CONAMA2026

METODOLOGÍA MULTICRITERIO PARA LA SELECCIÓN DE TÉCNICAS DE GESTIÓN DESCENTRALIZADA DEL AGUA

Amaya Lobo García de Cortázar[1]; C. Hernández-Caballero[1-2]; R. Díez-Montero[1]; V. C. Andrés-Valeri[3]; L. Rancaño-Vázquez[4]; M. Timiraos-Díaz[4] y J. Rodríguez-Hernández[2]

[1] Grupo de Ingeniería Ambiental (GIA), Departamento de Ciencias y Tecnologías del Agua y Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, Santander, España. (carlos.hernandezc@unican.es)

[2] Grupo de Investigación de Tecnología de la Construcción (GITECO), Departamento de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos, Universidad de Cantabria, Santander, España.

[3] Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas, España.

[4] ITG-Instituto Tecnológico de Galicia, A Coruña, España.

CONTEXTO

El cambio climático está intensificando la **vulnerabilidad de los recursos hídricos** a nivel mundial, comprometiendo tanto la disponibilidad como la calidad del agua, afectando directamente a la sociedad, el medio ambiente y la economía[1].

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de disponer de **nuevos sistemas de gestión del agua** más eficientes, flexibles y capaces de adaptarse a diversas condiciones, permitiendo gestionar los recursos hídricos de forma local a largo plazo[2].

En este contexto, el proyecto europeo **WATERSENS** surge para ayudar a dar respuesta a los desafíos actuales relacionados con el agua y el cambio climático, con el objetivo de **generar evidencias sobre los beneficios** de las soluciones de gestión descentralizadas del agua (DWM, en inglés).



OBJETIVO

La metodología propuesta tiene como objetivo integrar la información de un catálogo de técnicas descentralizadas, un análisis de decisión multicriterio (MCDA, en inglés), unos escenarios de cambio climático y un sistema de información geográfica (SIG), junto a los conocimientos obtenidos durante la operación y evaluación de las técnicas estudiadas, incorporándolo a un **sistema de apoyo a la toma de decisiones** (DSS, en inglés).

CASOS DE ESTUDIO

La **gestión descentralizada del agua** se entiende como el tratamiento de los recursos hídricos, tales como aguas residuales, aguas de escorrentía y aguas pluviales, en las proximidades del punto donde se generan, favoreciendo su posterior aprovechamiento. Esto supone una **alternativa idónea** en determinados contextos donde los sistemas centralizados convencionales presentan limitaciones técnicas, ambientales y económicas.

En el proyecto se está trabajando en la optimización y validación de **seis técnicas** descentralizadas, en entornos urbanos y rurales distribuidos en **cuatro países** que enfrentan problemas relacionados con la escasez hídrica.



CANTABRIA Y ARAGÓN, ESPAÑA

Humedales flotantes para el tratamiento de aguas residuales rurales y aguas pluviales o escorrentías urbanas



EXTREMADURA, ESPAÑA

Sistemas fotobioelectroquímicos para el tratamiento de aguas residuales urbanas



NAXOS, GRECIA

Cisternas modernizadas destinadas a la captación de agua de lluvia



FRANSCHHOEK, SUDÁFRICA

Biofiltros para el tratamiento de aguas contaminadas procedentes de asentamientos informales



LISBOA, PORTUGAL

Infraestructuras verdes que incluyen los **jardines verticales** y las **cubiertas vegetadas** para el tratamiento de aguas grises en edificios

METODOLOGÍA

FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 5
DEFINICIÓN DE FUNCIONALIDADES DEL DSS CON LAS PARTES INTERESADAS	**DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA PARA EL DSS**	**DISEÑO Y DESARROLLO DEL DSS**	**ESTRATEGIAS, MODELIZACIÓN, Y RECOPILACIÓN DE DATOS PARA LA DEMOSTRACIÓN DEL DSS**	**DEMOSTRACIÓN DEL DSS EN LOS CASOS DE ESTUDIO**
Identificar y definir las posibles funcionalidades y los requisitos de los usuarios del DSS considerando la participación de las partes interesadas, los socios del proyecto y el conocimiento técnico	Desarrollar herramientas analíticas de ingeniería para apoyar la toma de decisiones relativas a soluciones descentralizadas	Diseñar, desarrollar y validar la arquitectura y los componentes del DSS, garantizando su funcionalidad, escalabilidad y cumplimiento de requisitos de ciberseguridad	Definir estrategias y modelización para respaldar la demostración del DSS, garantizando la calidad y consistencia de los datos, así como la integración eficaz de los modelos	Implementar las funcionalidades del DSS y validar su rendimiento en los casos de estudio, abarcando aspectos técnicos, funcionales y de gobernanza

PASO 1: CATÁLOGO DE TÉCNICAS DESCENTRALIZADAS	Se elaborará un catálogo paramétrico de técnicas descentralizadas consolidadas e innovadoras, incluyendo fichas descriptivas individualizadas donde se resumen los parámetros y requisitos claves
PASO 2: METODOLOGÍA MCDA	Se implementará una metodología mediante un análisis de decisión multicriterio para evaluar y priorizar técnicas descentralizadas de acuerdo a criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales
PASO 3: ESCENARIOS CLIMÁTICOS	Se desarrollarán escenarios climáticos, combinando información de modelos regionales y globales, para analizar el impacto del cambio climático sobre los sistemas de gestión del agua actuales y la disponibilidad futura de los recursos hídricos
PASO 4: INTEGRACIÓN EN SIG	Los resultados y datos previos se integrarán en un sistema de información geográfica para identificar áreas potencialmente óptimas para la implantación de técnicas descentralizadas de acuerdo a criterios geográficos, climáticos y ambientales

RESULTADOS PRELIMINARES

TECNOLOGÍA

HUMEDALES FLOTANTES TRATAMIENTO



CATEGORÍA			
Humedales construidos	X	Procesos de biomasa en suspensión	
Procesos fotosintéticos		Infraestructuras verdes	
Procesos de biopelícula		Sistemas alternativos de captación	
DESCRIPCIÓN			
Un humedal flotante de tratamiento (FTW, en inglés) es una isla artificial que proporciona una superficie para el crecimiento de plantas, permitiendo que sus raíces se desarrollen directamente en el agua. Estas plantas crecen de forma hidropónica, con el sistema radicular suspendido en la columna de agua, además, los nutrientes necesarios para el crecimiento vegetal son absorbidos directamente desde la columna de agua.			
Están formados por macrófitas acuáticas emergentes sostenidas mediante una plataforma flotante. La rizosfera de las plantas (raíces, pelos radiculares y tubérculos) queda suspendida en el volumen de agua bajo la plataforma, generando un entorno microbiano activo que favorece la formación de biopelículas. Las raíces, los tallos y los pelos radiculares facilitan el transporte activo de agua y nutrientes y proporcionan soporte para estas biopelículas.			
La matriz resultante, compuesta por raíces y biopelículas, actúa como un sistema natural de depuración en cuerpos de agua, permitiendo la retención de partículas finas en suspensión y el desarrollo de procesos de tratamiento biopelícula, lo que contribuye a la reducción de materia orgánica, nutrientes y otros contaminantes.			
FUNCIÓN			
Tratamiento de agua	X	Abastecimiento de agua	
OBJETIVO			
Reutilización directa	X	Reutilización indirecta	
Uso		Vertido	X
TIPOLOGÍA AGUA			
Aguas residuales	X	Aguas grises	X
Aguas pluviales y escorrentías	X	Aguas atmosféricas	
CONTAMINANTES			
DQO	40-90%		
DBO5	50-60%		
SST	60-80%		
NT	40-80%		
PT	30-60%		
Patógenos	90-99%		
ESCALA APLICACIÓN			
Vivienda o edificio		Comunidad	
Vecindario	X	Distrito	X
ÁREA REQUERIDA			
3-5 m²/hb			
CONSIDERACIONES TÉCNICAS			
Mayor eficacia en estanques pequeños y poco profundos			
Profundidad suficiente para impedir que las plantas entren en contacto con el sedimento (>1,5 metros)			
Incorporar tablques o deflectores para evitar caminos preferenciales para el flujo del agua			
Elevada relación longitud/ancho para favorecer el flujo tipo pistón, las labores de poda y las tareas de mantenimiento			
Incorporar aireación o recirculadores para un mejor rendimiento de eliminación de nitrógeno			

CONSIDERACIONES MANTENIMIENTO			
Diaria		Semanal	
Mensual	X	Anual	X
Información			
Eliminación de maleza			
Poda de las plantas para evitar la incorporación de nutrientes			
Recogida y limpieza de lodos sedimentados			
Verificar la fijación y colocación de las plataformas			
Revisión de cortocircuitos y zonas muertas del sistema			
Comprobación de los elementos mecánicos (en caso de su incorporación)			
CONSIDERACIONES ENERGÉTICAS			
Sistema activo		Sistema pasivo	X
Sistema activo bajo consumo		Sistema activo alto consumo	
Consumo energético			
Consumo de energía muy bajo, por lo general, no requiere energía externa			
0.93 kWh/m³ siempre que no intervenga ningún equipo auxiliar			
DESAFÍOS ABORDADOS			
Gestión del agua	A	Biodiversidad	A
Resiliencia climática	B	Planificación urbanística	B
Riesgos naturales	M	Gobernanza y economía	B
Calidad del aire	M	Cohesión y bienestar social	M
VULNERABILIDAD CLIMÁTICA			
Precipitaciones		Heladas / nevadas	X
Temperaturas extremas	X	Radiación solar	
Viento	X		
Información			
Bajas temperaturas pueden reducir significativamente las tasas de eliminación de contaminantes			
Heladas pueden retentizar el desarrollo vegetativo y metabolismo de las plantas, incluso producir la perdida de los individuos			
Viento puede comprometer la estabilidad del sistema			
CONSIDERACIONES ECONÓMICAS			
Costes de construcción			
5-22 €/m²			
Costes de producción y mantenimiento			
Coste total: 4,700 €/año			
Coste total por unidad: 47 €/hE.año			

REFERENCIAS

Levin, P. N., & Bal, K. T. (Eds.). (2025). Nature-Based Solutions for Urban Sustainability. IWA Publishing.

Cross, K., Tondera, K., Rizzo, A., Andrews, L., Pucher, B., Istenič, D., Karres, N., & McDonald, R. (Eds.). (2021). Nature-based solutions for wastewater treatment: A series of factsheets and case studies. IWA Publishing.

LIFE INTEXT. (n. f.). Technology sheets. https://www.life-intext.eu/en/media/technology-sheets

Torrens, A., & Cartes, P. (2024). Portfolio of different treatment schemes for water reuse (Document ID 1.1.1). SOLLAGUA Project.

Ortega de Miguel, E., Ferrer Medina, Y., Salas Rodríguez, J. I., Aragón Cruz, C., & Real Jiménez, Á. (2010). Manual para la implantación de sistemas de depuración en pequeñas poblaciones. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

PASO PREVIO

A partir de una revisión bibliográfica científica-técnica, se creó un listado de técnicas descentralizadas compuesto por **28 técnicas clasificadas en seis categorías**. Estas categorías se han creado para agrupar las distintas tecnologías según sus principios de funcionamiento y se han definido como:

- Humedales construidos
- Procesos fotosintéticos
- Procesos de biopelícula
- Procesos de biomasa en suspensión
- Infraestructuras verdes
- Sistemas alternativos de captación de agua

PASO ACTUAL

Se están elaborando las **fichas descriptivas individualizadas** donde se detallará la información y los **datos más relevantes** que condicionan la selección e implantación de cada técnica. Paralelamente, se está desarrollando un **visor geoespacial** mediante sistemas de información geográfica y escenarios climáticos, para identificar y evaluar las áreas de intervención más adecuadas.

CONCLUSIONES

La metodología ayudará a evaluar y **priorizar diferentes soluciones de gestión descentralizada** del agua e identificar áreas adecuadas de intervención en entornos urbanos y rurales considerando diferentes contextos territoriales frente a los desafíos hídricos futuros.

Además, permitirá crear una herramienta que desarrollará un **marco integrado de toma de decisiones fundamentadas** que apoye a las autoridades hídricas y partes interesadas en la selección, diseño, implantación y operación de soluciones descentralizadas, tanto para su aplicación aislada como para la integración de estas técnicas en sistemas centralizados existentes.

Por último, se espera que contribuya a **superar las limitaciones existentes** como las barreras legislativas, la complejidad de las normativas y la falta de aceptación social, fomentando estrategias de economía circular en el ciclo del agua y políticas europeas más sostenibles y resilientes.

REFERENCIAS

[1] Rossi, L.; Wens, M.; De Moel, H.; Cotti, D.; Sabino Siemons, A.-S.; Toreti, A.; Maetens, W.; Masante, D.; Van Loon, A.; Hagenlocher, M.; Rudari, R.; Meroni, M.; Isabellon, M.; Avanzi, F.; Naumann, G.; Barbosa, P.; (2023). European drought risk atlas. Publications Office of the European Union. https://data.europa.eu/doi/10.2760/608737.

[2] Cipolletta, G.; Ozbayram, E. G.; Eusebi, A. L.; Akyol, Ç.; Malamis, S.; Mino, E.; & Fatone, F; (2021). Policy and legislative barrierstoclosewater-relatedloops in innovative small water and wastewatersystems in Europe: A criticalanalysis. Journal of Cleaner Production. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.125604.

AGRADECIMIENTOS

WATERSENS is a Horizon Europe project supported by the European Commission under grant agreement N°101181779.

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

watersens

Funded by the European Union

UC Universidad de Cantabria

itg

ULPGC Universidad de Las Palmas de Gran Canaria