
This is the **published version** of the bachelor thesis:

Hu, Jianyang; Ribas Xirgo, Lluís , dir. Adaptació de la gestió dels recursos hídrics al canvi climàtic. 2024. 13 pag. (Grau en Gestió de Ciutats Intel·ligents i Sostenibles)

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/307923>

under the terms of the  license

Adaptar la gestión de los recursos hídricos al cambio climático

Jiayang Hu

Resumen— La gestión del agua urbana se ha vuelto especialmente importante bajo la crisis del agua provocada por el cambio climático. El objetivo de este estudio es encontrar estrategias de gestión sostenible del agua para el municipio de Cerdanyola de Vallès frente a los retos de la sequía. A través de la revisión de la literatura, encontré que la técnica de captación de agua atmosférica podría ser una solución potencial, puesto que puede aumentar los recursos hídricos disponibles. Por tanto, este trabajo se centra en esta técnica y evalúa su viabilidad en el municipio de Cerdanyola de Vallès. Los resultados finales indican que la técnica de recogida de agua de niebla no es adecuada para su aplicación en este municipio y que los métodos de recogida de rocío pueden ser más aplicables. Pero como ésta es sólo una conclusión conceptual, debemos realizar experimentos antes de poder saber con precisión si la tecnología se puede utilizar en este municipio.

Palabras clave— Gestión de recursos hídricos, Cambio climático, Sostenibilidad, Captación de agua atmosférica, Desarrollo urbano sostenible.

Abstract— Urban water management has become particularly important under the water crisis caused by climate change. The aim of this study is to find sustainable water management strategies for the municipality of Cerdanyola de Vallès in the face of drought challenges. Through the literature review, I found that the atmospheric water harvesting technique could be a potential solution as it can increase the available water resources. Therefore, this paper focuses on this technique and evaluates its feasibility in the municipality of Cerdanyola de Vallès. The final results indicate that the fog water collection technique is not suitable for application in this municipality and that dew collection methods may be more applicable. But since this is only a conceptual conclusion, we need to conduct experiments before we can know accurately whether the technology can be used in this municipality.

Keywords— Water Resources Management, Climate Change, Sustainability, Atmospheric water harvesting, Sustainable Urban Development.

1 INTRODUCCIÓN

ESTA investigación es un estudio realizado en respuesta a un reto propuesto por el Ayuntamiento de Cerdanyola del Vallès en el marco de un proyecto de mejora de la calidad docente mediante retos. Se trata de un reto en el que participan varios estudiantes y en el que yo me he ocupado específicamente de los métodos de adaptación de los recursos hídricos al cambio climático.

El clima y el agua están estrechamente relacionados con nuestras vidas, y un clima adecuado y recursos hídricos su-

ficientes son garantías importantes para una vida productiva. Sin embargo, con el crecimiento de la población y el desarrollo económico, el cambio climático global se ha visto exacerbado por las emisiones de las actividades humanas, causando impactos no despreciables en el ciclo del agua, afectando a las precipitaciones y aumentando el riesgo de sequías e inundaciones, con datos que muestran que para 2050, hasta dos tercios de la población mundial vivirá en zonas de escasez de agua [1], lo que ha supuesto un serio desafío para la supervivencia y el desarrollo humano, lo que ha llevado a reclamar una mejor gestión del agua existente para hacer frente al desafío climático.

El primer paso en cualquier convocatoria de nuevos enfoques para la gestión del agua debería ser aprender de los resultados de las políticas actuales de gestión del agua, identificar deficiencias y proponer soluciones [2]. Por lo tanto, en este estudio, exploraremos la situación actual y los

- E-mail de contacte: 1607060@uab.cat
- Treball tutoritzat per: Lluís Ribas Xirgo
- Curs 2023/24

retos de la gestión de los recursos hídricos en el municipio de Cerdanyola del Vallès bajo el cambio climático, y luego introduciremos una solución sostenible, a saber, las técnicas de captación atmosférica de agua. Finalmente, se evaluará la viabilidad de las técnicas de captación de agua atmosférica en el municipio de Cerdanyola del Vallès mediante el análisis de los datos topográficos y meteorológicos del municipio, y se ofrecerán recomendaciones para la futura gestión de los recursos hídricos.

1.1 Objetivo

Tras revisar las políticas y planes de gestión de los recursos hídricos existentes (ver el Apéndice), descubrí que la mayoría de las medidas parten de la restricción de la cantidad de agua consumida para resolver el problema de la escasez de agua causada por la sequía. Estas medidas pueden reducir el consumo de agua y aliviar la presión de la escasez de recursos, pero no resuelven el problema de raíz. Buscando bibliografía, encontré una posible solución: la tecnología de captación de agua atmosférica. Podemos aprovechar al máximo las fuentes naturales de agua de la atmósfera para aumentar los recursos hídricos disponibles. Aunque este método está aún en fase experimental, creo que puede aportar una solución factible al problema actual de escasez de agua y una referencia útil para el desarrollo de futuras estrategias de gestión del agua. Por lo tanto, decidí evaluar la viabilidad de las técnicas de captación de agua de la atmósfera en el municipio de Cerdanyola del Vallès mediante la recopilación y el análisis de datos topográficos y meteorológicos del municipio.

1.2 Metodología

Mediante la revisión bibliográfica, el Sistema de Información Geográfica (SIG) y el análisis cuantitativo de datos, este estudio pretende evaluar la viabilidad de las técnicas de captación de agua atmosférica para paliar la escasez de agua urbana en el municipio de Cerdanyola del Vallès.

En primer lugar, mediante una revisión bibliográfica, introdujimos el estado actual de las precipitaciones bajo el cambio climático, las técnicas de captación de agua atmosférica, los conceptos básicos de los recursos hídricos y los métodos de gestión del agua bajo diferentes etapas históricas para establecer los antecedentes de este estudio. A continuación, recopilamos información topográfica y datos meteorológicos del municipio de Cerdanyola del Vallès y, utilizando los programas QGIS y Excel, transformamos los datos recopilados en imágenes para una observación y análisis más visuales. Finalmente, analizamos la información recogida y evaluamos la viabilidad de implantar la tecnología de captación de agua atmosférica en el municipio de Cerdanyola del Vallès.

2 FUENTES DE AGUA

2.1 Por precipitaciones

La precipitación es el principal motor de la variabilidad del balance hídrico en el espacio y en el tiempo, y los cambios en la precipitación tienen implicaciones muy importantes para la hidrología y los recursos hídricos [3]. El efec-

to más directo del cambio climático global es un cambio en la cantidad de vapor de agua en el aire. El aumento de las temperaturas permite que el aire contenga más vapor de agua: por cada grado centígrado de aumento de la temperatura, el aire contiene un 7% más de vapor de agua [4]. Por consiguiente, el calentamiento aumenta la variabilidad del ciclo del agua. Numerosos datos muestran que en las latitudes medias y altas y en los trópicos se observa en general una tendencia al aumento de las precipitaciones, mientras que en las regiones subtropicales se observa en general una tendencia a la disminución de las precipitaciones, de modo que los lugares secos son cada vez más secos y los lugares húmedos cada vez más húmedos.

En el caso de España (parte peninsular), según las gráficas de precipitaciones anuales de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) desde 1961 hasta 2023, se observa que las precipitaciones han sido irregulares en los últimos años, con una tendencia decreciente a partir de 2020.

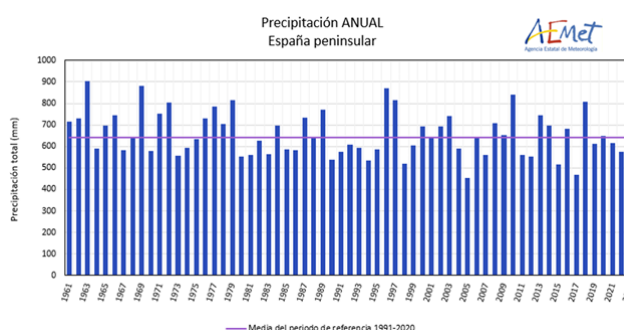


Fig. 1: Precipitación anual. Fuente: AEMET

2.2 Captación atmosférica de agua

Según las formas del agua transportada por el aire, las tecnologías de captación de agua atmosférica pueden dividirse en tres categorías diferentes: captación de lluvia artificial, recogida de agua de niebla y captación de agua de rocío [38].

Cuando la humedad relativa del aire supera el 80% y se acerca al 100%, aparece agua en forma de bruma o niebla que puede ser fácilmente adsorbida y captada por materiales adecuados. Cuando la humedad relativa es del 30-80%, el aire contiene mucho vapor de agua y las gotas de agua no pueden formarse fácilmente. Primero debe convertirse artificialmente en agua líquida. La mayoría de los entornos habitables se encuentran en esta región. Con una humedad relativa inferior al 30%, es difícil convertir el vapor de agua en gotas líquidas, incluso artificialmente [32].

2.2.1 Captación de lluvia artificial [43, 44]

La modificación del clima (también conocida como siembra de nubes o 'lluvia artificial') puede producir precipitaciones sustanciales, pero solo en la troposfera, donde se acumulan las nubes con abundancia de agua. No hay pruebas de que el mismo proceso pueda lograrse a nivel del suelo de forma rutinaria y controlable.

2.2.2 Captación de agua de niebla

La tecnología de recogida de niebla es un método innovador en el que las gotas de niebla, que son arrastradas por

el viento, se recogen mediante un sencillo proceso de impactación superficial. Físicamente, se tiende una malla de plástico orientada en la dirección predominante del viento y así parte de las gotas de niebla son interceptadas cuando el aire pasa a través de la malla. Las minúsculas gotas de niebla se fusionan y forman gotas de agua más grandes en el tejido de la malla y se escurren hacia un canalón adjunto. El agua recogida puede fluir hacia un tanque de sedimentación por gravedad y, en última instancia, hacia un sistema de suministro de agua doméstico y/o de riego [47].

Los colectores se clasifican en colectores de niebla estándar (SFC) y grandes colectores de niebla (LFC). El SFC suele utilizarse en estudios exploratorios a pequeña escala para evaluar la cantidad de agua que puede recogerse en condiciones específicas. El área del volumen recogido suele ser de 1×1 m², y la base está a 2 m del suelo. El LFC suele tener 12 m de largo, 6 m de alto, y un área de recogida de 48 m². Se utiliza principalmente para dispositivos prácticos de recogida de agua. Normalmente, el LFC puede producir entre 150 y 750 litros de agua al día [39].

La niebla de alta altitud y el alto contenido de agua son los principales criterios para la recogida de agua de niebla en las regiones áridas [41]. El desierto chileno de Atacama es uno de los lugares más secos de la Tierra, con una precipitación media anual inferior a 0,1 milímetros, y en muchas zonas no llueve desde hace décadas. En 1956, durante una sequía especialmente grave, el científico Carlos Espinosa Arancibia tuvo la innovadora idea de experimentar en la cordillera más alta, cerca de la ciudad de Antofagasta, diseñando atrapanieblas de malla con aberturas de apenas 1 milímetro. Se diseñó unas atrapanieblas de malla para capturar diminutas gotas de agua en la niebla. Las gotas de agua se acumulan en la red para formar gotas más grandes que acaban cayendo en los canales inferiores y son conducidas a través de tuberías hasta contenedores situados al pie de la montaña para su uso por la gente [40].

En resumen, los sistemas de captación de niebla se basan en materiales sencillos y relativamente baratos que pueden obtenerse de fuentes locales. Sin embargo, solo funcionan en una zona geográfica limitada y están restringidas a condiciones climáticas específicas, por ejemplo, debe haber niebla continua durante todo el año, que debe durar más tiempo [42]. Además, estas tecnologías requieren un mantenimiento continuo. En consecuencia, las tecnologías de captación de niebla no contribuyen mucho a paliar la escasez de agua.

2.2.3 Captación de agua de rocío [48]

La captación de agua de rocío se consigue haciendo pasar aire ambiente húmedo sobre una superficie refrigerada y obteniendo agua líquida condensada si la temperatura de la superficie es inferior a la temperatura del punto de rocío del aire.

1. Captación de agua mediante condensador de refrigeración radiativa (sistemas pasivos).

El principio del condensador de refrigeración radiativa es muy sencillo. Inspirado en la formación de rocío en las plantas por la mañana, la formación de rocío es impulsada por fenómenos de radiación de la superficie de los materiales. La formación del rocío es física y está determinada por el enfriamiento de la superficie sin energía adicional, siendo

el elemento más importante el gradiente de potencia entre la potencia radiativa saliente del condensador y la potencia radiativa del cielo.

Según la energía radiativa disponible para la condensación, el límite superior del rendimiento de rocío es de 0,8 L/día/m². Sin embargo, los rendimientos máximos registrados de agua de rocío en climas áridos y semiáridos suelen situarse en un rango de 0,3-0,6 L/día/m² de superficie. Los estudios realizados en climas más húmedos mostraron un rendimiento inferior; por ejemplo, en un entorno de pastizales perennes en los Países Bajos, la cantidad máxima de agua recogida fue de 0,19 L/día/m²; para una isla tropical húmeda de la Polinesia francesa, la cantidad máxima fue de 0,23 L/día/m²; y en un entorno agrícola cercano a una zona urbana en Sainte-Anne-de-Bellevue, QC, Canadá, la cantidad máxima fue de 0,37 L/día/m². Pero está limitada a un entorno específico (temperatura, aire húmedo, velocidad del viento, terreno), por lo que la producción de agua es baja [50].

2. Captación de agua mediante sorción/desecante (sistemas pasivos).

El proceso general de captación de agua atmosférica mediante desecante: la primera etapa es la absorción de agua por la noche, cuando el lecho de desecante absorbe la humedad del aire húmedo. La segunda etapa es la desorción de agua durante el día calentando el lecho con radiación solar, que regenerará el desecante expulsando el vapor de agua. En la tercera y última etapa, el agua evaporada se condensará en gotas de agua y se recogerá en un depósito.

Por ejemplo, el colector piramidal de vidrio descrito por Kabeel se investigó utilizando un serrín saturado de CaCl₂ y tela como desecante, con un rendimiento de agua de 2,5 L/día/m³, con mejor rendimiento del lecho de tela que del sistema de serrín. Asimismo, investigadores de Berkeley y del MIT han estudiado la posibilidad de captar agua del aire húmedo hasta un 20%. Basándose en el mismo principio de introducir elementos higroscópicos para mejorar la higroscopicidad, los investigadores utilizaron un kilogramo de cristales de esqueleto metal-orgánico poroso MOF-801 [Zr₆O₄(OH)₄(fumarato)₆] prensados en láminas higroscópicas. Los resultados publicados muestran que el MOF-801 supera a otros absorbentes, produciendo 2,8 litros de agua por kilogramo y pudiendo funcionar a niveles de humedad relativa tan bajos como el 20%, pero a un coste más elevado [51].

Las ventajas de un sistema desecante frente a los condensadores radiativos incluyen la capacidad higroscópica del desecante, que permite una recogida de agua más eficaz, consiguiendo puntos de rocío bajos sin riesgo de congelación y reduciendo así el coste operativo [49].

3. Captación de agua del aire mediante la tecnología de condensación por refrigeración activa [54, 53].

Los sistemas 'activos' suelen requerir compresores o bombas de vacío eléctricos y la cantidad de agua recogida está directamente relacionada con la energía aportada. La escala de los captadores activos varía desde los adecuados para el agua potable doméstica (15-50 l al día) hasta las unidades de escala industrial para el riego (2000 l al día), y sus rendimientos suelen ser significativamente mayores

que los de los sistemas pasivos. El consumo de energía por kilogramo de agua recogida es una de las principales preocupaciones de los sistemas activos y se verá afectado por la temperatura ambiente, la humedad y la eficacia de la recuperación de 'frío' en el equipo. Además, el coste de producción del agua es relativamente elevado [55].

Existen dos formas principales de tecnología de condensadores activos: los materiales desecantes regenerados térmicamente y los sistemas de condensación refrigerada. La tecnología de desecantes regenerados térmicamente utiliza materiales higroscópicos para aumentar la cantidad de niebla recogida. Los sistemas de condensación refrigerada contienen componentes de un sistema de refrigeración que proporcionan superficies de enfriamiento para que se produzca la condensación, las cuales están optimizadas para reducir la temperatura de una superficie determinada por debajo de la temperatura del punto de rocío.

Un diseñador australiano, Edward Linacre, ha inventado las gotas de aire para paliar las dificultades que la sequía acarrea a los agricultores. Los airdrops constan de un tubo en forma de mástil situado por encima del suelo a través del cual se aspira el aire que una turbina eólica impulsa hacia una bobina metálica subterránea. Como la tierra está a menor temperatura, enfría el aire por debajo de su punto de rocío, lo que provoca la condensación del vapor de agua. El agua líquida se acumula en un depósito desde donde se bombea a una red de tubos de riego hasta las raíces de las plantas, un método de distribución muy eficaz, ya que minimiza la pérdida de agua. El airdrop puede recoger 11,5 ml de agua por cada metro cúbico de aire en los desiertos más secos, como el Negev en Israel, que suele tener una humedad relativa del 64%, y puede producir 1 l de agua al día [54].

En resumen, los sistemas pasivos no necesitan electricidad ni otros insumos energéticos avanzados. Sin embargo, están limitados en cuanto a la cantidad de agua que pueden recoger y pueden limitarse a suministrar agua potable a comunidades pequeñas. Los sistemas activos, sin embargo, suelen requerir compresores eléctricos o bombas de vacío, y la cantidad de agua recogida está directamente relacionada con el aporte energético, con operaciones que van desde unos pocos litros al día hasta varios miles de litros al día, tanto para uso doméstico como para riego agrícola.

2.3 Por los recursos hídricos

Los recursos hídricos de la Tierra, en sentido amplio, son la totalidad del volumen de agua de la hidrosfera. Incluye las aguas superficiales y subterráneas bajo control humano y directamente disponibles para el riego, la generación de energía, el abastecimiento de agua, la navegación, la acuicultura y otros usos, así como los ríos, lagos, mareas, puertos y aguas de acuicultura. Sin embargo, los recursos totales de agua dulce de la Tierra representan solo el 2,5 % del total de las masas de agua del planeta, y la mayoría son glaciares sólidos situados principalmente en las regiones polares norte y sur.

El agua subterránea es el agua que se almacena en los huecos de las rocas bajo la superficie de la tierra, y es un componente importante de los recursos hídricos. El cambio

climático afecta al volumen de las aguas subterráneas. Se ha demostrado que el aumento de las temperaturas globales ha acelerado el deshielo de los glaciares, aumentando la recarga de los acuíferos subglaciales por el agua de deshielo glaciar [5]. La principal característica hidrometeorológica de las regiones alpinas es que una gran cantidad de precipitaciones invernales se almacena en forma de nieve durante los meses fríos y se libera en forma de agua de deshielo en primavera [6]. Debido a la influencia del calentamiento global, el principal período de recarga de las aguas subterráneas en las regiones alpinas ha pasado de la primavera a los meses de invierno, y la reducción del manto de nieve ha provocado una disminución de la cantidad de recarga de las aguas subterráneas en las regiones alpinas en primavera. Reducción de la recarga de aguas subterráneas en primavera en las regiones alpinas [7]. Es probable que estos cambios agraven el estrés hídrico.

Por aguas superficiales se entiende el agua dinámica y estática de la superficie terrestre, incluidas diversas masas de agua líquida y sólida, principalmente ríos, pantanos, glaciares, casquetes polares, etc. que es una importante fuente de agua para la vida humana [8]. El cambio climático ha provocado el continuo retroceso de los glaciares, lo que afecta a la escorrentía y a los recursos hídricos aguas abajo, y los resultados del estudio sobre la escorrentía de los 200 ríos más importantes del mundo muestran que aproximadamente un tercio de la escorrentía de los ríos tiene una. Los resultados del estudio sobre la escorrentía de los 200 ríos más importantes del mundo muestran que aproximadamente un tercio de los ríos presentan una clara tendencia al cambio: 45 de ellos muestran una tendencia decreciente y 19 una tendencia creciente [9].

La calidad del agua es una abreviatura de la calidad de una masa de agua, que significa las características físicas, químicas y biológicas y la composición de una masa de agua, la calidad del agua para la evaluación de la calidad de las masas de agua, una serie de parámetros de calidad del agua y las normas de calidad del agua, como el agua potable para uso doméstico, el agua industrial y la pesca, etc [10]. Los cambios en la temperatura afectarán a la calidad del agua. Los cambios de temperatura pueden afectar a la calidad del agua. La calidad del agua sufrirá efectos adversos debido a factores como el aumento de la temperatura de la masa de agua, la reducción del oxígeno disuelto en el agua y la disminución de la capacidad de autodepuración de las masas de agua dulce. Existe un riesgo adicional de contaminación del agua y de patógenos durante inundaciones o sequías con altas concentraciones de contaminantes [11].

3 GESTIÓN DEL AGUA

La gestión de los recursos hídricos responde desde hace tiempo a las cambiantes demandas de agua y se caracteriza por los siguientes enfoques de gestión (Fig.2).

La primera Conferencia Mundial del Agua, celebrada en Mar del Plata en 1977, introdujo el concepto de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), un enfoque que ayuda a equilibrar las demandas sociales y económicas de agua, que compiten entre sí, sin poner en peligro la sostenibilidad de los ecosistemas críticos, lo que se consigue

mediante marcos políticos y normativos coherentes, acuerdos de gestión y financiación [12]. En la década de 1990, la gestión de los recursos hídricos añadió características sostenibles a la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), a saber, la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos [13]. Con el impacto del cambio climático en los recursos hídricos, surgieron nuevos problemas y enfoques de gestión, y se desarrolló la Gestión Adaptativa de los Recursos Hídricos (GRAH), con un mayor énfasis en la adaptación y el principio de localización. La GRAH se define como el proceso científico-político que planifica interactivamente las incertidumbres sociales, ecosistémicas e hidroclimáticas; inicia acciones de respuesta; y evalúa iterativamente los resultados de los recursos hídricos proceso político [14]. Con el advenimiento de la era inteligente, el análisis interactivo requiere métodos de recopilación de datos más inteligentes y rápidos. Ha surgido la gestión inteligente del agua, que es una tecnología integrada con la tecnología de la comunicación. Integra tecnologías de la información y las comunicaciones para detectar recursos hídricos y diagnosticar problemas, mejorar la eficiencia y coordinar la gestión para ayudar a los clientes a superar los desafíos y proporcionar un suministro de agua sostenible a todos los ciudadanos [15].

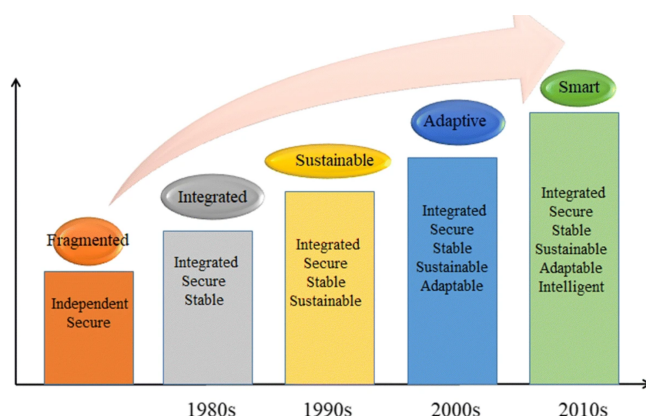


Fig. 2: Evolución de los enfoques de gestión del agua.
Fuente: Achieving Urban Water Security: a Review of Water Management Approach from Technology Perspective

4 ÁREA DE ESTUDIO: Cerdanyola del Vallès

4.1 Descripción geográfica [25]

La mitad norte del término municipal corresponde a la depresión natural del Vallès, donde se encuentran la llanura y la sierra de Galliners, y la mitad sur comprende gran parte de Collserola, en la vertiente noreste de la sierra. El término ocupa el sector meridional de la comarca del Vallès Occidental, en el umbral entre la depresión vallesana y la cordillera Litoral (Fig.3). Dos afluentes del río Ripoll cruzan el término municipal. Son el río Seco y la riera de Sant Cugat, donde desembocan todos los torrentes cerdanyolenses. Estos afluentes pertenecen a la cuenca del río Besòs y dan hoy identidad al paisaje urbano de la ciudad.

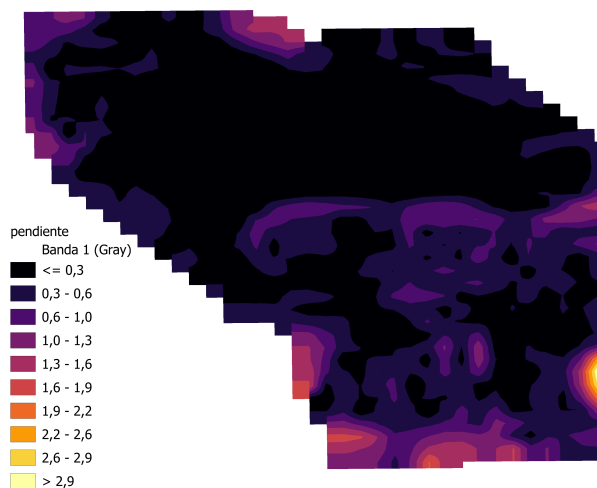


Fig. 3: pendiente de Cerdanyola del Vallès

4.2 La red de abastecimiento [33]

La red de abastecimiento de agua doméstica del municipio de Cerdanyola está gestionada principalmente por Aigües de Barcelona, empresa metropolitana de gestión del ciclo integral de l'aigua (ABEMCIA), con agua suministrada desde el río Ter y procesada en la planta de Cardedeu. La comarca de Bellaterra (compuesta por la UAB y un pequeño núcleo urbano) está gestionada por las Aigües de Sabadell (CASSA). Cerdanyola dispone de un total de cuatro depósitos de agua de distribución con una capacidad total de 13.054 m³, que se utilizan para regular la distribución del agua. Además, dentro de estas infraestructuras de almacenamiento se reclora el agua para apta para el consumo humano. Pero la ciudad no cuenta con infraestructura de producción y tratamiento de agua potable, por lo que no hay reutilización del agua. Sus aguas residuales son tratadas en la depuradora de Montcada i Reixac.

4.3 Cuantificación de la demanda [35]

Según las estadísticas del pla d'emergència para los años 2019, 2019 y 2021, el consumo doméstico del municipio representa el 65% del consumo total. Le siguen el consumo comercial e industrial con el 18% y el 11%, respectivamente, y por último, el consumo municipal con cerca del 6%. Estacionalmente, el consumo aumenta significativamente durante los meses más calurosos, principalmente de mayo a octubre, superando el consumo mensual los 300.000 m³.

4.4 El clima [26]

El municipio de Cerdanyola del Vallès es Mediterráneo de tipo Prelitoral Central. La precipitación media anual está comprendida entre los 600 mm y 650 mm en buena parte de la comarca, alcanzándose valores cercanos a los 800 mm en la Sierra de la Mola. Los máximos suelen registrarse en otoño y los mínimos en verano, aunque en la sierra Prelitoral estos se dan en invierno. Térmicamente, los inviernos son fríos, con temperaturas entre 6 °C y 8 °C de media, y los veranos calurosos, entre 22 °C y 23 °C de media, conllevando una amplitud térmica anual moderada. No hay hielo de

junio a octubre [34].

Los cambios pasados de las sequías en la región mediterránea son difíciles de evaluar, debido a los limitados registros con respecto a la fuerte variabilidad interanual de las precipitaciones [29]. Existe mucho más consenso sobre la posible evolución futura de las sequías en la región, con escenarios tanto climáticos como hidrológicos [30, 31] que sugieren un aumento de la frecuencia y la gravedad de las sequías.

4.5 Datos meteorológicos

Recogí los datos de temperatura media mensual, precipitación anual, humedad relativa media anual y velocidad media anual del viento del municipio de Cerdanyola del Vallès de la web Meteocerdanyola y Servei Meteorològic de Catalunya desde 2006 hasta 2022. Debido al desmantelamiento de la estación meteorológica del municipio de Cerdanyola del Vallès en enero de 2014, los datos de 2014 en adelante se sustituyeron por el uso de registros de datos de la estación meteorológica automatizada de Sant Cugat del Vallès.

Para facilitar el análisis de los datos y observar las tendencias, he utilizado Excel para crear gráficos de líneas y de barras de los datos recopilados. Visualiza la tendencia de los datos de las series temporales y nos ayuda a comprender mejor los datos.

4.5.1 Temperatura

Las temperaturas medias mensuales siguen un patrón estacional: los meses más calurosos son julio y agosto, y los más fríos, enero y febrero.

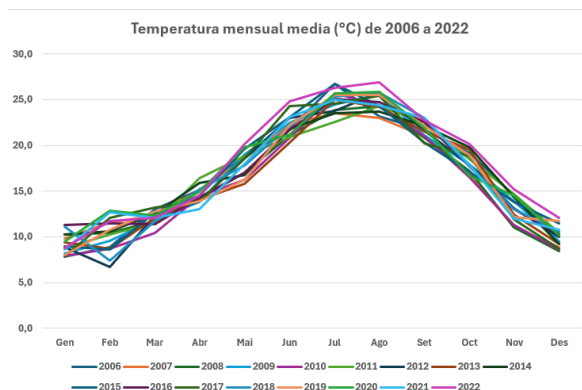


Fig. 4: Temperatura mensual media (°C) de 2006 a 2022

4.5.2 Precipitación (Fig.5)

Podemos encontrar que la precipitación anual se distribuye de manera desigual y muestra una tendencia a la baja.

4.5.3 Humedad relativa (Fig.6)

La humedad relativa media se situó en torno al 70%, con un mínimo del 66% y un máximo del 75%, con una tendencia general al alza, lo que sugiere que el aire es cada vez más húmedo y produce más rocío.

4.5.4 Velocidad del viento (Fig.7)

La velocidad media del viento oscila entre 1,0 m/s y 1,5 m/s y es relativamente suave.

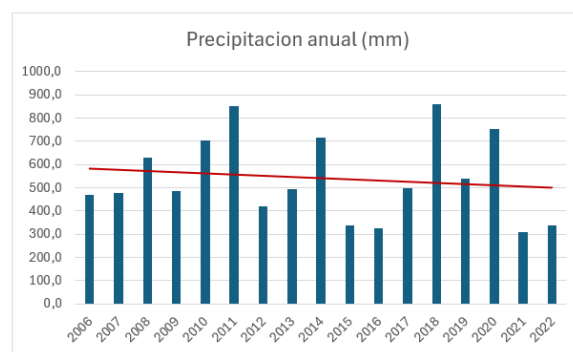


Fig. 5: Precipitación anual (mm) de 2006 a 2022

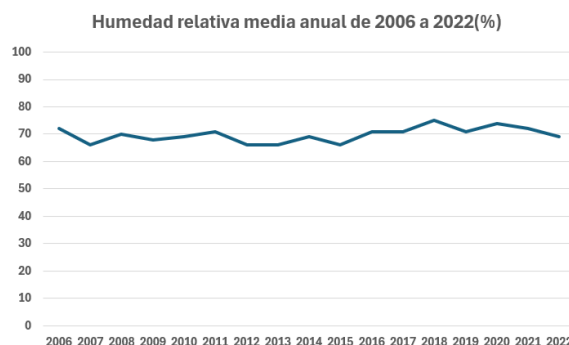


Fig. 6: Humedad relativa media anual (%) de 2006 a 2022

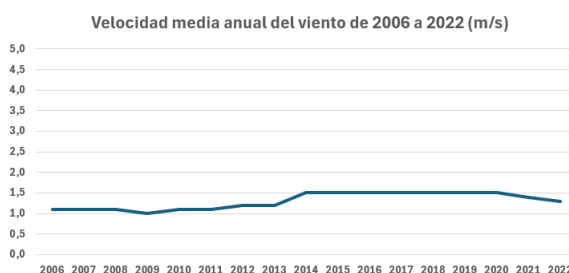


Fig. 7: Velocidad media anual del viento (m/s) de 2006 a 2022

En conjunto, el municipio de Cerdanyola del vallès presenta variaciones estacionales significativas en las temperaturas medias mensuales desde 2006 hasta 2022, con una tendencia decreciente en las temperaturas anuales, una humedad relativa media del aire en torno al 70% y velocidades del viento moderadas que oscilan entre 1,0 m/s y 1,5 m/s.

4.6 Evaluar la viabilidad de los dispositivos atmosféricos de recogida de agua

4.6.1 Para la captación de agua de niebla

Como hemos mencionado en la sección "Fuentes de agua", cuando la humedad relativa del aire se sitúa entre el 80% y el 100%, el agua aparece en forma de bruma o niebla que puede ser fácilmente adsorbida y captada por materiales adecuados, por lo que a menudo utilizamos la tecnología de captación de niebla para recoger la humedad del aire. Sin embargo, basándonos en los datos meteorológicos de Cerdanyola, sabemos que la humedad relativa media del aire en la ciudad es de aproximadamente el 70% y, debido a sus

características topográficas, la ciudad carece de niebla suficiente, por lo que no creo que las técnicas de captación de agua de niebla sean aplicables a esta zona.

4.6.2 Para la captación de agua de rocío

Las tecnologías de captación por condensador suelen aplicarse en un rango de entre el 30% y el 70% de humedad relativa del aire. Los condensadores pasivos de refrigeración radiante están más limitados a entornos específicos, y su producción de agua es baja y errática. La condensación activa es más eficaz que la pasiva y puede utilizarse con fines domésticos o industriales, pero requiere un mayor aporte de energía para mantener la unidad en funcionamiento continuo y, por tanto, cuesta más producir agua. La captación de agua atmosférica por adsorción, que suele realizarse en condiciones de baja humedad del aire, recoge espontáneamente el agua del ambiente y es respetuosa con el medio ambiente. Sin embargo, esta tecnología depende del rendimiento del adsorbente, y si este tiene fugas durante el funcionamiento, puede contaminar el agua recogida. Por lo tanto, creo que la tecnología de recogida de rocío puede aplicarse en Cerdanyola, utilizando una combinación de adsorción y condensación activa para recoger la humedad del aire de la forma más eficaz y rentable.

5 CONCLUSIÓN

El cambio climático plantea un serio desafío a los recursos hídricos mundiales. Este estudio examina la situación actual y los retos de los recursos hídricos urbanos y sus estrategias de respuesta en el contexto del cambio climático. Constatamos que las políticas actuales de gestión del agua, dirigidas principalmente a mitigar el estrés provocado por la sequía restringiendo su uso, no abordan las causas profundas de la escasez de agua. Creemos que la solución más eficaz es aumentar el suministro de agua, lo que puede lograrse diversificando el suministro de agua para mejorar la capacidad de adaptación de la ciudad y suplir las deficiencias del sistema de suministro de agua. Las tecnologías de captación de agua atmosférica son una solución potencial, ya que proporcionan una conexión alternativa entre el ciclo natural del agua y el ciclo urbano del agua. Por lo tanto, evaluamos la aplicabilidad de las tecnologías de captación de agua atmosférica en el municipio de Cerdanyola del Vallès. Teniendo en cuenta que las tecnologías de captación de agua atmosférica están muy influenciadas por las condiciones ambientales, recopilamos y analizamos datos topográficos y meteorológicos del municipio y descubrimos que las tecnologías de captación de agua de niebla no son adecuadas para su aplicación aquí. En cambio, la tecnología de captación de agua de rocío demostró un mayor potencial. Nuestra hipótesis es que, mediante una combinación de adsorción y condensación activa, las tecnologías de captación de rocío pueden capturar eficazmente la humedad del aire, aumentando así los recursos hídricos disponibles.

En resumen, concluimos que la tecnología de captación de agua de rocío es una opción que puede ayudar a mejorar la sostenibilidad en la gestión integrada del agua, y que podemos utilizar el agua recogida para regar plantas en parques y otros lugares. Sin embargo, dado que esta conclusión se basa en la extrapolación de la bibliografía existente,

desconocemos la cantidad exacta de agua que puede recoger un sistema de recogida de agua de rocío. Por lo tanto, proponemos realizar una prueba piloto en el municipio de Cerdanyola del Vallès para garantizar la eficacia práctica y la viabilidad de la tecnología. Deberíamos seleccionar diferentes ubicaciones y registrar periódicamente la cantidad de agua recogida en cada depósito para identificar los lugares con un volumen de recogida estable y elevado, donde se instalarán los dispositivos de recogida de rocío. Creemos que estos esfuerzos proporcionarán una base más fiable y científica para las decisiones de gestión del agua de la Ciudad en el futuro.

6 AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a mi supervisor, el profesor Lluís Ribas Xirgo, que me dio ideas cuando al principio no estaba segura de la dirección de mi investigación y que me aconsejó y guió meticulosamente durante todo el proceso de investigación. También quiero dar las gracias a Marta Valero Sánchez, mi tutora del ayuntamiento, que me proporcionó muchos materiales e información importantes para la investigación. El apoyo y la orientación de mis supervisores han sido cruciales para ayudarme a completar mi tesis. Además, me gustaría agradecer especialmente a mi familia su comprensión, apoyo y ánimo durante mi estudio.

REFERÈNCIES

- [1] Vörösmarty, C.J.; McIntyre, P.B.; Gessner, M.O.; Dudgeon, D.; Prusevich, A.; Green, P.; Glidden, S.; Bunn, S.; Sullivan, C.A.; Liermann, C.R.; et al. *Global threats to human water security and river biodiversity*. *Nature* 2010, 467, 555–561.
- [2] Catherine Allan, Jun Xia, Claudia Pahl-Wostl *Climate change and water security: challenges for adaptive water management*, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 625–632.
- [3] Hydrology and water resources.
<https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg2/chapter-4-hydrology-and-water-resources/>
- [4] Changes in precipitation in the context of global temperature change
<http://epaper.zgqxb.com.cn/>
- [5] Ma R, Sun Z Y, Chang Q X, et al. *Control of the interactions between stream and groundwater by permafrost and seasonal frost in an Alpine Catchment, Northeastern Tibet Plateau, China [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 2021, 126 (5): e2020JD033689
- [6] Jasechko S, Wassenaar LI, Mayer B. *Isotopic evidence for widespread cold-season-biased groundwater recharge and young streamflow across central Canada*. *Hydrological Processes*, 2017;31:2196–2209.
- [7] ygren M, Giese M, Kløve B, et al. *Changes in seasonality of groundwater level fluctuations in a temperate-cold climate transition zone [J]. Journal of Hydrology*, 2020, 8: 100062
- [8] Kundzewicz, Z.W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. Oki, Z. Sen and I.A. Shiklomanov 2007: *Freshwater resources and their management*. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 173–210.
- [9] Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2013, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- [10] Water quality
<https://baike.baidu.com/item/>
- [11] UNESCO, UN-Water 2020: *United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO*.
- [12] UNEP (2021). *Progress on Integrated Water Resources Management. Tracking SDG 6 series: global indicator 6.5.1 updates and acceleration needs*.
- [13] Su, Y., Gao, W., Guan, D. et al. *Achieving Urban Water Security: a Review of Water Management Approach from Technology Perspective*. *Water Resour Manage*, 34, 4163–4179 (2020)
- [14] Scott, C. A., Meza, F. J., Varady, R. G., Tiessen, H., McEvoy, J., Garfin, G. M., Farfan, L. M., Wilder, M., & Pineda-Pablos, N. (2013). *Water Security and Adaptive Management in the Arid Americas*. *Annals of the Association of American Geographers*, 103, 280–289.
- [15] Choi, G.W., Chong, K.Y., Kim, S.J. et al. *SWMI: new paradigm of water resources management for SDGs*. *Smart Water* 1, 3 (2016).
- [16] UNESCO, UN-Water 2020: *United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO*.
- [17] UNESCO, UN-Water 2020: *United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO*.
- [18] V. Hermoso and S.B. Carvalho and S. Giakoumi and D. Goldsborough and S. Katsanevakis and S. Leontiou and V. Markantonatou and B. Rumes and I.N. Vogiatzakis and K.L. Yates *The EU Biodiversity Strategy for 2030: Opportunities and challenges on the path towards biodiversity recovery*, 2022, 263–271
- [19] Orientaciones estratégicas de agua y cambio climático
<https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/sistema-espaniol-gestion-agua/estrategia.html>
- [20] Libro Verde de la Gobernanza del Agua en España, 2020
- [21] Pla de gestió del districte de conca fluvial de Catalunya i el seu Programa de mesures
<https://aca.gencat.cat/ca/plans-i-programes/pla-de-gestio/>
- [22] Programa de seguiment i control.
<https://aca.gencat.cat/ca/plans-i-programes/programa-de-seguiment-i-control/>
- [23] Gestió del risc d'inundació.
<https://aca.gencat.cat/ca/plans-i-programes/gestio-del-risc-dinundacions/>
- [24] Pla de sequera.
<https://aca.gencat.cat/ca/plans-i-programes/pla-de-sequera/>
- [25] Localización de Cerdanyola del Vallès
<https://www.cerdanyola.cat/la-ciutat/sobre-cerdanyola>
- [26] Yves Trambly, Aristidis Koutroulis, Luis Samaniego, Sergio M. Vicente-Serrano, Florence Volaire,

- Aaron Boone, Michel Le Page, Maria Carmen Llasat, Clement Albergel, Selmin Burak, Maxime Caillet, Ksenija Cindrić Kalin, Hendrik Davi, Jean-Luc Dupuy, Peter Greve, Manolis Grillakis, Lahoucine Hanich, Lionel Jarlan, Nicolas Martin-StPaul, Jordi Martínez-Vilalta, Florent Mouillot, David Pulido-Velazquez, Pere Quintana-Seguí, Delphine Renard, Marco Turco, Murat Türkeş, Ricardo Trigo, Jean-Philippe Vidal, Alberto Vilagrosa, Mehrez Zribi, Jan Polcher *Challenges for drought assessment in the Mediterranean region under future climate scenarios*, 2020, Volume 210
- [27] Lionello, P. (Ed.) *The climate of the Mediterranean region: from the past to the future*, 1st ed. ed, Elsevier insights. Elsevier, London; Waltham, MA. , 2012
- [28] Lorenzo-Lacruz, J., Garcia, C., Morán-Tejeda, E. *Groundwater level responses to precipitation variability in Mediterranean insular aquifers*. *J. Hydrol.* 552, 516–531.
- [29] Vicente-Serrano, S., Domínguez-Castro, F., Murphy, C., Hannaford, J., Reig, F., Peña-Angulo, D., Trambay, Y., Trigo, R., MacDonald, N., Luna, M., McCarthy, M., Schrier, G., Turco, M., Camuffo, D., Noguera, I., El Kenawy, A., García-Herrera, R., Becherini, F., Valle, A., 2020b. *Long term variability and trends of droughts in Western Europe(1851-2018)*.
- [30] Dubrovský, M., Hayes, M., Duce, P., Trnka, M., Svoboda, M., Zara, P. *Multi-GCM projections of future drought and climate variability indicators for the Mediterranean region*. *Reg. Environ. Change* 14, 1907–1919. 2014.
- [31] Forzieri, G., Feyen, L., Rojas, R., Flörke, M., Wimmer, F., Bianchi, A. *Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe*. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18 2014,85–108.
- [32] Zhang, M.; Liu, R.; Li, Y. *Diversifying Water Sources with Atmospheric Water Harvesting to Enhance Water Supply Resilience*. *Sustainability* 2022, 14, 7783.
- [33] Localización de Cerdanyola del Vallès <https://www.cerdanyola.cat/la-ciutat/sobre-cerdanyola>
- [34] Climatologies comarcals <https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima/climatologies-comarcals/>
- [35] Localización de Cerdanyola del Vallès <https://www.cerdanyola.cat/la-ciutat/sobre-cerdanyola>
- [36] Pla d'emergència en situació de sequera del municipio de Cerdanyola del Vallès (exp. 180/2023/4)
- [37] l'Ordenança municipal per a l'estalvi d'aigua, https://www.cerdanyola.cat/sites/default/files/fitxers/2013-11-21_publicacioxogc_aprovacioxdefinitiva.pdf
- [38] Hasila Jarimi, Richard Powell, Saffa Riffat. *Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting*, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Volume 15, Issue 2, 2020,253-276.
- [39] Hasila Jarimi, Richard Powell, Saffa Riffat. *Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting*, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Volume 15, Issue 2, 2020,253-276.
- [40] Chile: los atrapanieblas que capturan agua en Atacama, uno de los lugares más secos del mundo
- [41] Schemenauer, Robert S., Pilar Cereceda, and Pablo Osses. *The complementary aspects of projects to collect rain, fog and dew*. In *XI th International Conference on Rainwater Catchment System*, pp 2003,1033-1052.
- [42] Schemenauer, Robert S., Pilar Cereceda, and Pablo Osses. *The complementary aspects of projects to collect rain, fog and dew*. In *XI th International Conference on Rainwater Catchment System*, pp 2003,1033-1052
- [43] DeFelice, T.P., and Axisa, D. *Modern and prospective technologies for weather modification activities: developing a framework for integrating autonomous unmanned aircraft systems*. *Atmos. Res.* 193 2017,173–183.
- [44] Brintjes, R.T. *A review of cloud seeding experiments to enhance precipitation and some new prospects*. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 80. 1999,805–820.
- [45] Shen, H.F. and Guo, F. *Tritiated Water Uptake (HTO) and Loss in Maize Plant after Short-Term Exposure of Atmospheric HTO Vapor at Daytime and Nighttime*. *Applied Radiation and Isotopes*, 154, Article ID: 108905. 2019
- [46] Wu, Q., Su, W., Li, Q., et al. *Enabling Continuous and Improved Solar-Driven Atmospheric Water Harvesting with Ti3C2-Incorporated Metal-Organic Framework Monoliths*. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 13 2021,38906-38915.
- [47] Mussie Fessehayee and Sabah A. Abdul-Wahab and Michael J. Savage and Thomas Kohler and Tseggai Gherezghiher and Hans Hurni. *Fog-water collection for community use*, 2014,52-62.
- [48] Hasila Jarimi, Richard Powell, Saffa Riffat. *Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting*, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Volume 15, Issue 2, 2020,253-276.
- [49] Gido B, Friedler E, Broday DM. *Liquid-desiccant vapor separation reduces the energy requirements of atmospheric moisture harvesting*. *Environ Sci Technol*, 2016;50:8362–7.
- [50] Hasila Jarimi, Richard Powell, Saffa Riffat. *Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting*, *International Journal of Low-Carbon Technologies*, Volume 15, Issue 2, 2020,253-276.

- [51] Hasila Jarimi, Richard Powell, Saffa Riffat. *Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting, International Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 15, Issue 2, 2020,253-276.*
- [52] Hasila Jarimi, Richard Powell, Saffa Riffat. *Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting, International Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 15, Issue 2, 2020,253-276.*
- [53] Khalil, B., Adamowski, J., Shabbir, A. et al. *A review: dew water collection from radiative passive collectors to recent developments of active collectors. Sustain. Water Resour. Manag. 2, 2016,71–86.*
- [54] Hasila Jarimi, Richard Powell, Saffa Riffat. *Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting, International Journal of Low-Carbon Technologies, Volume 15, Issue 2, 2020,253-276.*
- [55] Khalil, B., Adamowski, J., Shabbir, A. et al. *A review: dew water collection from radiative passive collectors to recent developments of active collectors. Sustain. Water Resour. Manag. 2, 2016,71–86.*

APÉNDICE

A.1 Política o plan de gestión de recursos hídricos

1 Mundial:

1). Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

Destacar el agua en la agenda como un factor de conexión vital para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Entre ellos, el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6: Agua limpia y saneamiento tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Al mismo tiempo, el agua no sólo es importante para la vida humana, sino también para los ecosistemas marinos y terrestres, la producción de alimentos y energía, la vitalidad y la industria, y para proporcionar un entorno de vida sostenible y saludable. Y el agua juega un papel vital en la mitigación y adaptación al cambio climático [16].

2). Convenio Internacional del Agua

Los marcos jurídicos e intergubernamentales mundiales sobre el agua, como la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho de los cursos de agua para fines navegables y la Convención sobre la protección y utilización de los cursos de agua transfronterizos y los lagos internacionales, proporcionan un marco para abordar los impactos del cambio climático en los recursos hídricos [17].

3). Estrategia de la UE sobre Biodiversidad 2030

Uno de los objetivos del enfoque de recuperación de la naturaleza en esta estrategia es identificar y eliminar barreras a la conectividad de las aguas superficiales para que al menos 25.000 kilómetros de ríos en la UE puedan recuperar sus condiciones de flujo libre para 2030 [18].

2 España:

El sistema de gobernanza del agua de España es un ejemplo de la adaptabilidad de un sistema de gobierno basado en la planificación, la participación pública, el desarrollo tecnológico y la innovación, pero debido al cambio climático, España enfrenta actualmente enormes desafíos relacionados con el agua, como frecuentes sequías y grandes inundaciones. Además, la restauración ambiental de ríos, lagos, humedales y cuerpos de agua subterráneos es otro de los principales problemas que enfrentamos. Por lo tanto, se necesitan más acciones para abordar estos desafíos. Aprobado el Reglamento Legal nº 7/2021, de 19 de julio de 2022, sobre cambio climático y transición energética, por el que se establece en su artículo 19.2 una serie de directrices estratégicas en materia de gestión del agua y cambio climático encaminadas a restaurar, restaurar y proteger las masas de agua, potenciar la seguridad hídrica, mejorar saneamiento y depuración, prevenir y controlar la contaminación difusa, avanzar en la gestión de inundaciones y sequías, y reunir herramientas para la planificación hidrológica y la gestión del riesgo de inundaciones y sequías, y otras estrategias y planes para limpieza, restauración de ríos o acciones para proteger el agua subterránea. El informe también identifica las herramientas de gobernanza que requieren avances para mejorar la gobernanza, teniendo en cuenta, como siempre, la transparencia y la participación [19].

1). Libro Verde sobre la Gobernanza del Agua [20]

El objetivo es avanzar en la construcción colaborativa de modelos de gobernanza del agua que permitan a España afrontar los retos actuales y futuros en la gestión del agua. En última instancia, se trata de lograr mejoras ambientales que garanticen la cantidad y calidad del agua para las personas y las actividades económicas que dependen del agua. Los diagnósticos extraídos del debate indican que el modelo de gobernanza del agua debe transformarse en varios ámbitos: fortalecer la administración pública y mejorar la coordinación de las políticas sectoriales y la coherencia entre los diferentes niveles administrativos; mejorar la generación y transparencia de información y conocimiento; promover la cooperación ciudadana y corresponsabilidad de las entidades sociales (incluidos los usuarios), mejorando la flexibilidad y adaptabilidad de los modelos de financiación y gestión.

3 Cataluña:

1). El Plan de gestión del distrito de cuenca fluvial de Cataluña (PGDCFC) [21]

El PGDCFC delimita las cuencas hidrológicas catalanas y es una herramienta para definir las actuaciones y medidas necesarias para desarrollar los objetivos del plan hidrológico de la región de la cuenca catalana. Su extensión territorial se compone de cuencas internas y aguas subterráneas y costeras asociadas. Hay tres ciclos de planificación, de 2009 a 2027, y los planes se revisan cada seis años.

2). Plan de Seguimiento y Control (PSiC) [22]

PSiC es una herramienta de planificación hidrológica que define los mecanismos necesarios para obtener una visión general, coherente y completa del estado de las masas de agua de la cuenca catalana. Los resultados del programa permiten que otras herramientas de planificación determinen el grado de consecución de los objetivos ambientales para cada masa de agua y analicen las medidas necesarias para alcanzar dichos objetivos, así como la evolución de estas medidas en el tiempo. Se incorporan los resultados del programa de seguimiento y control, ya sean datos brutos obtenidos en el análisis de parámetros fisicoquímicos, elementos biológicos o hidrogeomorfológicos, sustancias prioritarias o preferidas, y su integración y combinación, así como el análisis final de las condiciones del cuerpo de agua, en la tramitación Plan de gestión de la cuenca hidrográfica de Cataluña.

3). Plan de Gestión del Riesgo de Inundaciones (PGRI) [23]

El PGRI es una herramienta que define las medidas de evaluación y gestión del riesgo de inundaciones desarrolladas por las respectivas autoridades, con el principal objetivo de garantizar que no aumente el riesgo de inundación actual, cumpliendo con lo establecido en el RDI, y teniendo en cuenta el estado de la masa de agua y los objetivos medioambientales. Actualizada cada seis años, y cada ciclo de planificación consta de tres fases, la Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundaciones (APRI) tiene como objetivo identificar áreas del Territorio donde existe un riesgo potencial significativo de inundación o donde se considera probable que dicho riesgo se materialice. Luego se genera el Mapa

de Peligro y Riesgo de Inundaciones MAPRI, con el objetivo de representar gráficamente áreas con diferentes niveles de probabilidad de inundaciones asociados con el ARPSI identificado en el APRI, así como el impacto de las inundaciones en las personas, el medio ambiente, el patrimonio cultural, las actividades económicas y la infraestructura. Finalmente, se desarrolla un plan de gestión del riesgo de inundaciones PGRI para definir e integrar medidas de protección diseñadas para abordar los problemas relacionados con las inundaciones a través de medidas estructurales o de gestión de riesgos para reducir razonablemente las pérdidas esperadas.

4). Plan de Sequía (PES) [24]

El Plan especial de actuación en situación de alerta y eventual sequía (PES) es el instrumento de planificación que prevé las reglas de explotación de los sistemas y las medidas a aplicar en relación con la utilización del dominio público hidráulico y deben activarse una vez la Agencia Catalana del Agua, dados los indicadores establecidos, declare formalmente la situación de alerta y eventual sequía. tiene por objetivo dar continuidad ágil y eficiente desde la gestión ordinaria o de normalidad hidrológica hacia la gestión de situaciones de sequía y los episodios más críticos de falta de disponibilidad de recursos hídricos. Es una herramienta flexible y eficaz para gestionar eventos de sequía.

En la fase de alerta:

La cantidad de agua suministrada a la población no podrá superar la dotación máxima de 250 litros por persona y día, incluida la parte aportada por los recursos propios del municipio. Los jardines y espacios verdes públicos y privados sólo podrán regarse entre las 20.00 y las 8.00 horas, el volumen de riego mensual no podrá superar los 450 m³/ha, y las instalaciones de riego deberán utilizar niveles mínimos de riego y estar equipadas con dispositivos de control, como sensores automáticos, para evitar el riego durante los días de lluvia. Los jardines privados podrán regarse un máximo de dos días por semana. Se prohíbe el llenado total o parcial de fuentes ornamentales, lagos artificiales y otros elementos acuáticos estéticos, y sólo se permite el mantenimiento de lagos artificiales que sirvan de soporte a la vida acuática. Se prohíbe el uso de mangueras u otros sistemas para la limpieza de calles, aceras, fachadas, etc. Deben utilizarse esponjas y cubos para la limpieza. Se prohíbe el uso de agua para eliminar el polvo y las materias en suspensión suspendidas en el aire. Las piscinas sólo podrán reponerse por la pérdida de agua debida a la evaporación y limpieza de filtros, o por el primer llenado de una piscina nueva, o en el caso de piscinas infantiles desmontables con un volumen inferior a 500 litros. La limpieza de vehículos se limita a los establecimientos comerciales equipados con un sistema de recirculación de agua, y sólo se pueden utilizar esponjas y cubos para la limpieza si se realiza fuera del local comercial, y en casos especiales, por ejemplo, los vehículos de transporte de alimentos, los vehículos de transporte de animales, las ambulancias, los vehículos médicos y los vehículos de transporte de residuos pueden limpiar sus vehículos fuera del local comercial, siempre que sean lo más eficientes posible en el uso del agua. La cantidad de agua utilizada en la red de suministro de agua potable de la explotación está limitada a la cantidad necesaria para abreviar y limpiar a los

animales y limpiar los locales. Además, en caso de sequía, las administraciones locales podrán aplicar restricciones y/o prohibiciones adicionales en el uso del agua para instalaciones deportivas públicas o privadas, así como para eventos y/o zonas recreativas, que deberán incluirse en el plan de emergencia.

En la fase de excepcionalidad:

La cantidad de agua prevista para el abastecimiento de la población no puede superar la dotación máxima equivalente de 230 litros por habitante y día. Está prohibido utilizar agua para regar jardines y espacios verdes públicos y privados, a excepción del riego de supervivencia de árboles o plantas. Este riego de supervivencia debe realizarse entre las 20.00 y las 8.00 horas, utilizando la cantidad mínima de agua necesaria y sólo mediante riego por goteo o aspersión. Se prohíbe el uso de agua potable para la limpieza de calles, alcantarillas, aceras, fachadas, etc., ya sean públicas o privadas, salvo que la limpieza sea consecuencia de un accidente o incendio, o si existe riesgo sanitario o para la salud. La inyección de agua en piscinas se limita a la reposición parcial de piscinas con sistemas de recirculación de agua o, en el caso de centros educativos, piscinas portátiles con capacidad inferior a 500 litros. Las administraciones locales podrán establecer restricciones y/o prohibiciones adicionales en sus planes de contingencia ante situaciones de sequía para el uso del agua en régimen especial en instalaciones deportivas públicas o privadas y en eventos y/o recintos recreativos. La autorización de reutilización de aguas regeneradas devuelve agua regenerada al río Llobregat aguas arriba de la Estación Depuradora de Sant Joan Despí para aumentar la disponibilidad de recursos de la planta. Al mismo tiempo, las autoridades sanitarias y la Agencia Catalana del Agua deben determinar la frecuencia y los parámetros de control necesarios en función de la evolución de la sequía y de los resultados obtenidos.

En la fase de emergencia:

En Emergencia I, la cantidad prevista para el abastecimiento de la población no debe superar una dotación máxima equivalente de 200 litros por habitante y día, incluida la parte aportada por los recursos propios del municipio. En Emergencia II, este máximo se reduce a 180; en Emergencia III, se reduce a 160. El uso de agua para regar jardines y espacios verdes públicos y privados sigue estando prohibido. Se permite el uso de agua procedente de redes de agua potable no municipales para el riego, salvo en el caso de la presencia de árboles singulares o monumentales en lugares públicos. Se prohíbe cualquier grado de llenado de fuentes, lagos artificiales y otros elementos acuáticos. Se prohíbe el llenado total o parcial de piscinas de cualquier tipo. Se prohíbe la limpieza de cualquier tipo de vehículo, excepto en una instalación comercial de limpieza de vehículos. Las administraciones locales podrán establecer restricciones y/o prohibiciones adicionales en el uso del agua para instalaciones y eventos deportivos públicos o privados y/o áreas recreativas durante un estado de emergencia como parte de un plan de emergencia en caso de sequía.

5). Pla d'emergència en situació de sequera del municipi de Cerdanyola del Vallès [36]

Este plan identifica los recursos hídricos disponibles en el municipio de Cerdanyola del vallès para la red de abas-

tecimiento, infraestructuras, explotación, escenarios de alta demanda y de uso normal o consuntivo. Asimismo, define las medidas necesarias para cumplir con las restricciones de uso de agua aplicables a cada escenario de sequía. Además, se incorporan una serie de medidas preventivas, organizativas y administrativas necesarias para el desarrollo de los diferentes aspectos previstos en este Plan de Contingencia, que proporcionan un enfoque más amplio e integral de la gestión durante la sequía. El objetivo principal de este plan es dotar a las administraciones públicas correspondientes de una metodología clara y coherente como guía para la gestión de los periodos de sequía.

El siguiente es el consumo de agua en diferentes áreas según el municipio de Cerdanyola del Vallès:

La gestión y mantenimiento de los espacios verdes y arbolado del municipio de Cerdanyola del Vallès es responsabilidad directa del Ayuntamiento. Actualmente, el municipio cuenta con un conjunto de parques o zonas verdes urbanas y periurbanas con una superficie total de unos 493.144 m² (49,31 ha), siendo el mayor consumo principalmente durante los meses de verano, de abril a octubre, y la dotación actual de riego para todos los meses del año está por debajo de la dotación máxima de agua potable permitida de 450 m³/ha/mes. El uso de agua en jardines privados es muy bajo y tiene un impacto insignificante en la gestión de la sequía.

El consumo de las fuentes decorativas es actualmente casi insignificante, pero se cerrarán durante la fase de alerta. Las fuentes de boca también consumen muy poco y, dado que su misión es ayudar a los ciudadanos más vulnerables de la ciudad, no se apagarán durante los episodios de sequía.

Hay un total de cinco piscinas municipales, y no es necesario cerrarlas todas en caso de alarmas y anomalías, pero sí cortar todas las conexiones de agua a las piscinas municipales de la Cerdanyola del Vallès durante la fase de emergencia. Además, en el municipio hay aproximadamente 150 piscinas privadas y se aplican las mismas medidas que para las piscinas públicas.

El consumo total de agua potable para la limpieza vial en 2022 fue de 35.343 m³. A partir de la fase de excepcionalidad deberá cortarse el suministro de agua de las diferentes acometidas que tienen esta función.

6). l'Ordenança municipal per a l'estalvi d'aigua [37]

La ordenanza municipal para el ahorro de agua aprobada en 2013 establece medidas específicas de conservación de agua para edificios, piscinas, zonas verdes ajardinadas públicas y privadas, fuentes, estanques e instalaciones ornamentales de agua, con el objetivo de incorporar instalaciones y mecanismos de conservación de agua regulados en edificios y otras construcciones para reducir el consumo y evitar el despilfarro.

En los edificios, las aguas pluviales recogidas en la cubierta deberán almacenarse en un depósito que se destinará al riego de parques y jardines, limpieza interior y exterior, cisternas de inodoros y cualquier otro uso adecuado a sus características. En ningún caso el tamaño del depósito será inferior a: 10 m³ para parcelas con superficie entre 600 y 1.000 m² y 15 m³ para parcelas con superficie superior a 1.000 m².

En el caso de las piscinas, debe existir un sistema de recogida continua que permita una recirculación uniforme en toda la cubierta de agua. Las piscinas no utilizadas no se vacían durante la temporada y requieren un mantenimiento preventivo periódico. Las piscinas sólo se vaciarán cuando se realicen operaciones de reparación o mantenimiento. Se utilizarán cubiertas flotantes durante los periodos en que la piscina no esté en uso para minimizar las pérdidas por evaporación y evitar la contaminación del agua. Los materiales de cubierta no deben contener compuestos contaminantes y deben ser reciclables cuando se degraden. En el diseño de piscinas, en el caso de piscinas al aire libre, las pérdidas de agua pueden minimizarse mediante barreras naturales o situándolas en zonas protegidas.

Para los espacios verdes ajardinados públicos y privados, el diseño básico del espacio verde respetará la estructura natural del terreno, minimizará las zonas de alto consumo de agua, creará zonas de sombra, utilizará sistemas de riego eficientes, empleará plantas autóctonas, promoverá un equilibrio ecológico, planificará y plantará a largo plazo y eliminará los residuos adecuadamente. En zonas de más de 1.000 m², donde el césped cubre un máximo del 15% de la superficie, el agua potable para el riego de jardines se limita a un máximo de 1.600 m³/ha/año. Los sistemas de riego deben adaptarse a la vegetación para minimizar el uso de agua y deben regarse con agua procedente de la recogida de aguas pluviales o del desbordamiento de estanques siempre que sea posible y debidamente declarada. Cuando se diseñen nuevos espacios verdes públicos o privados con una superficie igual o superior a 600 m², se deberá considerar la posibilidad de utilizar agua de lluvia y/o regenerada en lugar de agua potable, así como el desarrollo de un plan de mantenimiento anual que incluya sistemas de ahorro de agua. Además, las superficies ajardinadas de más de 1.000 m² o las regadas con agua regenerada deben disponer de un sistema de control de fugas y alarma.

En el caso de fuentes, estanques y elementos hidráulicos ornamentales, se exigen dispositivos de ahorro de agua. Los aliviaderos de superficie para cubiertas de agua de estanques y elementos hidráulicos ornamentales se diseñarán para drenar el exceso de agua procedente de entradas directas de aguas pluviales o de la acumulación de escorrentía. En las instalaciones nuevas diseñadas con fuentes o elementos móviles se tendrá en cuenta que la altura de los chorros de agua verticales sea inferior al 70% de la distancia desde el punto de la boquilla de cada bomba hasta el borde más próximo del cristal de montaje. Las instalaciones con surtidores o elementos hidráulicos deben tener en cuenta la posibilidad de que las fuerzas del viento provoquen que el agua salga del recinto contenedor y afecte a la calzada o zona circundante, por lo que deberá instalarse un anemómetro para limitar la altura de las bombas o cortar el flujo. Además, no se construirán elementos hidráulicos decorativos con suministro continuo de agua y todos los elementos con agua corriente deberán disponer de un sistema de recirculación.