayo de 2021.

La Quinta cuenta actualmente con concesión de explotación de tres puntos de aprovechamiento de agua subterránea (Tabla 2), de los que solo dos aportan caudal: el manantial de la Minaya y el pozo-noria norte. En el caso del manantial de la Isabela, si bien cuenta con una concesión para usos domésticos, en la actualidad carece de caudal. De este modo, el sistema de riego existente se abastece del pozo-noria norte (subsistema 1), desde el que se riega la zona norte y el perímetro del parque romántico, y del Viaje de la Minaya (subsistema 2), que riega también parte del parque romántico y las huertas y pomares al sur del arroyo. Existen además otros cuatro pozos en la finca que, si bien no cuentan con concesión, al menos en tres de ellos se ha detectado presencia de agua. Según la información consultada en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Tajo (2022-2027), estos aprovechamientos se corresponden con la masa de agua subterránea ES030MSBT030.010 (Madrid: Manzanares-Jarama), que se encuentra en buen estado cuantitativo, lo cual permite pensar en la posibilidad de incrementar las concesiones existentes en la actualidad en base a las reservas disponibles. La finca cuenta

también con posibilidad de acometida de aguas regeneradas (468,60 m³/día) y agua potable (400 m³/día).

El “Estudio de Calidad de Aguas” realizado en el marco del PDQTA⁶³ establece que las aguas provenientes del acuífero superficial son aguas con una salinidad moderadamente alta, bastante duras, con especial contenido en bicarbonatos y calcitas. Los niveles de nitratos en el pozo-noria norte y, sobre todo, en el manantial de la Minaya son moderadamente altos pero admisibles, tanto desde el enfoque normativo como agronómico. En el caso de las aguas regeneradas, son aguas de salinidad media, con bajo contenido en calcio, pero altos en cloro y sodio, que pudieran afectar a la absorción de nutrientes, especialmente en plantas ornamentales y frutales. Las aguas procedentes de la red de agua potable son aguas de alta calidad con muy baja mineralización.

Es necesario señalar que, desde sus orígenes, los recursos subterráneos han sido los utilizados para satisfacer la demanda de riego de la QTA, encontrándose los suelos y la vegetación actual en buen estado de salud. Por ello, resulta recomendable en lo posible mantener el riego con agua subterránea y no modificar las condiciones higrométricas de la vegetación y los suelos, especialmente en la vegetación más asentada.

En relación con la demanda, las necesidades de agua en la Quinta corresponderán principalmente al riego de los jardines y los cultivos (Gráfico 1). Teniendo en cuenta las plantaciones existentes en la actualidad y las previstas para las diferentes zonas, se ha calculado la demanda para riego según el método del coeficiente de jardín⁶⁴, estimándose en torno a los 66.390 m³/año, 22.070 m³/año en el área al norte del arroyo (solar,

Tabla 2. Recursos hídricos subterráneos

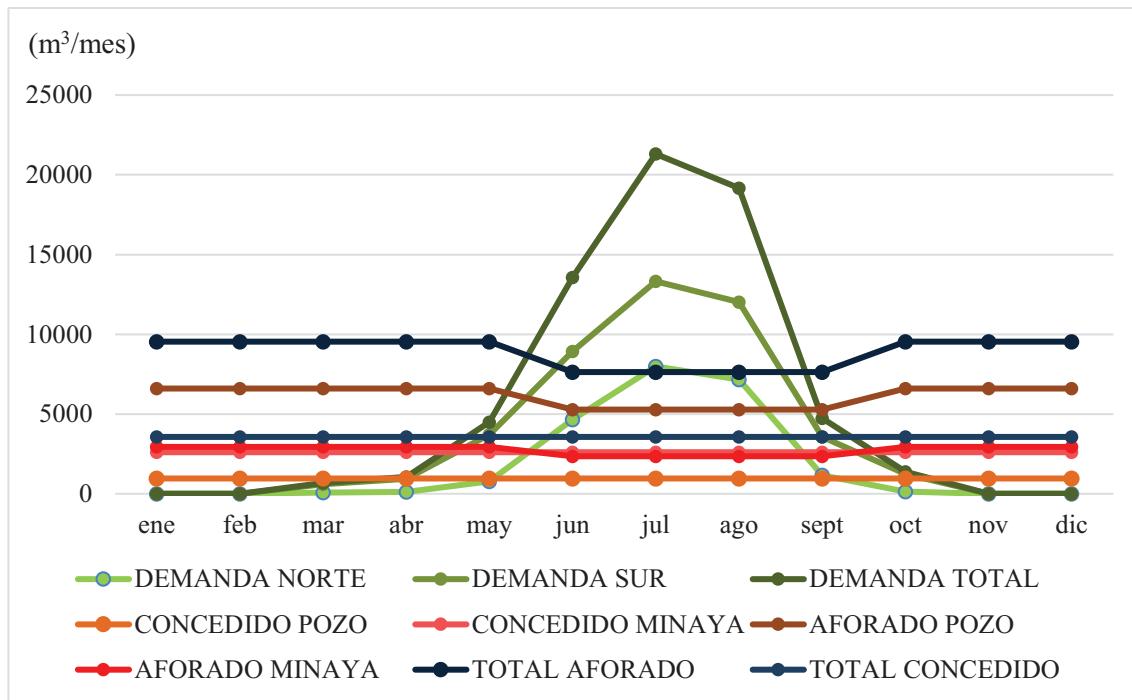
Recursos	Pozo-noria norte	Manantial Minaya	Manantial Isabela
V máx. mes concesión (m ³ /mes)	960,00	2606,75	262,75
V máx. anual (m ³)	11520,00	31281,00	3153,00
Aforo (m ³ /mes)	6600,00	2940,00	0,00
Superficie de riego (has.)	3,84	10,43	

Fuente: elaboración propia a partir de datos de CHT⁶².

⁶² CHT, 1992.

⁶³ Fernández-Burgos; Martín, 2021.

⁶⁴ Costello; Matheny; Clark, 1992.

Gráfico 1. Análisis mensual de la demanda de riego y recursos subterráneos disponibles (m^3/mes)

Fuente: elaboración propia.

palacio y parque romántico) y 44.319 $m^3/\text{año}$ en el área al sur (arroyo, huertas, barranco y vaguada sur). Las necesidades de riego más acusadas se presentan en el mes de julio, con una media de 687 $m^3/\text{día}$, siendo las zonas húmedas y de cultivos las que presentan una mayor demanda.

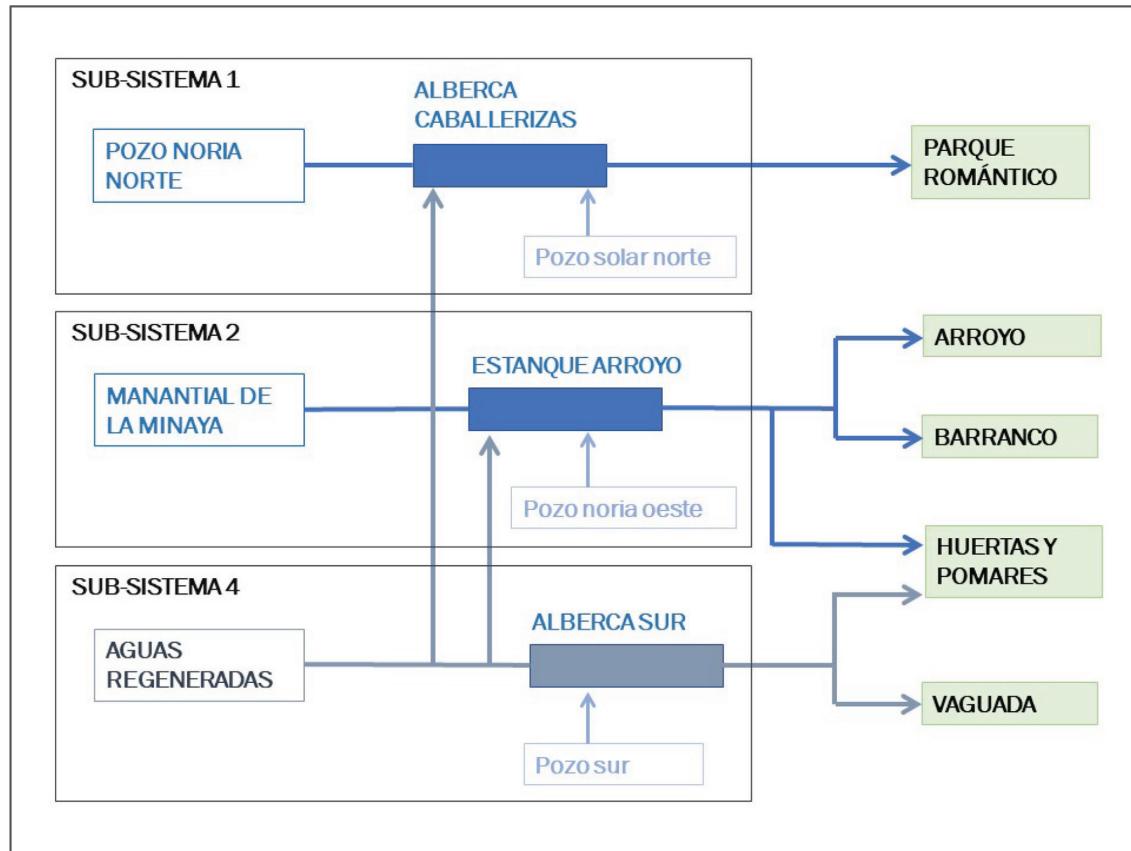
Considerando el pozo-noria norte como el recurso prioritario para satisfacer la demanda en el área norte y el manantial de la Minaya como el recurso prioritario para el riego del área sur, y teniendo en cuenta los recursos subterráneos disponibles, en base a las limitaciones de aforo y a las concesiones existentes, se produciría un déficit total de 45.442 $m^3/\text{año}$, con un máximo en el mes de julio de unos 572 $m^3/\text{día}$, que deberían ser cubiertos por otros recursos alternativos. Si consideramos el total de los recursos aforados, este déficit se situaría en los 31.158 $m^3/\text{año}$, siendo en el mes de julio de 441 $m^3/\text{día}$, con notable diferencia respecto al volumen concesionado en el caso del pozo-noria norte.

Propuesta de sistema para la gestión integrada de recursos hídricos

Se propone un sistema de gestión integrada de los recursos hídricos, aplicando el principio de adaptación de

las calidades de agua a los requerimientos de los diferentes usos y cultivos, con los correspondientes niveles de fiabilidad y garantía, priorizando soluciones innovadoras y flexibles basadas en la naturaleza, seleccionadas en base a una evaluación integral del ciclo del agua y a la sostenibilidad a largo plazo del sistema en su totalidad.

Según se describe en la Figura 2 los elementos de almacenamiento existentes —alberca de caballerizas (ES.18), alberca del arroyo (ES.19) y alberca sur (ES.27)— se adecuarán para su uso como elementos de regulación del sistema, de los que partirán las canalizaciones para el riego de las diferentes zonas. Se habilitarán conexiones a la red de aguas regeneradas, permitiendo utilizar el aporte de estos recursos en los meses en que la demanda supera a los recursos subterráneos disponibles. No obstante, se deben explorar las posibilidades de incrementar las concesiones sobre los recursos subterráneos, especialmente de aquellos aprovechamientos donde los aforamientos realizados han dado como resultado un volumen disponible sustancialmente mayor a la concesión existente (pozo-noria norte), o en aquellos pozos que carecen en la actualidad de concesión. De este modo, el sistema prevé la integración de estos pozos como recurso de apoyo, previo estudio de caudales disponibles y obtención de concesiones

Figura 2. Esquema de la propuesta de sistema de gestión integrada del agua de riego para la Quinta de Torre Arias

Fuente: elaboración propia.

para su explotación. No obstante, para ello convendría mejorar la salud del acuífero superficial, actuando para revertir las consecuencias de los procesos de urbanización e impermeabilización del entorno que afectan negativamente.

La distribución de los recursos se establecerá mediante un Plan de Riego, revisable estacionalmente, con el objetivo de adecuar la demanda existente a la disponibilidad de recursos, en función a la época del año y la disponibilidad real de agua. Además, se categorizarán las áreas, especies e individuos en relación con su prioridad para la satisfacción de sus necesidades hídricas, de acuerdo con su capacidad de adaptación, regeneración y el valor de los mismos.

Se adoptarán también mecanismos de adaptación climática del jardín, tanto para la selección de especies vegetales, como para su distribución en función de necesidades de riego, de modo que se evite la incorporación de especies con grandes demandas de agua en torno a especies habituadas a un bajo aporte.

Para evitar modificaciones sustanciales en las condiciones higrométricas y composición de las aguas de riego, se continuará con el uso de las aguas subterráneas

en el riego de las áreas con plantaciones consolidadas, especialmente el parque romántico, el arroyo y el barranco. Se priorizará el riego con aguas regeneradas en las áreas con cultivos de nueva implantación, como la vaguada sur y zonas de huertas y pomares, especialmente en aquellos meses en los que los recursos de aguas subterráneas no sean suficientes.

Concretamente, en la zona de huertas y pomares, se alternará el uso de agua subterránea procedente de la alberca del arroyo con el uso de aguas regeneradas. En los meses en que se utilice el agua subterránea, siempre que exista suficiencia de recursos, se recomienda hacer uso de los sistemas tradicionales de regadío a "manta" a través del sistema de acequias. De este modo, se facilita la puesta en valor de la infraestructura y los conocimientos relacionados con las prácticas de riego tradicionales, promoviendo la visibilización del agua como elemento clave de la Quinta, además de permitir la disolución de sales que hayan podido acumularse en el suelo por el uso más continuado de las aguas regeneradas.

Bajo estos principios, se propone la adaptación de los subsistemas 1, 2 y 4 para el abastecimiento a la red de riego de las distintas zonas (Figura 2):

- Subsistema 1. Abastecido principalmente a través del pozo-noria norte (ES.23), se dispone como elemento de regulación la alberca de caballerizas (ES.18), de la que partirán las conducciones que abastecerán las redes del parque romántico. En caso de obtener concesión, podrían incorporarse recursos del pozo del solar norte (e.3).
- Subsistema 2. Abastecido principalmente a través de la Fuente del Tritón (ES.13) con aguas provenientes del Viaje de Agua de la Minaya (ES.17). La alberca del arroyo (ES.19) actuará como elemento de regulación. Se debe establecer un “caudal ecológico” desde la alberca hacia la zona del arroyo, de modo que se garantice la conservación de los ecosistemas asociados al arroyo en todas las épocas del año. En el manancial de la Minaya se han detectado además contenidos moderadamente altos en nitratos. Si bien su uso en riego puede permitir reducir las necesidades de fertilización nitrogenada, sí pudieran propiciarse fenómenos de eutrofización en los estanques de regulación. En este sentido, se propone la implementación en la alberca del arroyo (ES.19) de medidas para la mejora de la calidad del agua a

través de elementos de naturalización (Figura 3), con vegetación que permita mejorar el equilibrio ecosistémico y los procesos ecológicos. En caso de obtener concesión, podrían incorporarse recursos del pozo oeste-noria (ES.16).

- Subsistema 4. Se abastecerá principalmente a través de la acometida de aguas regeneradas, sirviendo la alberca sur (ES.27) como sistema de regulación y conexión con la red de riego de la zona de huertas y pomares. Dos ramales conectarán a la alberca de caballerizas (ES.18) y la alberca del arroyo (ES.19), con el objetivo de realizar los aportes necesarios. Un último ramal abastecerá a la vaguada sur que se nutrirá todo el año con recursos provenientes de estas aguas regeneradas, además de su propia escorrentía de pluviales.

La gestión adaptativa del patrimonio hidráulico en la QTA

Las infraestructuras necesarias para el uso y gestión de los recursos hídricos conforman una parte sustancial del

Figura 3. Alberca del arroyo con fenómenos de eutrofización



Fuente: la autora. 22 de mayo de 2021.

patrimonio cultural, ambiental y paisajístico de la Quinta. A lo largo de este documento ha quedado clara la importancia de la recuperación y puesta en valor de este patrimonio hidráulico mediante una gestión adaptativa que permita recuperar la funcionalidad de los diferentes elementos adaptándose a las funciones que les correspondan en la actualidad. Para ello se realizará un proyecto integral de recuperación del sistema hidráulico en el que se contempla el establecimiento de soluciones individualizadas para cada elemento. En todo caso, se adoptarán soluciones de compromiso que permitan una revalorización recíproca entre lo nuevo y lo viejo, a través del estudio detallado de cada una de las actuaciones a acometer.

Requiere una espacial atención la situación de los viajes de agua (ES.17), símbolo de los valores patrimoniales de la Quinta, tanto ambientales como culturales, y elementos clave para entender su ubicación, sus orígenes y su historia, así como la historia de la ciudad de Madrid. El Viaje de la Minaya constituye un patrimonio único por ser el último ejemplo de estas infraestructuras aún en funcionamiento en la ciudad. Según las conclusiones extraídas del “Estudio sobre las posibles fuentes de abastecimiento de agua para la Finca de Torre Arias (Madrid)”, resulta fundamental la puesta en marcha, con carácter de urgencia, de las medidas necesarias para garantizar la estabilidad estructural de los viajes de agua con el fin de que no se pierda su funcionalidad como infraestructura hidráulica, así como la toma de medidas urgentes para la protección de la cuenca hidrológica asociada a las zonas de captación e infiltración del agua⁶⁵, de manera que se evite la desaparición del Viaje de La Minaya, como ya sucediera en el caso del Viaje de la Isabela, permitiendo incluso la recuperación de los caudales circulantes.

En lo que se refiere a las conducciones (ES.47) (Figura 4), se prevé la revitalización de los sistemas tradicionales de riego, especialmente la red de acequias de la zona de huertas y pomares, compatibilizando el mantenimiento y recuperación del riego tradicional con la conservación de los elementos existentes, favoreciendo el consumo sostenible del agua y los ecosistemas asociados. Si bien los regadíos tradicionales pueden llegar a “usar” más agua por la existencia de ciertas filtraciones, esta agua se devuelve al acuífero, de modo que no deben contemplarse como “pérdidas”, sino como agua ambiental y socialmente útil que puede ser nuevamente aprovechada⁶⁶. De este modo se produce una gran

integración entre el regadío y los ecosistemas adyacentes a nivel paisajístico y de funciones ambientales.

Resulta también de gran interés la recuperación de la funcionalidad del sistema de drenaje tradicional a través de caceras y elementos subterráneos, por lo que se identificarán las actuaciones necesarias para su reconstrucción, conservando y restaurando la topografía original como apoyo al manejo de la escorrentía superficial. Se recuperarán las modulaciones topográficas de las huertas y pomares y del jardín romántico, integrando en lo posible elementos de mejora de la infiltración.

Especialmente relevante será la recuperación del funcionamiento de la vaguada sur, eliminando el muro que la obstruye al oeste, con el objetivo de facilitar la infiltración de las aguas de escorrentía que en momentos de lluvias torrenciales puedan llegar a esta zona. Se facilita así que el agua derive hacia la reserva natural del acuífero local, disponiendo sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) para facilitar esta infiltración, así como una lámina de agua en la que se procurará la plantación de especies halófitas.

El arroyo del Tranco (ES.21) resulta un elemento clave para la comprensión de la importancia del patrimonio natural y cultural de la QTA. Originalmente, este cauce era tributario del arroyo de las Rejas, si bien actualmente este solo se conserva en su tramo final, siendo un interesante testimonio vivo de la configuración original de la red de drenaje natural sobre la que se asentaba esta parte de la ciudad. El encauzamiento y empedrado del arroyo, realizado en el siglo XVIII y del que aún se conservan algunos paramentos en la zona oeste del cauce, evidencia que probablemente se tratara de un cauce estacional, una rambla, que experimentara crecidas en los meses más lluviosos.

Como consecuencia de los procesos de urbanización de su entorno, el arroyo ha perdido su conexión funcional como elemento de transporte y evacuación de la red de drenaje natural. Actualmente conforma un elemento de detención del flujo de agua procedente del excedente de la Fuente del Tritón, lo que ha permitido un crecimiento importante y colonización del cauce por parte de vegetación y fauna de especial interés ecológico. Se recomienda por tanto realizar una actuación que llegue a una solución de compromiso entre la conservación y mejora de la calidad de hábitats y ecosistemas del arroyo, y la recuperación de los paramentos y obras de canalización con interés desde el punto de vista del patrimonio cultural. Se propone así una actuación con un gradiente de prioridades que evolucione desde el oeste hacia el este, dando en la zona oeste una

⁶⁵ Serynco, 2017, 118.

⁶⁶ Arrojo, 2013. Canales; Ponce, 2021.

Figura 4. Red de conducciones: acequias de riego (izq.) y caceras de pluviales (dcha.)



Fuente: la autora. 22 de mayo de 2021.

mayor relevancia a la recuperación al patrimonio cultural construido correspondiente a la configuración del arroyo en los siglos XVIII-XX (litor - el arroyo como "rambla"), y paulatinamente, conforme avanzamos aguas abajo, se vaya priorizando la preservación del patrimonio natural que se ha ido conformando gracias a la presencia del agua (hidromo - el arroyo como " hábitat"). Para ello, se deberá realizar un estudio pormenorizado del arroyo desde el punto de vista de la conservación del patrimonio natural y cultural, identificando sobre el terreno las actuaciones a realizar en cada tramo.

De este modo, la zona más baja del arroyo, situada al este, se acondicionará como elemento de retención del agua al que se dirigirán los flujos de escorrentía, manteniendo el "caudal ecológico" proveniente de la Fuente del Tritón que permite el sostenimiento de los ecosistemas riparios existentes, sirviendo como elemento de captación, detención e infiltración del agua de lluvia para alimentar el acuífero.

Conclusiones

Las infraestructuras del patrimonio hidráulico han conformado a lo largo del tiempo paisajes culturales

adaptados al uso sostenible de los recursos hídricos y la protección frente a eventos climáticos extremos. Hoy en día, estos principios resultan más necesarios que nunca para afrontar los retos asociados al cambio climático, especialmente los riesgos de sequías e inundaciones, intensificados por las trasformaciones propias de los procesos de urbanización del territorio, que afectan directamente al ciclo hidrológico.

En el caso de la QTA, donde el agua se identifica como elemento clave para la configuración paisajística del espacio, se asumen estos principios en la elaboración de las "Directrices de Actuación para la Gestión del Agua" del PDQTA. El trabajo presentado constituye así un ejemplo novedoso, y único en la ciudad de Madrid, de adaptación creativa de las infraestructuras del patrimonio hidráulico a los nuevos retos del ciclo urbano del agua. La propuesta, combinando la lógica de funcionamiento de los sistemas tradicionales con el uso de alternativas innovadoras, como las aguas regeneradas o los sistemas urbanos de drenaje sostenible, implementa medidas donde se concretan los principios de la *nueva cultura del agua*, relativos a la protección de los recursos hídricos y la consideración ecosistémica y patrimonial del agua.

La propuesta enfrenta limitaciones relacionadas principalmente con la complejidad de la gobernanza

del agua y del patrimonio. La necesidad de actuaciones sobre las cuencas tributarias, más allá de los límites de la QTA, o la dispersión de competencias en todas las escalas de la administración, con organismos que no siempre cuentan con los espacios de cooperación necesarios, son cuestiones que trascienden del ámbito del plan.

Frente a estos retos, ha resultado clave contar con equipos multidisciplinares, capaces de generar una visión integral de las intervenciones sobre el patrimonio natural y cultural, así como con la voluntad y capacidad del equipo de coordinación para llevar estos objetivos a cabo. Esta apuesta está permitiendo avanzar y concretar la consecución de las propuestas contenidas en el PDQTA, mediante la puesta en marcha de los trabajos de redacción de los proyectos que materializarán estas medidas.

De este modo, se evidencia la comprensión por parte de los responsables de la QTA de que la recuperación funcional y adaptativa del patrimonio hidráulico es la mejor garantía de supervivencia, protección y conservación de estos sistemas, así como una estrategia clave para alcanzar el objetivo de protección de los ecosistemas naturales y optimización de los recursos hídricos, contribuyendo a incrementar notablemente la resiliencia de la QTA frente a los riesgos hidroclimáticos y, por tanto, la transición de Madrid hacia una ciudad sensible al agua.

Agradecimientos

La autora quiere expresar su agradecimiento a la Dirección General del Agua y Zonas Verdes del Ayuntamiento de Madrid y al equipo de redacción del PDQTA, por sus contribuciones y colaboración. Especialmente a los responsables de la elaboración y coordinación del Plan, la empresa Tecnigral S.L. con el apoyo de Citerea S.L., así como a la Fundación para la Investigación de la Universidad de Sevilla, GEA 21 y a Carolina Vásquez, que colaboraron en el desarrollo del proyecto “Directrices y actuaciones para la gestión del ciclo integral del agua en la restauración del Jardín de la Quinta de Torre Arias (Madrid)”. También las aportaciones realizadas por los revisores del texto, que han contribuido a mejorar el resultado final que se presenta. Finalmente, agradecer a mi familia y amigas el apoyo en las necesarias labores de cuidados mientras realizaba este trabajo.

Bibliografía

- Agrawal, Anil; Narain, Sunita.** 1997: "Dying Wisdom, Rise and Fall of Traditional Water Harvesting Systems". *Environment & Urbanization*. Nueva Delhi (India), International Institute for Environment and Development.
- Ariza, Enrique; López, Raquel; Septién, Andrés; Cecilia, Moisés; Mancera, José Antonio; Jiménez, Agustín.** 2021: *Estudios del Medio Físico*. PDQTA. Estudios Previos. Sin publicar.
- Arrojo, Pedro.** 2013: "El regadío desde la Nueva Cultura del Agua". Jornada *Nueva Cultura del Agua y Nuevos Regadíos: Por una Agricultura Sustentable*. Amayuelas de Abajo, 26 de abril 2013. <https://fnca.eu/biblioteca-del-agua/directorio/file/2837?search=1>
- Arrojo, Pedro.** 2022: "El mundo debe poner fin a la sobre explotación de las aguas subterráneas". Comunicado de prensa, Oficina del Alto Comisionado de NNUU para los Derechos Humanos. <https://www.ohchr.org/es/press-releases/2022/03/world-must-end-overexploitation-groundwater-says-un-expert>
- Benito, Félix.** 2009: *El agua: fuente de civilización*. Madrid (España), Escuela Superior de Arte y Arquitectura, UEM.
- Bokova, Irina.** 2015: "Foreword", en Willem, Willem; van Schaik, Heink (Eds.), *Water & Heritage. Material, conceptual and spiritual connections*. Leiden (Países Bajos), Sidestone Press, 9.
- Bolòs, Jordi.** 2023: "Agua e historia del paisaje en Cataluña: novedades y resiliencias a lo largo de la Edad Media. El ejemplo de Lleida". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, 24, e7402. <https://doi.org/10.17561/at.24.7402>
- Brown, Rebekah; Keath, Nina; Wong, Tony.** 2008: "Transitioning to Water Sensitive Cities: historical, current and future transition states". *11.º International Conference on Urban Drainage*. Edinburgh (UK).
- Canales, Gregorio; Ponce, María Dolores.** 2021: "Caucas con doble función drenaje-riego en la Huerta del Segura (España): una adaptación planeada del regadío a la aridez y penuria hídrica". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, 18, 21-38. <https://doi.org/10.17561/at.18.5542>
- Caponetti, Lorenzo.** 2016: "The invisible landscape: The Etruscan Cuniculi of Tuscania as a determinant of present-day landscape and a valuable tool for sustainable water management", en Isendahl, Christian; Stump, Daryl (Eds.), *The Oxford handbook of historical ecology and applied archaeology*. Oxford (Reino Unido), Oxford Handbooks. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199672691.001.0001>
- Confederación Hidrográfica del Tajo.** 1992: *Inscripción de aprovechamiento de aguas subterráneas en favor de Tatiana Pérez de Guzmán el Bueno*. 18 de febrero de 1992. Madrid (España), Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Miscelánea

Ángela Lara García

- Costello, Laurence R.; Matheny, Nelda P.; Clark, James R.** 1992: "Estimating water requirements of landscape plantings". *HortScience*, 27(12), 1263f-1263. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.27.12.1263>
- De Hoyos, Pilar; Guerra-Librero, Fernando.** 2021: *Estudio Arqueológico*. PDQTA. Estudios Previos Sin publicar.
- Dirección General de Planeamiento y Gestión Urbanística.** 2018: *PEPQTA - Plan Especial de Protección de la Quinta de Torre Arias*. Ayuntamiento de Madrid.
- Estevan, Antonio; Naredo, José Manuel.** 2004: *Ideas y propuestas para una nueva política del agua en España*. Bilbao (España), Bakeaz.
- Fernández-Burgos, Alicia; Martín, Adolfo.** 2021: *Estudio de Calidad Agronómica del Agua de Riego*. PDQTA. Estudios Previos. Sin publicar.
- FNCA-Fundación Nueva Cultura del Agua.** 2021: *Gestión del agua en situación de cambio climático y escasez*. <https://fnca.eu/>
- Granero, Francisco.** 2002: *Agua y Ciudad. Análisis de las estrategias y procesos de planificación*. Sevilla (España), Ed. Universidad de Sevilla.
- Guerra, Emilio.** 2011: *Los viajes de agua y fuentes de Madrid*. Madrid (España), Ed. La Librería.
- Hein, Carola (Ed.).** 2020: *Adaptive Strategies for Water Heritage. Past, Present and Future*. Delft (The Netherlands), Springer Open. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00268-8>
- Hunter, Meisha.** 2020: "Silent and Unseen: Stewardship of Water Infrastructural Heritage", en Hein (Ed.), *Adaptive Strategies for Water Heritage*. Springer Open, 21-40. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00268-8>
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change.** 2019: *Special Report on Climate Change and Land*.
- ISDR, ICOMOS-ICORP, ICCROM, UNESCO World Heritage Centre.** 2013: "Heritage and Resilience: Issues and Opportunities for Reducing Disaster Risks". *Global Platform for Disaster Risk Reduction: 4th Session*, 19-23 May 2013 in Geneva, Switzerland. <http://icorp.icomos.org/index.php/news/44-newicorp-publication-heritage-and-resilience>
- Jigyasu, Rohit.** 2015: "Reinforcing the link between Water and Heritage in order to build Disaster Resilient Societies", en Willems, Willem; van Schaik, Heink (Eds.), *Water & Heritage. Material, conceptual and spiritual connections*. Leiden (Países Bajos), Sidestone Press.
- Lara García, Ángela.** 2018: *Aqua y espacio habitado. Propuestas para la construcción de ciudades sensibles al agua*. Sevilla (España), Ed. Universidad de Sevilla.
- Lasso, Miguel.** 2021: *Estudio Histórico*. PDQTA. Estudios Previos. Sin publicar.
- Luengo, Ana; Millares, Coro; Ortigosa, Javier; Pérez, Marta; Rodríguez, Pilar.** 2021: *Estudio Paisajístico*. PDQTA. Estudios Previos. Sin publicar.
- Malissard, Alain.** 1996: *Los romanos y el agua*. Barcelona (España), Ed. Herder.
- Martos-Núñez, Eloy; Martos-García, Aitana.** 2015: "Memorias e imaginarios del agua: nuevas corrientes y perspectivas". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, 5, 121-131. <https://doi.org/10.17561/at.v0i5.2539>
- Marsalek, Jiri; Jiménez-Cisneros, Blanca; Karamouz, Mohammad; Malmquist, P.; Goldenfum, Joel; Chocat, Bernard.** 2008: *Urban Water Cycle Processes and Interactions*. Urban Water Series, UNESCO IHPm, UNESCO Publishing.
- More, Ashwini; Walsh, Claire; Dawson, Richard.** 2022: "Re-integration of heritage water systems: spatial lessons for present-day water Management". *Blue-Green Systems*, 4 (2), 340-347. <https://doi.org/10.2116/bgs.2022.121>
- Negre, Joan; Martí, Ramón.** 2023: "Agua y poblamiento en el curso inferior del Ebro: los espacios agrarios de la ciudad de Tortosa en época antigua y medieval". *Agua y Territorio / Water and Landscape*, 24, e7233. <https://doi.org/10.17561/at.24.7233>
- Novotny, Vladimir; Ahern, Jack; Brown, Paul.** 2010: *Water centric sustainable communities. Planning, retrofitting and building the next urban environment*. New Jersey (EE.UU.), John Wiley & Sons.
- Pedregal, Belén.** 2005: *Población y planificación hidrológica: análisis internacional comparado de los contenidos sociodemográficos de la planificación hidrológica*. Sevilla (España), Colección Kora 14, Universidad de Sevilla, Consejería de Obras Públicas, Junta de Andalucía.
- Pinto, Virgilio (Dir.).** 2010: *Los viajes de agua de Madrid durante el Antiguo Régimen*. Madrid (España), Fundación Canal de Isabel II.
- Riesco, Pascual.** 2013: "Ordenación del territorio, paisajes y patrimonios del agua". *Guía Nueva Cultura del Agua*. Fundación Nueva Cultura del Agua. <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/areas/agua-y-territorio/78-ordenacion-del-territorio-paisajes-y-patrimonios-del-agua>
- Rojas, Araceli; Beccan, Nahuel.** 2020: "Studying Ancient Water Management in Monte Albán, Mexico, to Solve Water Issues, Improve Urban Living, and Protect Heritage in the Present" en Hein, Carola (Ed.), *Adaptive Strategies for Water Heritage*. Springer Open, 59-78. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00268-8>
- Serynco.** 2017: *Estudio sobre las posibles fuentes de abastecimiento de agua para la Finca de Torre Arias (Madrid)*. Dirección General de Agua y Zonas Verdes. Ayuntamiento de Madrid.
- Suárez, Joaquín; Puertas, Jerónimo; Anta, José; Jácome, Alfredo; Álvarez-Campana José Manuel.** 2014: "Gestión integrada de los recursos hídricos en el sistema agua urbana: Desarrollo Urbano Sensible al Agua como enfoque estratégico". *Ingeniería del agua* 18 (1), 111-123. <https://doi.org/10.4995/ia.2014.3173>
- Trillo San José, Carmen.** 2009: *El agua en al-Andalus*. Málaga (España), Sarriá.

- Tvedt, Terje; Coopey, Richard.** 2010. *A History of Water. Rivers and Society: From Early Civilizations to Modern Times*. Volume 2, Series 2. Londres (Reino Unido), I.B.Tauris.
- UNESCO.** 2011: "Living with Water". *World Heritage*, 59. World Heritage Center.
- Unnikrishnan, G. S.** 2016: "Traditional wisdom in harvesting water". *Journal of Traditional and Folk Practices* 2, 4, 50–53.
- van Schaik, Henk; van der Valkb, Michael; Willems, Willem.** 2015: "Water and Heritage: conventions and connections", en Willem, Willem; van Schaik, Heink (Eds.), *Water & Heritage. Material, conceptual and spiritual connections*. Leiden (Países Bajos), Sidestone Press, 19-36.
- Velázquez, Isabela; Verdaguer, Carlos; Vega, Pilar; Sanz, Alfonso.** 2021: *Estudio de Urbanismo, Movilidad y Sostenibilidad*. PDQTA. Estudios Previos. Sin publicar.
- Wittfogel, Karl.** 1955: "Aspectos del desarrollo de las sociedades hidráulicas". *Revista de Administración Pública*. México D.F. (México), Instituto Nacional de Administración Pública, 21-34.
- WWC - World Water Council.** 2016: *International World Water System Heritage Program*. https://www.icid.org/wsh_icid.html
- Yélamos, Javier G.; Villaroya, Fermín.** 2007: "El acuífero terciario detrítico de Madrid: pasado, posibilidades actuales y retos pendientes". *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(3), 317-324.