

AGUA Y SALUD

Edición N.º 6 . Año 2024.

REVISTA IDiAGUA

-REVISTA SOBRE TENDENCIAS EN LA I+D+i DE LA
PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DEL AGUA (PTEA)-



EDICIÓN, DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Dña. Paula Menéndez

Executive Manager de Plataforma Tecnológica Española del Agua (PTEA)

pmenendez@ptea.es

+34 671 475 721

Secretaria Técnica de PTEA

secretariatecnica@ptea.es

www.ptea.es

REVISORES COLABORADORES

Dña. Alicia Andreu (ITC)

D. Jordi Cros (ADASA)

D. Félix Francés (IIAMA-UPV)

D. Jorge García (AINIA)

Dña. Raquel López (CARTIF)

Dña. Marián Serrano (GLOBAL OMNIUM)

D. Juan Sobreira (ITG)



CARTA DEL PRESIDENTE DE LA PTEA

Estimado lector,

Introduzco este sexto número sobre “Agua y Salud” de nuestra revista IDiAgua como presidente de la PTEA. Como es costumbre en la revista, el tema escogido es uno de los temas prioritarios tanto en nuestra Agenda Estratégica de I+D+i (<https://ptea.es/agenda-estrategica-ptea-2024-2026/>), como en la del Partenariado Water4All a escala europea (<https://www.water4all-partnership.eu/publication/strategic-research-and-innovation-agenda>).

La línea de I+D+i sobre “Agua y Salud” se centra en la investigación de la calidad del agua y su relación con la salud humana, abordando aspectos diversos como los contaminantes emergentes, la resistencia antimicrobiana o las enfermedades hídricas. En su desarrollo, se trabajan tecnologías avanzadas para el tratamiento del agua, modelos de predicción y métodos de detección rápida de patógenos.

En el ámbito de la innovación, se implementan soluciones sostenibles para el acceso a agua potable, sistemas inteligentes de monitoreo y estrategias de gestión del recurso hídrico frente al cambio climático. En climas donde existe escasez de agua, la aplicación de tratamientos avanzados en el agua depurada permite su reutilización.



Prof. Félix Francés García

Presidente de la PTEA

Estos tratamientos dependerán del uso que se le vaya a dar: riego, industria o, algún día en España, para consumo humano.

En esta edición de IDiAgua, hemos recopilado destacados trabajos de I+D+i realizados por nuestros socios, los cuales representan de manera significativa la temática de “Agua y Salud”:

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud



La empresa ADASA Sistemas presenta un sistema automatizado (aquaBio) para la detección en tiempo real de coliformes totales y E. coli en aguas potables y regeneradas, optimizando el control microbiológico.



El centro tecnológico CARTIF revisa tecnologías como electrodiálisis y ósmosis inversa electrodialítica para la eliminación de metales pesados, fármacos y microplásticos, mejorando la calidad del agua potable y residual.



GLOBAL OMNIUM presenta tres propuestas. En primer lugar, el proyecto NIAGARA, a través del cual se proponen biosensores y sistemas de oxidación avanzada para detectar y eliminar contaminantes químicos, microbiológicos y plásticos en Estaciones de Tratamiento de Agua Potable. En segundo lugar, el proyecto ONE- HEALTH GO Analytics, que consiste en la aplicación de técnicas analíticas avanzadas para detectar contaminantes emergentes y genes de resistencia a antibióticos en aguas residuales, evaluando su impacto en la salud y el medioambiente. En tercer lugar, el proyecto LIFE SAFE_T_WATER, que presenta la validación de un polímero orgánico natural innovador para mejorar el tratamiento del agua en Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP).



El centro tecnológico ITG nos presenta dos propuestas: el desarrollo una red de fuentes autónomas y sostenibles en el Camino de Santiago con un sistema de potabilización basado en filtración y desinfección UVC, reduciendo el uso de botellas de plástico; y el desarrollo de una plataforma basada en IA para modelar y gestionar la escorrentía urbana, reduciendo el impacto de contaminantes emergentes mediante soluciones basadas en la naturaleza.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud



La consultora PyG Agua y Medioambiente Consultores presenta un sistema de sensorización avanzada para el control biológico de ecosistemas acuáticos. La tecnología permite una monitorización en tiempo real de parámetros clave, ayudando a prevenir riesgos ambientales y garantizar la calidad del agua.



El centro tecnológico TECNALIA explora en su artículo la desionización capacitiva (CDI) con electrodos de grafeno como alternativa eficiente y sostenible para la desalinización del agua potable con menor consumo energético.



La empresa pública TRAGSA analiza la importancia de la recarga gestionada de acuíferos como estrategia para mejorar la seguridad hídrica en España. Presenta cuatro pilotos demostrativos donde esta técnica contribuye a la seguridad alimentaria y la salud pública, destacando su papel en la resiliencia ante el cambio climático.



El Instituto de Investigación IIAMA de la UPV investiga el papel de las amebas en la propagación de bacterias multirresistentes en aguas hospitalarias, revelando su capacidad de transportar genes de resistencia antimicrobiana.

Por último, quiero expresar mi agradecimiento a todos los que han contribuido a hacer posible la publicación de este nuevo número de la revista y, por supuesto, a nuestros lectores del Sector del Agua, quienes son su principal destino

Además, hemos tenido el placer de contar con las aportaciones de Paloma Crespo, jefa del Área de Control y Vigilancia de la Calidad de las Aguas, perteneciente a la Subdirección General de Protección de las Aguas y Gestión de Riesgos de la Dirección General del Agua (DGA). En el artículo, analiza la estrategia de control de contaminantes emergentes en Europa, con especial atención a la Lista de Observación de la Comisión Europea, su impacto en la calidad del agua y la vigilancia implementada en España.

Un cordial saludo.

Lista de Observación y Control de Contaminantes Emergentes: una estrategia clave para la Protección del Medio Acuático.

Dña. Paloma Crespo Iniesta

Jefa de Área de Control y Vigilancia de la Cantidad de las Aguas
Dirección General del Agua (DGA)

Pag 9- Pag 35



Innovación en el Control y Tratamiento del Agua

Control microbiológico de la calidad del agua: esencial para la protección de la salud humana.

LIFE WATER WAY. Creación de un nuevo concepto de fuente pública y demostración de su viabilidad en el camino de Santiago

NIAGARA. Comprender, monitorizar y remediar la propagación de la contaminación química, microbiológica y plástica en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable

Electrodos basados en grafeno para desalinización de aguas

Procesos de electromembrana para el tratamiento avanzado del agua

D4Runoff. Desarrollo de una plataforma basada en IA para la elaboración de planes de gestión de escorrentía urbana basados en decisiones fundamentadas en datos.

Pag 36- Pag 45



Evaluación de Riesgos para la Salud Humana y Ecosistemas: Contaminantes Emergentes Y Resistencia Antimicrobiana

ONE-HEALTH GO Analytics

Amebas de vida libre como reservorios de bacterias resistentes y multirresistentes a antibióticos en aguas residuales hospitalarias

Pag 46- Pag 61



Adaptación y Resiliencia ante Desafíos Hídricos en la salud y medioambiente

INDALO. Sensorización para la monitorización continua como base del control biológico de ecosistemas acuáticos.

Recarga gestionada de acuíferos y seguridad hídrica en España. Contribuciones a la seguridad alimentaria y salud pública de cuatro lugares demostrativos

Otras temáticas

LIFE SAFE_T_WATER. Validación de un nuevo polímero orgánico natural para el tratamiento en Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP)

Pag 62- Pag 66

CONOCE LA PTEA

Conoce la Plataforma Tecnológica del Agua y cómo contribuye al fomento de la I+D+i dentro del sector del agua

LISTA DE OBSERVACIÓN Y CONTROL DE CONTAMINANTES EMERGENTES

Una Estrategia Clave para la Protección del Medio Acuático

“

La creciente preocupación por la contaminación de las masas de agua en Europa ha llevado a la implementación de estrategias que permiten el control de sustancias potencialmente peligrosas, entre las cuales destacan los denominados contaminantes emergentes.

Para abordar esta problemática, la Comisión Europea (CE) creó la **Lista de Observación (Watch List, WL)** en 2013, mediante la modificación de la Directiva de Normas de Calidad Ambiental. Esta lista, revisada cada dos años, **selecciona sustancias cuyo riesgo potencial para el medio ambiente es significativo, pero sobre las cuales se dispone de información insuficiente.** Desde la primera Lista en 2015, se han aprobado cuatro versiones, la más reciente en 2022, con la previsión de publicar la quinta en 2024.



Paloma Crespo Iniesta

Jefa de Área de Control y Vigilancia de la Calidad de las Aguas
Subdirección General de Protección de las Aguas y Gestión de Riesgos
Dirección General del Agua

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Los contaminantes emergentes son sustancias químicas que no suelen ser reguladas ni controladas en los programas de vigilancia ambiental tradicionales. Estos incluyen plaguicidas, fármacos, productos industriales y agentes de protección solar, entre otros. Su creciente presencia en los ecosistemas acuáticos ha generado preocupación por su potencial efecto adverso en la salud humana y los ecosistemas, siendo una de las principales fuentes de emisión las aguas residuales urbanas.

En el contexto de la Unión Europea, **algunas de estas sustancias han sido incluidas en la lista de candidatas a ser clasificadas como Sustancias Prioritarias**, un grupo de compuestos sujetos a estrictas regulaciones para garantizar la protección de los cuerpos de agua. Ejemplos notables incluyen **antibióticos, antidepresivos, insecticidas como el fipronil y el imidacloprid, y productos farmacéuticos como el ibuprofeno.**

Programa de Vigilancia en España

El programa cuenta con 20 estaciones distribuidas estratégicamente en masas de agua superficiales, principalmente ubicadas aguas abajo de grandes ciudades, cerca de Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).

Estas estaciones permiten la detección de contaminantes procedentes de vertidos urbanos, y complementan los análisis con tomas de muestras directas en las propias EDAR para obtener una visión más completa. El análisis de estas sustancias requiere metodologías avanzadas y equipos analíticos de alta precisión, ya que se trata de contaminantes que no suelen ser detectados por laboratorios de rutina. Para ello, la DGA colabora con el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDAEA) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), que realiza estudios desde 2018 mediante convenios de colaboración.

En el ámbito nacional, la Dirección General del Agua (DGA) ha implementado un **ambicioso programa de vigilancia** para monitorear las sustancias incluidas en la Lista de Observación.



Expansión del Programa de Vigilancia

Con el tiempo, el programa de vigilancia ha ido evolucionando y expandiéndose para incluir un mayor número de sustancias, además de las listadas en la Lista de Observación. Por ejemplo, se han sumado compuestos de preocupación emergente como los compuestos perfluorados (PFAS), conocidos por su persistencia en el medio ambiente y sus efectos nocivos.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Asimismo, se han ampliado los estudios a aguas subterráneas, un recurso vital que también puede verse afectado por la contaminación química.

Los resultados obtenidos han confirmado la presencia de **diversos contaminantes emergentes en aguas superficiales y subterráneas**, como antidepresivos (venlafaxina), antibióticos (azitromicina) y plaguicidas.

Implicaciones y Colaboraciones

La labor de la DGA no se limita al seguimiento y análisis de los contaminantes. La información obtenida es reportada a la Comisión Europea y contribuye directamente a la mejora de la regulación ambiental a nivel comunitario. A su vez, los Organismos de Cuenca juegan un papel fundamental en la implementación de los programas de seguimiento, colaborando en la toma de muestras y en la detección de sustancias como el glifosato, un plaguicida de amplio uso propuesto para ser incluido en la lista de Sustancias Prioritarias.

Estos organismo, con el tiempo, también han mejorado sus capacidades analíticas, incorporando nuevos compuestos a sus estudios y optimizando las técnicas de detección para adaptarse a las crecientes exigencias normativas.

Un Futuro de Vigilancia Constante

El control de los contaminantes emergentes es crucial para proteger la calidad de las masas de agua en Europa.

El trabajo conjunto entre la DGA, los Organismos de Cuenca y los centros de investigación permite no solo cumplir con los requerimientos informativos de la Unión Europea, sino también avanzar en el conocimiento sobre la contaminación química del medio acuático. Esta información es esencial para la toma de decisiones sobre futuras regulaciones, en un esfuerzo continuo por garantizar la sostenibilidad y la protección de los recursos hídricos.

En conclusión, la Lista de Observación y el trabajo de vigilancia relacionado constituyen un esfuerzo clave para mitigar los riesgos asociados a los contaminantes emergentes, asegurando que las políticas y medidas adoptadas protejan tanto el medio ambiente como la salud pública en toda la Unión Europea.





INNOVACIÓN EN EL CONTROL Y TRATAMIENTO DEL AGUA

El avance tecnológico juega un papel esencial en la mejora de la calidad del agua. En esta sección, se exploran soluciones innovadoras en casos de éxito donde la ciencia y la tecnología han transformado la gestión de recursos hídricos en beneficio de la salud pública y ambiental.

ARTÍCULO 1

Innovación en el Control y Tratamiento del Agua

CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LA CALIDAD DEL AGUA: ESENCIAL PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA

Escherichia coli es una bacteria que se encuentra comúnmente en los intestinos de los humanos y animales de sangre caliente, y que se utiliza como indicador de contaminación fecal. Su control y cuantificación están regulados por diversas normativas de calidad de aguas, tales como la de aguas potables, la de reutilización de aguas, o la de aguas de baño.

El control de *E. coli* como indicador de la presencia de posibles patógenos en el agua es crucial para proteger la salud humana: su detección en fuentes de agua potable, aguas recreativas y sistemas de distribución de agua permite identificar y mitigar riesgos sanitarios.

En este proyecto, El equipo aquaBio de ADASA cuantifica en línea, de forma automática, autónoma y continua, del número más probable (MNP) de coliformes totales y *E. coli*, o de enterococos, en una muestra de agua. aquaBio reduce significativamente el tiempo de detección en comparación con los métodos tradicionales de laboratorio, disminuyendo así el tiempo en el que se detecta un posible riesgo para la salud humana.



Palabras clave

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA, CONTAMINACIÓN FECAL, ESCHERICHIA COLI, COLIFORMES TOTALES, ENTEROCOCOS, CONTROL EN LÍNEA Y AUTOMÁTICO

Jordi Cros

Head of Innovation

Adasa Sistemas

jcros@adasasistemas.com

Raúl Alonso

Water Sensors Sales Manager

Adasa Sistemas

ralonso@adasasistemas.com

Montserrat Batlle

Innovation Specialist

Adasa Sistemas

mbatlle@adasasistemas.com

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Para asegurar la calidad adecuada del agua se define un conjunto de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que varían dependiendo del uso al que esté destinada. Por ejemplo, el número de parámetros a controlar y sus límites permitidos para el agua de consumo humano son mayores y más estrictos que los exigidos para el agua utilizada en riego, o para el vertido de una depuradora en dominio público hidráulico.

En el caso de parámetros microbiológicos a controlar, uno de los utilizados es la concentración de *Escherichia coli*, una bacteria que se encuentra comúnmente en los intestinos de los humanos y animales de sangre caliente. Por ello la medida de la concentración de *E. coli* es ampliamente utilizada como indicador de contaminación fecal.

Su control y cuantificación están regulados por diversas normativas europeas e internacionales relacionadas con la salud humana como la de calidad del agua potable (RD 3/2023[1]), reutilización de aguas (RD 1620/2007[2] o 2020/741[3]), o aguas de baño (2006/7/CE[4]), ya que su presencia advierte de riesgos sanitarios potenciales.

SISTEMA DE MONITOREO ONLINE PARA LA REGENERACIÓN DE AGUA

EL ANALIZADOR AQUABIO ES UN EQUIPO DE MONITOREO AUTOMÁTICO DE E. COLI Y COLIFORMES TOTALES

La medición de aquaBio se basa en la tecnología de DST® (Defined Substrate Technology) y un sistema de detección que mide la fluorescencia y absorbancia. El color y la fluorescencia aparecen tan pronto como el sustrato específico es metabolizado. La determinación de *E. coli* y coliformes totales se basa en la correlación entre la concentración inicial de la bacteria y el momento en el cual aparece la fluorescencia o el color. Esta metodología permite obtener resultados en un periodo de tiempo corto: mientras que en los controles actuales que se llevan a cabo en laboratorio un análisis puede tardar entre 24 y 96 horas, aquaBio (Imagen 1) proporciona un resultado en 3-10 horas, dependiendo de la concentración inicial bacteriana.



Imagen 1. Equipo aquaBio

Es una operación completamente automatizada que mejora la eficiencia de la planta de agua regenerada en tiempo real, asegurando la provisión de agua regenerada segura.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud



En el año 2024 el equipo aquaBio obtuvo la verificación ETV[5], lo que garantiza la fiabilidad de los datos proporcionados por aquaBio. Esta confiabilidad está respaldada por una verificación independiente permitiendo a los usuarios tomar decisiones derivadas de la monitorización con aquaBio con total confianza.

El monitoreo automático de E. coli provee resultados en aguas altamente contaminadas en 3 horas comparado con las 24-96 horas de los controles tradicionales. Esto contribuye activamente a mejorar la operación de la planta y a garantizar la seguridad del agua regenerada.

Aguas potables

La presencia de coliformes totales y de E. coli en sistemas de distribución de agua potable es un indicador de contaminación fecal. Esto es especialmente relevante en sistemas que no utilizan cloro como agente desinfectante. Esta aplicación ha sido validada por Mekorot, la compañía nacional de agua de Israel, para el control de la captación del río Jordán.

Aguas regeneradas

El agua regenerada debe cumplir las condiciones de seguridad establecidas para cada uso específico como el uso medioambiental, la recarga de acuíferos, el riego agrícola, el riego de campos de golf, zonas verdes y las redes municipales de agua regenerada. La medición automática puede utilizarse tanto para asegurar su calidad, como para ajustar el sistema de desinfección del tratamiento terciario, optimizando su rendimiento.

Por ejemplo, la planta depuradora de aguas residuales (EDAR) de Castell – Platja d’Aro situada en la Costa Brava cuenta con un tratamiento primario, un tratamiento secundario con fangos activos convencionales y un tratamiento terciario para agua regenerada, diseñada para un caudal de 15.000 m³/día, y utilizada para riego en agricultura y campos de golf. La monitorización de la calidad del agua de entrada y salida del terciario permite ajustar el sistema de desinfección. Además, hace posible, en función de la concentración obtenida de E. coli, discriminar el uso que puede dársele.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Aguas de baño

La medida de E. coli también se utiliza como indicador de calidad de aguas continentales y costeras[6]. El equipo aquaBio se está empleando para el control de la calidad de aguas de baño costeras afectadas por DSU (Descargas de Sistemas Unitarios) en ciudades como Barcelona y Palma de Mallorca (Imagen 2), así como en aguas continentales en Berlín, midiendo tanto E. coli como enterococos en su versión específica. Estas mediciones contribuyen a una mejor gestión de las zonas de baño garantizando la seguridad de los bañistas y permitiendo una respuesta rápida para indicar el final de los episodios de contaminación.



Imagen 2. Instalación del equipo en una playa

“

El equipo aquaBio, cuya verificación ETV garantiza la fiabilidad de los datos proporcionados, permite obtener la cuantificación de la concentración de Coliformes Totales o E. coli. En aplicaciones como el control del agua potable, el agua regenerada o las aguas de baño, disponer en tiempo real de estas medidas permite tomar decisiones que aseguren la calidad de estas aguas.

”

Referencias del artículo:

- [1] <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/01/10/3>
- [2] <https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/08/pdfs/A50639-50661.pdf>
- [3] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0741>
- [4] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=DE>
- [5] <https://circabc.europa.eu/ui/group/cd5138da-9303-4dec-b82c-bb29409ecdbd/library/93ca9428-8f18-4f2d-98ce-61ff2f719a68/details>
- [6] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0007&from=DE>

ARTÍCULO 2

innovación en el Control y Tratamiento del Agua

LIFE WATER WAY

Creación de un nuevo concepto de fuente pública y demostración de su viabilidad en el Camino de Santiago



En el marco del **proyecto LIFE WATER WAY ENV/ES/000533** se ha diseñado un sistema de desinfección de bajo coste y bajo consumo energético con el fin de poner agua apta para el consumo humano a disposición de los peregrinos del Camino de Santiago Inglés.

El tratamiento de potabilización implementado para las fuentes naturales consta de dos etapas, una de filtrado, compuesta por tres filtros de cartucho y otra de desinfección, mediante un germicida UVC diseñado en este proyecto.

Esta última etapa proporciona la desinfección microbiológica sin productos químicos a través de radiación ultravioleta de tipo C. Está diseñado para dispensar agua potabilizada con un mínimo tiempo de espera (5 segundos).

En el año de evaluación de la red piloto del Camino Inglés se han obtenido resultados positivos evitando la utilización de botellas de un solo uso, previniéndose la generación de residuos plásticos y de CO₂.

Óscar Brandón Basdediós

Ingeniero de I+D de Agua Digital
obrandon@itg.es

Lucía Garabato Gándara

Responsable de proyectos de Agua Digital
lgarabato@itg.es

Carlos Ameixenda Mosquera

Director Oficina Life del Concello de Abegondo
carlos.ameixenda@abegondo.gal

Manuel Álvarez Cortiñas

Jefe del Servicio de Sanidad Ambiental
manuel.alvarez.cortinas@sergas.es

Roberto Arias Sánchez

Subdirector General de Gestión del DPH
roberto.arias.sanchez@xunta.gal

Paula Cabado Brea

Técnica de gestión de proyectos de la sección de promoción y desarrollo turístico
paula.cabado@dacoruna.gal

Ignacio García Presedo

Técnico de proyectos
ignacio.garcia@marinasbetanzos.gal

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

El consumo de agua de fuentes de agua pública tradicionales se ha visto paulatinamente reducido por la dificultad para **ofrecer agua con garantía sanitaria** en sus ubicaciones. Entre los problemas más habituales se encuentran la contaminación microbiológica, originada por problemas en la captación, y la ausencia de mantenimiento o de un tratamiento de desinfección. Así, muchas de ellas se acaban señalizando como no aptas para el consumo o son conectadas a redes de abastecimiento próximas, lo que no siempre es posible en zonas rurales.

Entre estas áreas se encuentra el **Camino de Santiago Inglés, con 143 km de longitud y visitado anualmente por 24.000 peregrinos.**

Este entorno ha sido el escenario aprovechado por el proyecto LIFE WATER WAY (LIFE16ENV/ES/000533), cuyo objetivo fue el desarrollo de un nuevo concepto de fuente pública para promover el consumo de agua no embotellada, facilitando el acceso a agua potable y de calidad en zonas rurales y respaldando así las directrices de la Directiva 2020/2184.

El proyecto

Para crear y demostrar este nuevo concepto de fuente pública se han llevado a cabo dos tipos de acciones en el proyecto: a nivel técnico, **desarrollando y demostrando la viabilidad del sistema de microabastecimiento** y a nivel de difusión, con documentos que promueven con la experiencia obtenida la replicación de esta iniciativa.

Palabras clave

LIFE, POTABILIZACIÓN, FUENTES NATURALES, DESINFECCIÓN, CAMINO DE SANTIAGO

El sistema de microabastecimiento

El sistema diseñado se ha concebido para ser **autónomo, de bajo coste y reducido consumo energético.** Consta de tres subsistemas: potabilización, energía y control/comunicaciones.

El **tratamiento de potabilización** tiene dos etapas, una de filtrado, con tres filtros de cartucho (100 micras, 10 micras y carbón activo) para retener los sólidos y otra de desinfección, con un germicida UVC diseñado en este proyecto (Figura 1).

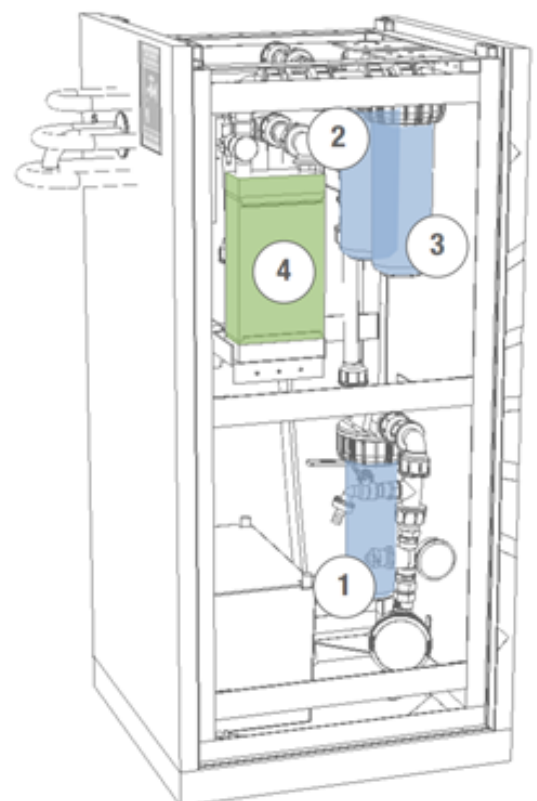


Figura 1. Esquema de la solución: 1, 2 y 3 (filtros de cartucho de 100 micras, 10 micras y carbón activo), 4 (germicida UVC)

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

En esta etapa de desinfección se encuentra el elemento clave del sistema. Para implementarla sin recurrir a productos químicos, se optó por la radiación ultravioleta de tipo C, en concreto por la **tecnología UVC LED**, capaz de inactivar los microorganismos funcionando bajo demanda, reduciendo el consumo energético y el desperdicio de agua no demandada.

Para alimentar este germicida y el resto de los componentes electrónicos se dispusieron **2 paneles solares** de 10 W con una batería con una autonomía estimada de 1 mes de uso sin recarga.

El tercer subsistema se compone de un microcontrolador, instalado en la fuente, con dos funciones: **comandar el sistema** cuando los peregrinos usan la fuente, encendiendo el germicida UVC y abriendo las electroválvulas para que circule el agua –dispensando agua potabilizada para recipientes de **medio litro con un tiempo mínimo de espera** (5 segundos)– y, reportar datos en tiempo real, **informando sobre el estado de la fuente**. Esto último permite la vigilancia a través de una plataforma web GIS IoT con cuadros de mando y alertas sobre varios parámetros (usos, alertas en el germicida o voltaje de la batería).

Por último, el sistema de tratamiento de agua y suministro energético se ubica en un **contenedor diseñado a medida**. El entorno de las fuentes, el Camino de Santiago, ha propiciado su creación.

Tiene una doble función: garantizar la protección del sistema frente a agentes externos o actos vandálicos e integrar en el entorno las fuentes usando materiales adecuados (piedra y madera y un diseño unificado y reconocible (Figura 2).

Figura 2. Fuente instalada en Santiago de Compostela.



REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Los resultados

La solución **se ha evaluado durante un año** (marzo de 2022 a 2023) en el que se han obtenido **resultados positivos** a nivel técnico y social.

A nivel técnico, ha demostrado su eficacia en la desinfección microbiológica y su autonomía energética y de comunicaciones. La primera se ha validado durante este periodo con un estudio sobre el funcionamiento continuado con frecuencia quinceminutal.

La carga contaminante máxima prevista ha sido: E. coli 25 NMP/100 ml, Enterococos 10 UFC/100 ml, C. Perfringens 40 UFC/100 ml, Coliformes totales 200 NMP/100 ml y Aerobios a 22°C 1300 UFC/ml. Durante las pruebas el sistema llegó incluso a tratar valores superiores (C. Perfringens 79 UFC/100 ml). Adicionalmente, el sistema energético y la transmisión de datos –con frecuencia diaria– han funcionado con éxito.

“

A nivel social, la red de fuentes ha evitado el consumo de unos 204.82 m³ de agua embotellada sirviendo como ejemplo para su replicación en otros itinerarios culturales.

”

ARTÍCULO 3

Innovación en el Control y Tratamiento del Agua

NIAGARA

Comprender, monitorizar y remediar la propagación de la contaminación química, microbiológica y plástica en las Estaciones de Tratamiento de Agua Potable



La contaminación química del agua potable es una amenaza creciente, con proyecciones que indican que afectará a 2.500 millones de personas en el año 2050. Factores como la industrialización, urbanización y ganadería intensiva son responsables del deterioro de la calidad del agua, con la presencia de contaminantes como metales pesados, pesticidas y microplásticos en ríos y lagos.

En la UE, el 60% de las aguas superficiales no están en buen estado ecológico. Frente a esta crisis, el proyecto NIAGARA propone soluciones innovadoras como el desarrollo de biosensores multianalito y sistemas de oxidación avanzada que mejorarán la seguridad del agua potable.

Palabras clave

CONTAMINANTES DE PREOCUPACIÓN EMERGENTE, OXIDACIÓN AVANZADA, FOTOCATÁLISIS, BIOSENSORES, CALIDAD DEL AGUA

Francisco Bernat

Responsable laboratorio EMIVASA
Global Omnium
fbernat@globalomnium.com

Miguel Añó

Jefe de planta ETAP La Presa EMIVASA
Global Omnium
miaso@globalomnium.com

Jaume Cotolí Sancho

Técnico de Innovación en Agua Potable
Global Omnium
jaucosan@globalomnium.com

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

SE PREVÉ QUE EL NÚMERO DE PERSONAS AFECTADAS POR LA CONTAMINACIÓN QUÍMICA DEL AGUA POTABLE AUMENTE DE 1.100 MILLONES EN EL AÑO 2000 A 2.500 MILLONES EN EL 2050.



Se trata de una **dura consecuencia de la rápida industrialización** (productos químicos industriales como los hidrocarburos poliaromáticos y los metales pesados se encuentran entre los productos químicos más frecuentes en las masas de agua naturales), la urbanización (las megaciudades concentran el 50% de la población mundial y son responsables de grandes vertidos de aguas residuales) o el aumento de la ganadería intensiva para una población mundial cada vez mayor (los pesticidas agrícolas son también uno de los contaminantes más frecuentes en las masas de agua naturales).

En el ámbito de la UE, el último Informe Europeo del Agua mostró que **alrededor del 60% de las aguas superficiales europeas (ríos, lagos y aguas de transición y costeras) no están en buen estado ecológico** y el 62% no están en buen estado químico. Más de 13.000 masas de agua europeas contienen hidrocarburos aromáticos policíclicos, mercurio, plomo y/o níquel (los metales pesados pueden alcanzar los +1.330 ug/L en los ríos) o derivados del plástico.

Dado que el 88,2% del agua dulce utilizada en la UE procede de ríos y aguas subterráneas, nos enfrentamos al riesgo de exposición humana a estos contaminantes.

Por ejemplo, la carga humana de microplásticos procedentes del agua potable puede alcanzar los $4,7 \times 10^3$ elementos/persona-año, mientras que se han encontrado sustancias perfluoroalquiladas (PFAS) en el agua del grifo que oscilan, por ejemplo, entre 0,3 y 6,3 ng/L.

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 or the European Research Executive Agency (REA). Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



**Funded by
the European Union**

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

El principal reto al que se enfrentan las ETAP es la subestimación de riesgos: sólo el 2% de las sustancias emergentes de la Lista de la Red NORMAN están reguladas como contaminantes emergentes: más de 1.000 de estas sustancias siguen sin controlarse de forma rutinaria en las plantas de tratamiento, pero se encuentran entre las más nocivas para los seres humanos y los ecosistemas.

Algunas de estas sustancias están presentes en concentraciones de pg/L a ng/L que, aunque están por debajo de los rangos de contaminantes prioritarios y regulados, es suficiente para mostrar sus efectos. A corto plazo, un actor principal en la respuesta frente al deterioro de la calidad del agua son las **Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP)**, ya que son la última barrera antes de la exposición humana a los contaminantes en el agua.

NIAGARA reúne todos los enfoques necesarios para dar una respuesta global al fenómeno de la propagación de la contaminación (química, microbiológica y plástica) desde las fuentes de agua potable hasta la exposición humana, a través de las ETAP.



Estructura y consorcio de NIAGARA.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Los enfoques y sus soluciones propuestos por el consorcio son:

1

Vigilancia en tiempo real

NIAGARA desarrollará biosensores multianalito capaces de cuantificar simultáneamente 4 contaminantes muy preocupantes de naturaleza química muy diferente: bisfenol A, imazalil, Helicobacter pylori y paracetamol. Utilizando unidades de preconcentración, los límites de detección alcanzarán pg/mL para las sustancias químicas y 10-100 células viables para el H. pylori, por debajo de los niveles nocivos para la exposición humana.

2

Remediación

Un sistema de eliminación y desinfección basado en un tándem formado por dos biofiltros IEDS (sistemas de degradación de enzimas inmovilizadas) y un fotorreactor UV/TiO₂. Con esta solución conseguiremos la eliminación total de los 4 analitos (concentraciones por debajo de los límites de detección de las técnicas de laboratorio de aguas) y una eliminación de Carbono Orgánico Total >70%, superando el Estado del Arte actual. Se identificarán los DBP formados y se predecirán sus mecanismos de aparición y toxicidad.

3

Seguimiento en tiempo real de la propagación

Un método rápido y rentable para el seguimiento en tiempo real de la propagación de estos 4 contaminantes mediante un modelo hidráulico que supere las prestaciones de los métodos actuales (segundos frente a semanas, precisión > 60%). Estas soluciones serán validadas hasta escala piloto (TRL=5) en un caso de estudio en una ETAP de Valencia y utilizando un sector piloto de la red de distribución de agua potable, cumpliendo con la seguridad y sostenibilidad desde el diseño.

ELECTRODOS BASADOS EN GRAFENO

La crisis mundial del agua hace que la **desalinización** sea crucial. Las tecnologías actuales, como ósmosis inversa (OI) y destilación multietapa flash (MSF), tienen limitaciones, como alto consumo energético y costos elevados.

Sin embargo, la **desionización capacitiva (CDI)** emerge como una alternativa prometedora. CDI utiliza electrodos para eliminar iones de aguas salinas, almacenar energía y reducir costos. Los electrodos basados en grafeno, por sus propiedades estructurales y electroquímicas, ofrecen una alta capacidad de electroadsorción y velocidad de adsorción, lo que los hace ideales para CDI.

El **propósito final de esta tecnología se vincula de manera directa o inducida con la salud humana y el bienestar medioambiental** por los siguientes motivos:

tecnalia

MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

Palabras clave

**DESIONIZACIÓN CAPACITIVA (CDI),
DESALINIZACIÓN, GRAFENO, ELECTRODOS,
CONSUMO ENERGÉTICO, IMPACTO
MEDIOAMBIENTAL, AGUA POTABLE**

1. **Obtiene agua potable para consumo humano, regadío**, etc. en lugares donde el agua limpia es difícil de conseguir puesto que elimina contaminantes emergentes
2. **Utiliza energía renovable**, lo cual implica menor degradación medioambiental (reducción en el consumo de recursos).

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

El agua es un recurso vital en nuestro planeta, para beber, para la agricultura, para las industrias, etc. Más del 70% de la superficie de la Tierra es agua, sin embargo, el 97% de esta cantidad corresponde a las aguas marinas y del 3% restante, que sería agua dulce, sólo el 1%, está disponible para el uso humano y de los ecosistemas.

Además, el aumento de la población, contaminación y calentamiento global hacen que la necesidad del agua vaya en aumento. Como consecuencia más de 1500 millones de personas sufren escasez severa de agua limpia. Esta falta de agua provoca que más de 10 millones de personas mueran al año debido a enfermedades provocadas por el agua. Esto significa que se deben dar pasos efectivos con el fin de incrementar el suministro de agua limpia y la desalinización de agua de mar o salobre es la clave para una solución a esta crisis mundial.

Las tecnologías de desalinización más utilizados actualmente incluyen procesos de membranas (ósmosis inversa (OI) y electrodiálisis (ED)) y procesos térmicos (destilación multietapa flash (MSF), destilación multi-efecto (MSF) y compresión de vapor mecánica (MVC)). Entre estos procesos, los métodos OI o MSF son los más empleados en la mayoría de las plantas de desalinización de agua de mar del mundo.

Sin embargo, este consumo energético sigue siendo elevado por lo que es necesario buscar soluciones alternativas capaces de eliminar las sales del agua de una manera eficaz y menos costosa. Además, la OI requiere un pretratamiento para eliminar especies que pueden precipitar o crear fouling en la superficie de las membranas y así disminuir el rendimiento de la desalación.

Entre las tecnologías emergentes de desalación una de las más prometedoras es la **tecnología de desionización capacitiva (CDI)** (Figura 1) que elimina especies iónicas de aguas salinas mediante la aplicación de una diferencia de potencial entre los electrodos inmersos en la disolución a tratar. Las ventajas de la CDI incluyen menores costes de operación y consumo energético, fácil regeneración y mantenimiento.

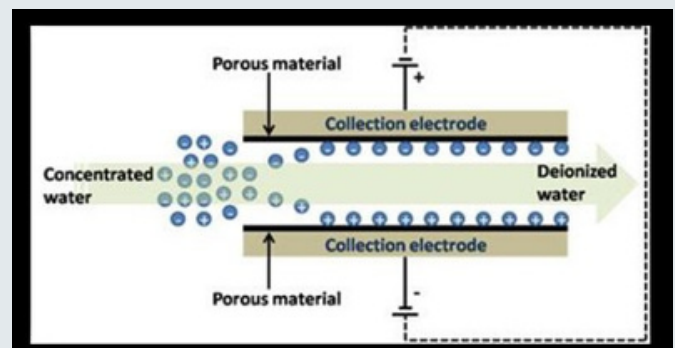


Figura 1. Esquema del proceso de Desionización Capacitiva (CDI)

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

CDI es un **proceso electroquímico basado en supercondensadores** que permite la purificación de aguas salinas mientras se almacena energía de forma simultánea. Mediante la polarización de los electrodos que componen el supercondensador se fuerza a los iones de la disolución salina, que pasa a través de ellos, a ser adsorbidos en la superficie de dichos electrodos. De esta forma se almacena energía cargando el supercondensador y retiran iones del medio acuoso produciendo un agua con menor contenido salino. Así pues, la desionización capacitiva es capaz de reducir la concentración de sales de una disolución y almacenar energía de forma simultánea en la fase de eliminación.

Generalmente, un electrodo adecuado para CDI debería poseer un área de superficie específica alta para acumulación iónica, una alta conductividad eléctrica para una carga efectiva, una estructura porosa razonable para la formación de la doble capa eléctrica y accesibilidad para los iones y una buena humedad del electrolito y estabilidad química y electroquímica. Los materiales basados en carbono suelen tener estas propiedades estructurales y electroquímicas. El grafeno puede ser un candidato ideal debido a que tiene una alta capacidad de electroadsorción si se compara con otros materiales de carbono.

En este sentido, **dentro del proyecto europeo de la Flagship del grafeno, Tecnalía ha desarrollado y patentado electrodos CDI de grafeno decorados con óxidos metálicos (EP2018/067307) con la deseada composición de superficie y estructura para la desalación de agua.** La eficiencia del proceso de electroadsorción depende principalmente de las propiedades físicas y la nanoestructura del material del electrodo.

El nuevo material híbrido desarrollado por Tecnalía muestra una combinación de macro-, meso- y microporos en una estructura 3D-rGO que junto con el efecto hidrofílico y capacitivo de las nanopartículas del óxido metálico han demostrado ser muy eficientes para la eliminación de sales de aguas de diferentes salinidades a nivel de laboratorio mostrando una mejora sustancial de las propiedades de desalación de aguas salobre frente al estado del arte de la tecnología CDI

“

La desionización capacitiva empleando electrodos basados en grafeno es una tecnología prometedora, innovadora y sostenible para la desalinización de aguas de diferentes salinidades con un bajo consumo energético que puede competir favorablemente frente a la tecnología de desalinización más implantada actualmente, que es la ósmosis inversa.

”

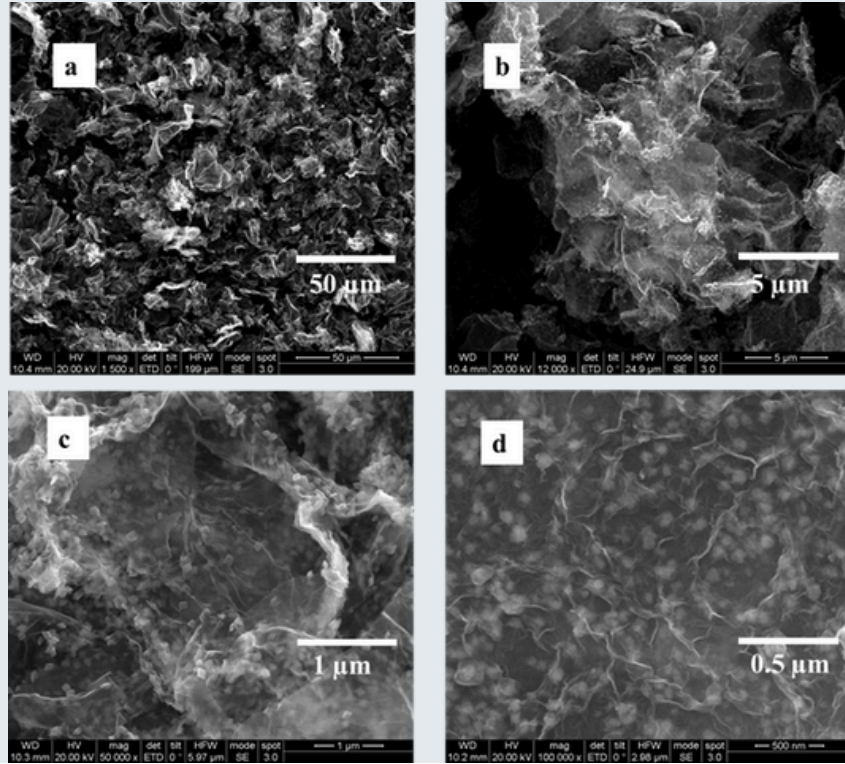


Figura 2- SEM del compuesto de grafeno a varias magnificaciones

El propósito final de esta tecnología se vincula de manera directa o inducida con la salud humana y el bienestar medioambiental por los siguientes motivos:

1. Obtiene agua potable para consumo humano, regadío, etc. en lugares donde el agua limpia es difícil de conseguir puesto que elimina contaminantes emergentes
2. Utiliza energía renovable, lo cual implica menor degradación medioambiental (reducción en el consumo de recursos)

PROCESOS DE ELECTROMEMBRANA PARA EL TRATAMIENTO AVANZADO DEL AGUA

Las **tecnologías de electromembrana** (como la electrodiálisis, la electrodiálisis reversible, la electrodiálisis con membrana bipolar o la ósmosis inversa electrodiálítica, entre otras) utilizan campos eléctricos para mover o separar iones y otras moléculas a través de membranas semipermeables. Estos procesos facilitan la eliminación eficaz de contaminantes emergentes, como metales pesados, fármacos, microplásticos, etc.), contribuyendo a la protección de ecosistemas acuáticos y mejorando la calidad del agua para consumo humano.

[CENTRO TECNOLÓGICO] **CARTIF**

Palabras clave

CALIDAD DEL AGUA; CONTAMINANTES EMERGENTES; SALUD PÚBLICA; SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL; TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS

Presentan, por tanto, una **capacidad notable para enfrentar los desafíos ambientales** actuales y promover prácticas de gestión del agua más sostenibles y efectivas. Este artículo explora el impacto significativo de algunos de estos procesos de electromembrana en la salud pública y la sostenibilidad ambiental mediante el tratamiento avanzado del agua.



Metales pesados, fármacos y microplásticos abundan en nuestras aguas residuales

Principios y tipos de procesos de electromembrana

Las tecnologías de electromembrana operan mediante la aplicación de un campo eléctrico, el cual genera un gradiente de potencial electroquímico entre las soluciones a ambos lados de membranas selectivamente permeables, induciendo el movimiento de iones y, en algunos casos, moléculas a través de ellas. En el caso de la electrodiálisis, las membranas de intercambio iónico permiten el paso de cationes y aniones, lo cual es ampliamente utilizado para desalinizar agua salobre o tratar efluentes industriales. La electrodiálisis reversible, por su parte, alterna la polaridad del campo eléctrico, reduciendo el ensuciamiento de las membranas y extendiendo su vida útil; esto es ventajoso en la regeneración de aguas residuales industriales. La electrodiálisis con membrana bipolar se emplea cuando se requiere la separación y recuperación de ácidos y bases, siendo ideal para aplicaciones donde se valoriza la obtención de productos químicos a partir de sales. Finalmente, la ósmosis inversa electrodiálítica combina electrodiálisis y ósmosis inversa para una separación más selectiva, abordando aguas residuales con alta concentración de contaminantes.

Introducción

La demanda creciente de agua de alta calidad para uso humano y agrícola, sumada a la proliferación de contaminantes emergentes, plantea grandes retos para la gestión y el tratamiento del agua. Entre los métodos avanzados, las tecnologías de electromembrana se destacan por su capacidad de eliminar selectivamente una amplia gama de contaminantes mediante el uso de un campo eléctrico, lo que las convierte en una opción atractiva y eficiente. Estas tecnologías incluyen, entre otras, la electrodiálisis, la electrodiálisis reversible, la electrodiálisis con membrana bipolar, la ósmosis inversa electrodiálítica, la electrodesionización o la desionización capacitiva con membranas, cada una con aplicaciones específicas y un impacto positivo en la sostenibilidad del tratamiento de aguas, centrándose este artículo en las cuatro primeras.

Aplicaciones y beneficios en la gestión del agua

Las tecnologías de electromembrana han ganado relevancia en el tratamiento de aguas debido a su capacidad para abordar una variedad de contaminantes emergentes, como son los metales pesados, los residuos de productos farmacéuticos y los microplásticos. Estas sustancias, que no se eliminan eficazmente mediante métodos convencionales, pueden ser capturadas y separadas con gran eficacia. En el caso de los metales pesados, las tecnologías como la electrodiálisis y la electrodiálisis reversible logran eliminar de manera eficiente plomo, cadmio y mercurio de aguas residuales, protegiendo los cuerpos de agua naturales y previniendo la acumulación de estos contaminantes en la cadena alimentaria. Los microplásticos y fármacos son también contaminantes preocupantes, pero pueden eliminarse mediante electrodiálisis, obteniendo un agua más limpia y segura.

“

Las tecnologías como la electrodiálisis y la electrodiálisis reversible logran eliminar de manera eficiente plomo, cadmio y mercurio de aguas residuales.

”

Estas tecnologías también resultan eficaces en la desalinización de agua para uso agrícola y en la reutilización de aguas residuales. La electrodiálisis, por ejemplo, permite obtener agua desmineralizada adecuada para riego en zonas con escasez de agua dulce. La electrodiálisis reversible facilita el tratamiento de aguas industriales, generando recursos hídricos adicionales y reduciendo la presión sobre fuentes de agua dulce mediante procesos que demandan menos energía y que minimizan el uso de productos químicos, disminuyendo el impacto ambiental. Si bien las tecnologías de electromembrana ofrecen numerosas ventajas, es importante considerar algunos desafíos asociados a su implementación. El consumo energético debido a la aplicación continua de un campo eléctrico puede ser significativo, aunque puede optimizarse mediante fuentes de energía renovable. Asimismo, en ciertas aplicaciones, el coste de los materiales, como los electrodos, puede ser elevado, y se requiere una gestión adecuada de los residuos salinos generados durante el proceso. No obstante, la investigación en materiales más accesibles y eficientes sigue avanzando, reduciendo costes y mejorando la sostenibilidad de estas tecnologías, posicionándolas como una opción cada vez más viable para un tratamiento de aguas más seguro y eficiente.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Impacto en la salud pública

La adopción de procesos de electromembrana en el tratamiento avanzado del agua ofrece múltiples beneficios a nivel de salud pública y sostenibilidad ambiental. Estos procesos no solo garantizan un agua de mayor calidad, sino que también contribuyen a la protección de los ecosistemas acuáticos al reducir la descarga de contaminantes peligrosos. Además, el uso de tecnologías de electromembrana minimiza la dependencia de productos químicos agresivos, generando menos residuos y permitiendo la recuperación y reciclaje de elementos valiosos. Desde la perspectiva ambiental, la eficiencia energética de estas tecnologías, especialmente cuando se combinan con energías renovables, las posiciona como soluciones sostenibles. Al minimizar el consumo de energía y los recursos necesarios para el tratamiento de aguas, estas tecnologías promueven una gestión del agua responsable y respetuosa con el entorno natural. Además de los beneficios mencionados, es importante considerar que los procesos de electromembrana generan corrientes residuales con alta carga salina. Una gestión adecuada de estas corrientes es fundamental para evitar impactos ambientales negativos. No obstante, este desafío también representa una oportunidad para la valorización de subproductos, como la recuperación de sales y otros compuestos de interés.

Las tecnologías de electromembrana han encontrado aplicaciones a gran escala en diversas instalaciones.

Un ejemplo destacado es **la planta de electrodiálisis reversible de Aigües Ter Llobregat en la ETAP del Llobregat**, que opera desde 2009 y es reconocida como una de las mayores instalaciones del mundo con esta tecnología. Sin embargo, en la mayoría de los casos, estas tecnologías aún se encuentran en fases piloto. Por ejemplo, el proyecto United Circles propone la combinación de desionización capacitiva y ósmosis directa para el tratamiento de aguas residuales de la industria papelera, con el objetivo de cerrar el ciclo de agua y promover la reutilización.

Otro ejemplo es el **proyecto TReVaEM**, que aplica electrodiálisis con membranas bipolares en el sector alimentario para transformar las salmueras en ácidos y bases. Estos avances demuestran que, aunque ya existen instalaciones consolidadas, los proyectos piloto siguen siendo clave para ampliar el rango de aplicación y mejorar la eficiencia de estas tecnologías en sectores industriales complejos.

Conclusiones

Las tecnologías de electromembrana representan una herramienta poderosa para enfrentar los desafíos de la gestión avanzada del agua en un mundo donde la escasez y la contaminación del agua se están convirtiendo en problemas críticos. Con su capacidad para eliminar eficazmente contaminantes emergentes y reducir el impacto ambiental de los procesos de tratamiento, estos métodos se perfilan como soluciones clave para una gestión del agua más segura y sostenible. La innovación continua en el diseño de membranas y la combinación con fuentes de energía limpia jugarán un papel fundamental para expandir el uso de estos sistemas en un futuro donde la protección de los recursos hídricos será indispensable.



Instalación piloto con tecnología de electromembranas

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

ARTÍCULO 6

innovación en el Control y Tratamiento del Agua

D4RUNOFF

Plataforma basada en IA para la elaboración de planes de gestión de
escorrentía urbana: una iniciativa del proyecto D4RUNOFF



El proyecto **D4RUNOFF** tiene como objetivo la creación de un marco innovador para la gestión de la escorrentía urbana basado en datos, con el fin de proponer soluciones híbridas basadas en la naturaleza (SBN) que se adapten a escenarios de riesgo actuales y futuros derivados del cambio climático. La iniciativa está dirigida a las empresas gestoras de agua, planificadores urbanos, autoridades y responsables de políticas referentes a los planes de gestión de escorrentía y aguas pluviales.

El proyecto incluye la creación de una plataforma que recopila datos y utiliza algoritmos de inteligencia artificial, con distintos módulos que abarcan: modelización inteligente de SBN y planificación urbana, evaluación de riesgos para identificar áreas críticas afectadas por contaminantes (incluidos los emergentes), análisis de impacto de cambios en las políticas relacionadas, y fomento del compromiso social a través de juegos serios relacionados con la gestión sostenible de la escorrentía urbana.

Jesús Fernández Águila

Ingeniero I+D - PhD en ITG

jfernandez@itg.es

Sara Novoa Rodríguez

Ingeniera I+D en ITG

snovoa@itg.es

Lucía Garabato Gándara

Responsable de proyectos de Agua Digital

lgarabato@itg.es

Juan Luis Sobreira Seoane

Director de División en ITG

jsobreira@itg.es

Paolo Santinello

Director de Desarrollo en KLINK

p.santinello@klink.it

Jorge Rodríguez Hernández

Profesor Titular del GITECO (UC)

jorge.rodriguez@unican.es

Federica Guerrini

Científica de datos en MITIGA

federica.guerrini@mitigasolutions.com

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Introducción

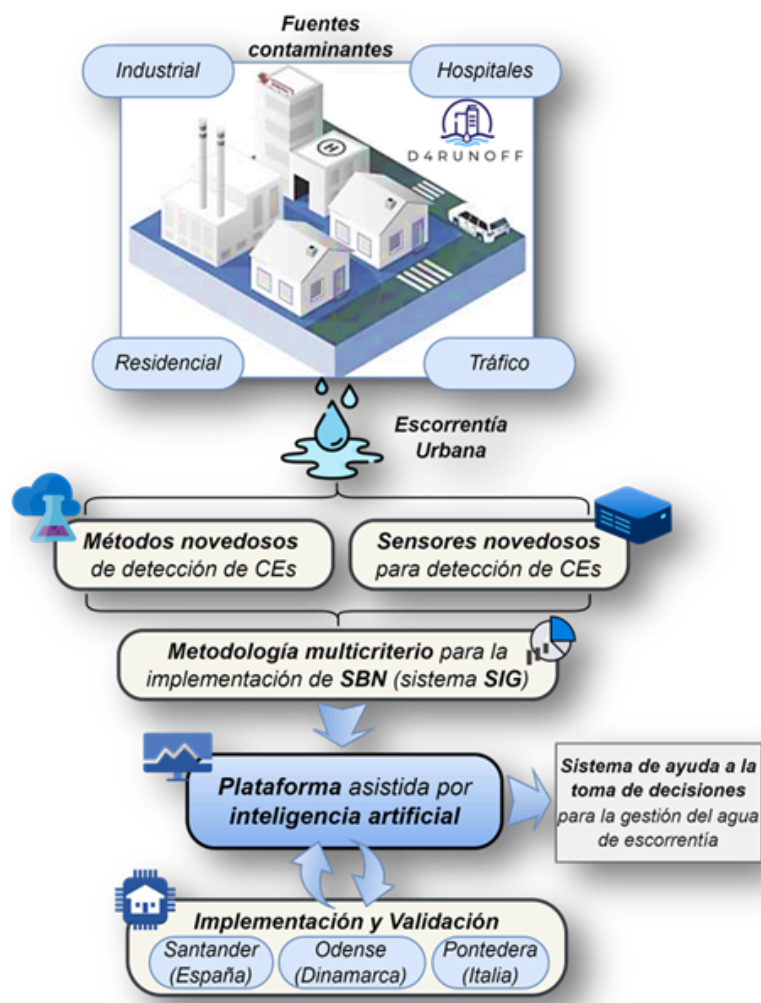
La escorrentía urbana actúa como un vector de transporte de contaminantes en las ciudades, contribuyendo significativamente al deterioro de la calidad del agua y representando una amenaza tanto para la salud pública como para los ecosistemas. **Cada día, múltiples sustancias nocivas, desde metales pesados hasta contaminantes emergentes (CE) como disruptores endocrinos, productos farmacéuticos y microplásticos, se depositan en calles y zonas industrializadas.** Estos compuestos son arrastrados por las aguas de escorrentía y transportados a sistemas hídricos naturales, generando impactos no completamente controlados. Aunque algunos contaminantes están regulados, muchos municipios y empresas del sector del agua carecen de una visión integral de la composición química de las escorrentías, lo que dificulta la aplicación de estrategias eficaces de mitigación de riesgos ambientales.

En respuesta a este desafío, **el proyecto D4RUNOFF**, respaldado por el programa Horizonte Europa, **busca desarrollar un marco innovador para gestionar la escorrentía en entornos urbanos.** El proyecto, que combina la experiencia de 13 organizaciones de cinco países europeos, integra tecnologías avanzadas para la detección y caracterización de contaminantes, sensores innovadores, SBN y sistemas avanzados de apoyo a la toma de decisiones.

Palabras clave

ESCORRENTÍA URBANA, CONTAMINACIÓN DIFUSA, CONTAMINANTES EMERGENTES (CE), SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA (SBN), CAMBIO CLIMÁTICO, GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES, PLATAFORMA IA, IOT

A través de este enfoque multidisciplinar, D4RUNOFF tiene como objetivo abordar la problemática desde varios frentes, contribuyendo a la sostenibilidad y adaptación de las ciudades al cambio climático.



REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Metodología

Uno de los hitos clave del proyecto D4RUNOFF es el desarrollo de una **Plataforma digital asistida por inteligencia artificial (IA)**, que actúa como sistema de apoyo en la toma de decisiones para facilitar la gestión de la escorrentía urbana y el diseño de medidas eficientes para mitigar su impacto, fomentando la planificación e instalación de SBN en entornos urbanos.

La Plataforma se presenta como un elemento dinámico e integrador dentro de D4RUNOFF, aprovechando la información y los datos obtenidos en el proyecto a través del desarrollo de métodos y sensores innovadores para la caracterización de contaminantes en el agua de escorrentía y de análisis multicriterio para el diseño e implementación de SBN, resultando en sistemas de drenaje híbridos.

La plataforma se fundamenta en la recolección y análisis de datos en tiempo real, con una arquitectura modular en la que diversas capas (almacenamiento, gestión, análisis, servicios, visualización) interactúan entre sí, permitiendo un mantenimiento eficiente sin afectar al sistema en conjunto. Su funcionamiento se apoya en un potente motor de cálculo que permite la implementación de modelos avanzados y el uso de técnicas de IA.

En el plano funcional, la Plataforma está diseñada para asistir a distintos tipos de usuarios —operadores técnicos, responsables políticos, comunidad científica y sociedad civil— en la prevención y gestión del impacto de la escorrentía urbana.

Para ello, **integra diferentes módulos y funcionalidades:**

1- Módulo operativo y estratégico

Facilita la selección, diseño y evaluación de SBN para la gestión de la escorrentía urbana, con el apoyo de IA.

3- Módulo político

Analiza las políticas necesarias para la adopción de SBN y el monitoreo de CE apoyando la planificación territorial y el desarrollo de planes piloto de gestión.

2- Módulo de evaluación de riesgos

Permite evaluar los riesgos asociados con la contaminación de la escorrentía urbana y analizar la viabilidad de las SBN.

4- Módulo social

Sensibiliza a los ciudadanos sobre los problemas asociados a la escorrentía e informa sobre las SBN mediante "juegos serios".

Resultados

La Plataforma desarrollada en el marco del proyecto europeo D4RUNOFF es en sí misma un resultado del proyecto, integrando y unificando los desarrollos alcanzados durante su ejecución. Su propósito es facilitar la toma de decisiones a los actores clave en la gestión del agua, ofreciendo información desde distintas perspectivas.

La Plataforma permite almacenar, visualizar y analizar datos obtenidos mediante técnicas avanzadas para la caracterización de CE, como pesticidas (ej., clorpirifós, atrazina), hidrocarburos (ej., PAH), o fármacos (ej., paracetamol, diclofenaco), en agua de escorrentía, provenientes de análisis de laboratorio y sensores in situ.

Entre los sensores conectados a la Plataforma se encuentran dispositivos innovadores desarrollados en el marco del proyecto, diseñados para la monitorización remota y en línea de CE específicos, metales y microplásticos.

Estos datos se presentan en sistemas de información geográfica (SIG), facilitando la identificación de fuentes de contaminación y alimentando modelos de IA para predecir eventos de contaminación.

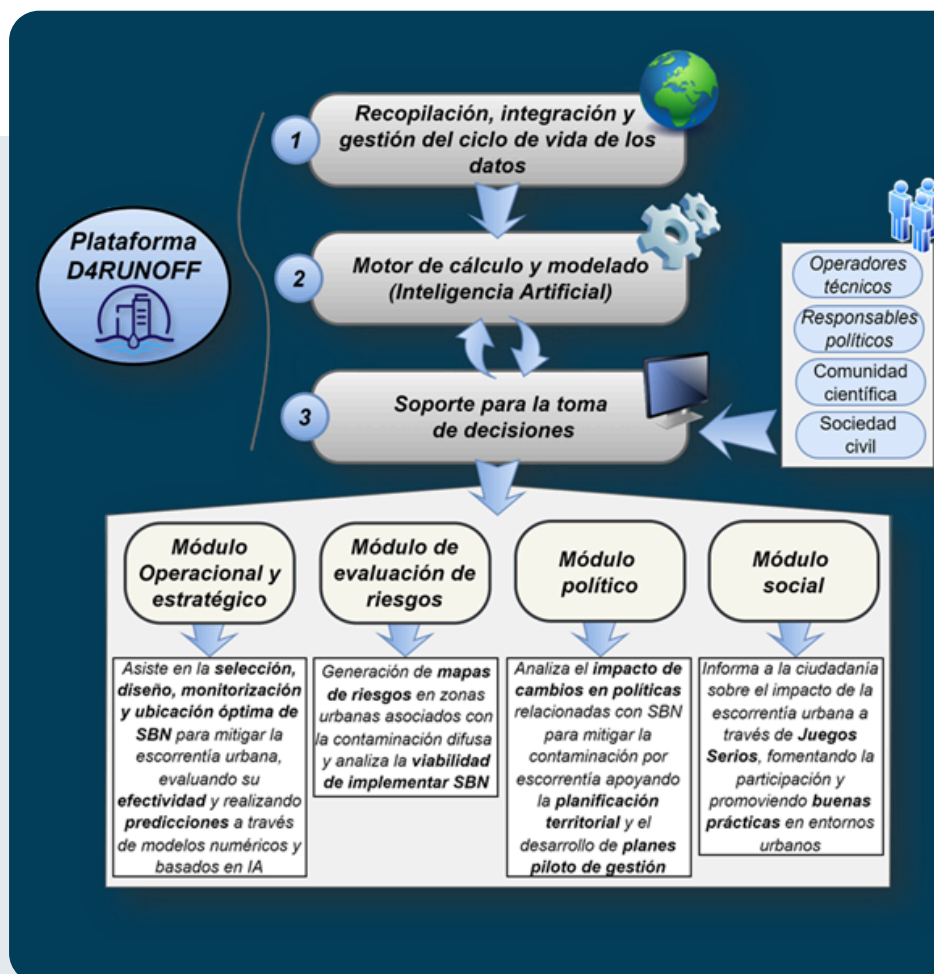


Figura 2: Plataforma asistida por IA desarrollada en el marco del proyecto D4RUNOFF para la gestión de la escorrentía urbana

Un catálogo, adaptable por los usuarios, con información detallada de SBN y soluciones de drenaje convencionales (ej., áreas de biorretención, tejados y fachadas verdes, pavimentos permeables, estanques de retención, humedales, etc.) se integra en la Plataforma, con opciones de filtrado y búsqueda avanzada basada en lenguaje natural. Además, la Plataforma facilita la selección, dimensionamiento y optimización de SBN mediante métodos de análisis de decisión multicriterio, optimizando su ubicación en entornos urbanos.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Para evaluar la efectividad a medio y largo plazo de las SBN frente al cambio climático, la plataforma integra modelos hidráulicos comparando diferentes escenarios, y genera mapas de riesgo para identificar focos de contaminación difusa basados en concentraciones de contaminantes y escenarios de precipitación.

Conclusiones y próximos pasos

La Plataforma digital asistida por IA desarrollada en el proyecto europeo D4RUNOFF proporciona una herramienta innovadora para abordar los desafíos de la gestión de la escorrentía urbana desde un enfoque multidimensional. Al integrar resultados de métodos avanzados de detección de CE, utilizar análisis multicriterio y técnicas de IA, evaluar riesgos en escenarios actuales y futuros, apoyar la formulación de políticas y concienciar a la ciudadanía, la Plataforma facilita la toma de decisiones con el objetivo de mejorar la gestión del agua de lluvia en áreas urbanas y mitigar la contaminación difusa, promoviendo la adopción de SBN.

Agradecimientos

El proyecto D4RUNOFF ha recibido financiación de la Unión Europea en el marco de la convocatoria HORIZON-CL6-2021-ZEROPOLLUTION-01-03, bajo el acuerdo nº101060638.



Financiado por
la Unión Europea

“

En un futuro próximo, la Plataforma será implementada y validada en tres entornos urbanos en Europa: Santander (España), Odense (Dinamarca) y Pontedera (Italia), lo que permitirá evaluar su eficacia en escenarios reales.

”



EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA Y ECOSISTEMAS: CONTAMINANTES EMERGENTES Y RESISTENCIA ANTIMICROBIANA

Los cambios climáticos, las sequías, las inundaciones y el acceso desigual al agua plantean retos significativos para la salud pública y la estabilidad ambiental. A través de casos de éxito, esta sección subraya cómo la ciencia puede dar respuesta a las nuevas amenazas que desafían la sostenibilidad del agua como recurso vital.

ONE-HEALTH GO ANALYTICS

Análisis De Contaminantes Emergentes Y Resistencia Antimicrobiana En El
Ciclo Integral Del Agua Bajo El Concepto One-Health



El proyecto **ONE-HEALTH GO Analytics** tiene como objetivo conjugar diferentes métodos analíticos para determinar la presencia de contaminantes emergentes, como fármacos (por ej. antibióticos) y genes de resistencia a antimicrobianos, a lo largo del ciclo integral del agua. Esto permitirá evaluar la calidad del agua, y proporcionar información sobre la salud de la población y de entornos medioambientales concretos, así como evaluar cómo el consumo de antibióticos en la población contribuye a la propagación de genes de resistencia, ofreciendo una visión integral de la relación entre las prácticas de uso de antibióticos y la resistencia antimicrobiana en el medio ambiente.

Palabras clave

CECS, GRAS, ONE-HEALTH

Este proyecto se alinea con la nueva propuesta de directiva europea (2022/0345(COD)), que regula el tratamiento de las aguas residuales urbanas y endurece la vigilancia de estos contaminantes emergentes.

Ester Méndez Belinchón

Coordinación Innovación Servicios Transversales

Grupo Global Omnium

esmenbe@globalomnium.com

Lola Beltrán Beut

Técnico de Innovación Área Servicios

Grupo Global Omnium

lobelbeut@globalomnium.com

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

EL CONCEPTO "ONE-HEALTH" PONE NOMBRE A LA INTERDEPENDENCIA Y CONEXIÓN ENTRE LA SALUD HUMANA, ANIMAL Y MEDIOAMBIENTAL.



La importancia de este concepto ha crecido en los últimos años debido a **cambios como la globalización, el cambio climático, la elevada movilidad humana o la ganadería intensiva**, entre otros, ya que favorecen los brotes y transmisión de enfermedades al aparecer nuevas oportunidades de contacto entre los humanos, animales y ecosistemas.

El desarrollo y hábitos de consumo actuales han dado lugar a la generación de contaminantes que hasta hace unos años pasaban desapercibidos, desconociéndose su presencia y sus efectos sobre el medio ambiente. Entre ellos destacan, por ejemplo, el creciente consumo por la población de una gran variedad de sustancias químicas, como fármacos o drogas de abuso, que terminan diariamente en las aguas residuales al ser excretados. **Los fármacos y drogas ilícitas son uno de los contaminantes emergentes (CEs) más importantes** debido a su proceso de fabricación, distribución, consumo, regulación, vertidos incontrolados y a la influencia que puede tener la presencia de estas sustancias en el medio receptor.

Las aguas también son fuentes principales de microorganismos patógenos, contaminando el suministro de agua potable, agua utilizada en cultivos o en usos recreativos. Además, **cada año miles de toneladas de contaminantes, incluyendo antimicrobianos, son liberados en el medio ambiente**, favoreciendo la propagación de genes de resistencia a antimicrobianos (GRAs) en organismos patógenos. La aparición y propagación de GRAs constituye una de las amenazas más graves a las que se enfrenta la salud pública, animal y medioambiental hoy en día. Las infecciones que provocan los organismos resistentes son más difíciles de tratar, resultando en mayores costes médicos, estancias hospitalarias prolongadas y un aumento de la mortalidad.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud



El proyecto **ONE-HEALTH GO Analytics** tiene como objetivo el estudio e implementación de diferentes métodos analíticos para la **determinación de CEs** como drogas ilícitas, fármacos, GRAs, caracterización de poblaciones bacterianas, virus y protozoos a lo largo del ciclo integral del agua, todo ello enmarcado en el concepto One-Health.

La selección de los parámetros a estudiar se ha llevado a cabo mediante el estudio bibliográfico de dichos compuestos, teniendo en cuenta su relevancia sanitaria y medioambiental, así como su consideración en directivas europeas, listas de observación obligatoria y/o planes de acción y control.

Los métodos analíticos se basarán principalmente en técnicas de qPCR (*Helicobacter pylori*, Virus del Nilo Occidental y *Leishmania*), secuenciación (GRAs), y HPLC-MS/MS (drogas ilícitas, fármacos y productos fitosanitarios).

Debido a la importancia de la monitorización de la calidad del agua y a que las tecnologías existentes de detección de contaminantes presentan limitaciones, existe la necesidad de mejorar estas técnicas.

Por tanto, dado el aumento experimentado en los últimos años en el número de infecciones causadas por **organismos resistentes a los antibióticos** a nivel mundial, resulta necesario fortalecer la vigilancia de los GRAs.

Las plantas de tratamiento de agua residual convencionales no están diseñadas para la eliminación de CEs, por lo que su eliminación en algunos casos es incompleta. En esta misma dirección, la última modificación de la Directiva 91/271/CEE de la Unión Europea sobre el tratamiento de aguas residuales urbanas ya va encaminada a establecer nuevos valores límite para CEs. Esta Directiva plantea la posibilidad de llevar a cabo tratamientos adicionales para la eliminación de CEs.



Toma de muestras de agua residual para el análisis de CEs.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Las técnicas analíticas implementadas se aplicarán para la identificación de CEs a lo largo del ciclo integral del agua (aguas residuales, depuradas, potables, regeneradas, continentales). Los resultados derivados de este estudio permitirán evaluar la afectación de la calidad del agua por la presencia de todos los CEs estudiados; favorecerán la identificación de vertidos de diversos orígenes (agrícola/ganadero/industrial) a las aguas residuales; el planteamiento de nuevos tratamientos de depuración; y la identificación de patrones de consumo de determinadas sustancias (como fármacos y drogas) en la población. Todo ello permitirá evaluar riesgos ambientales empleando más información, de una forma más precisa y resultando en la facilitación de la toma de medidas preventivas.

La realización de este proyecto significará para el laboratorio GAMASER la incorporación de un nuevo servicio de vigilancia de GRAs, patógenos y otros CEs, al ya extenso catálogo de servicios, anticipándose a un creciente problema ambiental, humano y animal a nivel mundial



“

Este proyecto permitirá la vigilancia de un mayor número de parámetros de relevancia medioambiental y sanitaria. Esto permitirá cumplir su función de alerta temprana, ayudando a las autoridades a implementar protocolos efectivos de actuación, identificar vertidos inadecuados y plantear nuevos tratamientos de depuración

”

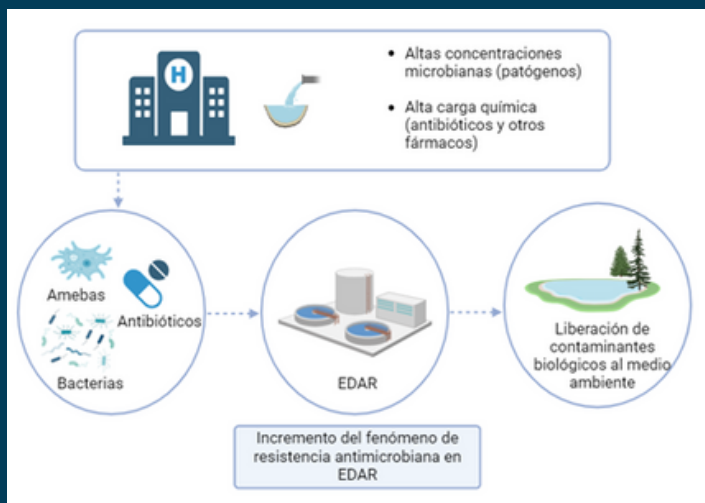
ARTÍCULO 8

Evaluación de Riesgos para la Salud Humana y Ecosistemas:
Contaminantes Emergentes Y Resistencia Antimicrobiana**AMEBAS DE VIDA LIBRE COMO RESERVORIOS DE BACTERIAS RESISTENTES Y MULTIRRESISTENTES A ANTIBIÓTICOS EN AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS**UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIAUNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

Las aguas residuales hospitalarias son reservorios de resistencias antimicrobianas (AMR), contribuyendo al desarrollo y propagación ambiental de patógenos multirresistentes. Las amebas de vida libre (FLA) actúan como hospedadores y vectores de transferencia de bacterias patógenas resistentes a las mismas (BRA), que además podrían presentar resistencias a antibióticos, protegiéndolas y favoreciendo su diseminación. **Este estudio evaluó la prevalencia de bacterias gramnegativas resistentes a antibióticos**, particularmente productoras de ESBL y carbapenemasas, en el interior de FLA aisladas de aguas residuales de hospital. Se determinó que las FLA eran portadoras de bacterias viables como *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*, productoras de carbapenemasas VIM, KPC, OXA-48 y GES. **Se demuestra, por primera vez, que las FLA pueden ser un vehículo importante en la diseminación de genes de AMR en aguas residuales hospitalarias.**

Palabras clave

AMEBAS DE VIDA LIBRE, RESISTENCIA A ANTIBIÓTICOS, AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS.**Yolanda Moreno Trigos**Investigadora Senior. BIOMICA. IIAMA.
Universitat Politècnica de València
ymoren@upv.es**Carla Machí Camacho**Investigadora. BIOMICA. IIAMA. Universitat
Politècnica de València
carmacc2@upv.edu.es**Concepción Gimeno Cardona**Jefa de Servicio de Microbiología. Consorcio
Hospital General Universitario Valencia Facultad de
Medicina. Universidad de Valencia
Concepcion.Gimeno@uv.es**Laura Andrés Eslava**Consorcio Hospital General Universitario Valencia
laura.andres.eslava@gmail.com**Carne Salvador García**Consorcio Hospital General Universitario Valencia
salvador_cargar@gva.es



Diseminación de resistencias antimicrobianas provenientes de las aguas residuales hospitalarias al medio ambiente a través de EDARs.

Las amebas de vida libre (FLA), son protozoos ubícuos que pueden actuar como reservorios y vehículos de transmisión de bacterias resistentes a antibióticos (BRA), la mayoría de ellas patógenas, en diversos ambientes como aguas, (Samba-Louaka et al., 2019; Moreno et al., 2019) y entornos hospitalarios (Fukumoto et al., 2016). En condiciones adversas, las FLA tienen capacidad de enquistarse, un proceso que no solo las protege a ellas mismas, sino también a las bacterias asociadas que constituyen su microbioma. De este modo, evaden procesos de desinfección y sobreviven en ambientes estresantes, lo que en algunos casos potencia su virulencia. Al desenquistarse, las FLA liberan estas bacterias viables al medio ambiente, incluidas aquellas con resistencia a antibióticos y patógenas.

Además, existe la hipótesis que sugiere que las FLA pueden facilitar la diseminación de genes de resistencia a antibióticos (ARGs), promoviendo la transferencia horizontal de estos genes entre bacterias en su interior.

Introducción

Las aguas residuales hospitalarias constituyen un foco crítico en la propagación de la resistencia antimicrobiana (AMR), un problema que se ha convertido en una de las principales amenazas para la salud pública a nivel mundial. Estas aguas, al contener residuos de antibióticos y otros fármacos, crean un entorno favorable para la transferencia de elementos genéticos móviles entre microorganismos, lo que facilita la propagación de resistencias entre diferentes especies. Este fenómeno se ve exacerbado cuando las aguas residuales son vertidas sin un tratamiento adecuado, intensificando la dispersión de bacterias resistentes en el medio ambiente.

Por tanto, **es crucial considerar el papel de las FLA en el ámbito de la Salud Pública**, no solo como protozoos transmitidos por el agua, sino también como vectores de microorganismos patógenos y facilitadores de la diseminación de la resistencia bacteriana a antibióticos.

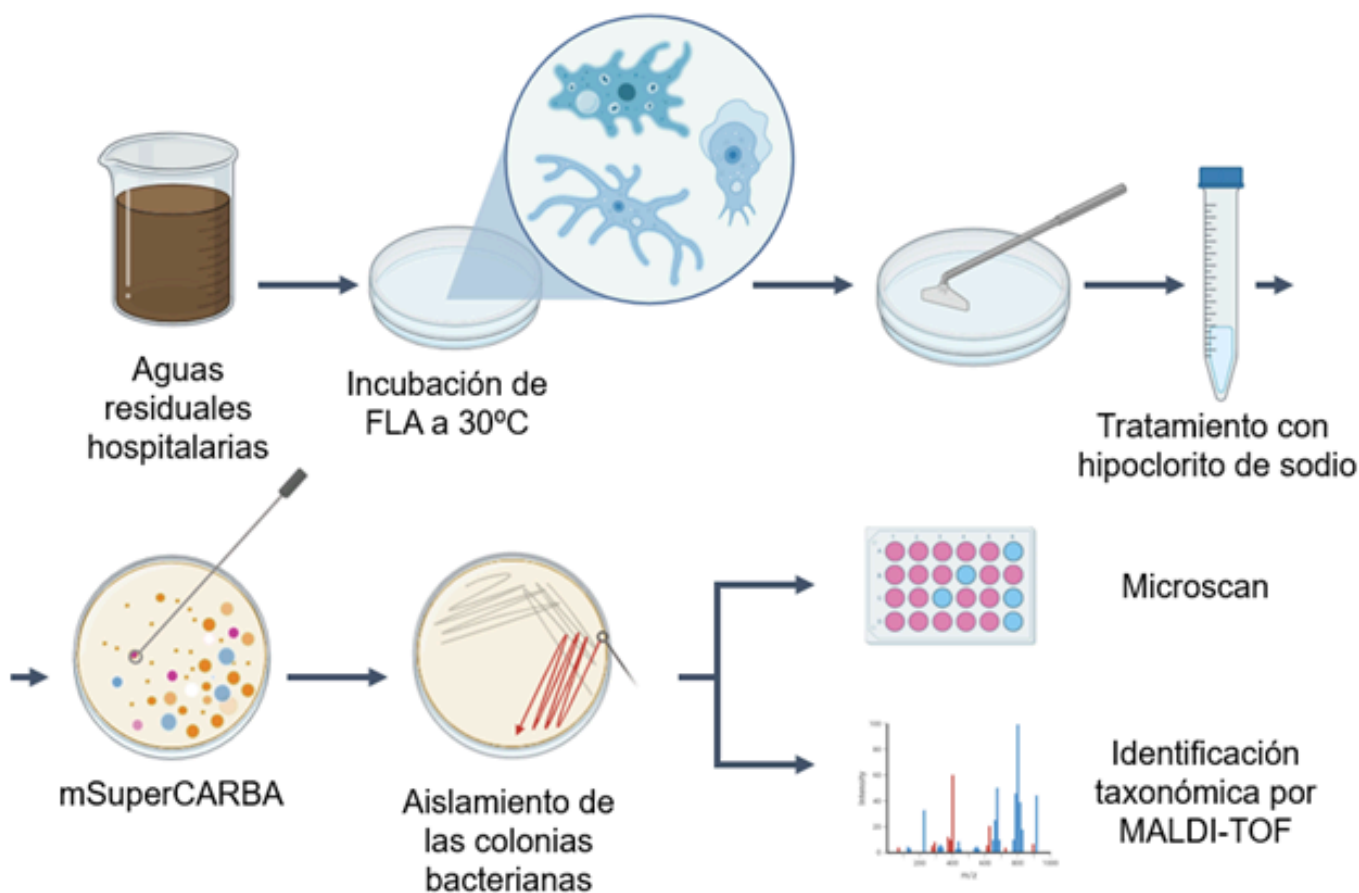
Este estudio busca evaluar la prevalencia de bacterias gramnegativas resistentes a antibióticos, particularmente aquellas productoras de carbapenemasas, en FLA aisladas de aguas residuales hospitalarias.

Metodología

Para el aislamiento de FLA a partir de aguas residuales hospitalarias, se filtraron 50 mL de muestra a través de una membrana de 1,2 μm de diámetro de poro para concentrar las FLA y eliminar las bacterias ambientales. Las membranas se depositaron en placas de agar sin nutrientes (NNA) durante aproximadamente cinco días, permitiendo así el crecimiento de las FLA.

El cultivo de FLA se recogió y se trató con hipoclorito para eliminar las bacterias externas tal y como se describe en Moreno-Mesonero et al. (2016).

Para recuperar bacterias viables con resistencia a los antibióticos carbapenémicos de las FLA, la muestra se depositó en CHROMagar™ mSuperCARBA™ incubándose a 37 °C durante 24-48 horas. Se seleccionaron algunas de las bacterias aisladas en función de sus características morfológicas y se identificaron mediante espectrometría de masas MALDI-TOF (Fernández-Cuenca et al.,2019). Además, se evaluó la sensibilidad a antimicrobianos de las bacterias mediante el sistema Microscan.



Metodología para el aislamiento y caracterización de BRAs del microbioma de FLA de las aguas residuales hospitalarias.

Resultados y conclusiones

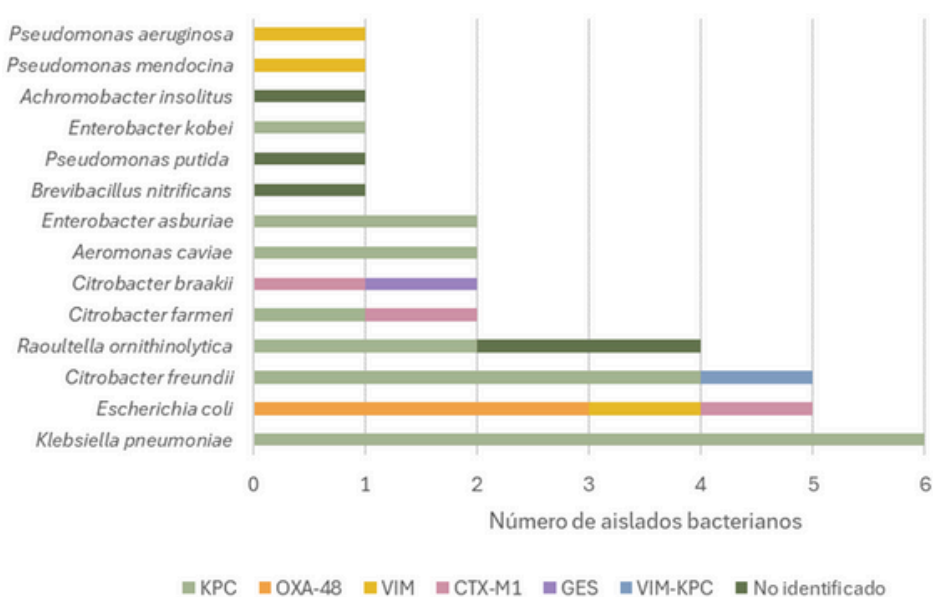
Se aislaron un total de 34 bacterias del microbioma de las FLA, todas con alguna resistencia a antibióticos carbapenémicos. Entre los aislados, se identificaron las especies *Klebsiella pneumoniae* (18%), *Citrobacter freundii* (14%), *Escherichia coli* (14%) y *Raoultella ornithinolytica* (12%), todas con relevancia clínica por su capacidad para causar infecciones graves, especialmente en pacientes inmunocomprometidos. Otras bacterias identificadas incluyeron *Aeromonas caviae*, *Enterobacter asburiae* y diversas especies de *Pseudomonas*, evidenciando la complejidad del microbioma de las FLA y el riesgo que representan como reservorios de microorganismos viables, resistentes y multirresistentes a antibióticos.

La mayoría de las bacterias aisladas presentaban la carbapenemasa KPC. También se identificaron otros genes de importancia clínica como VIM, OXA-48, CTX-M1 y GES, todos relacionados con la resistencia a antibióticos beta-lactámicos.

Dado que los antibióticos carbapenémicos son considerados una de las últimas líneas de defensa contra infecciones bacterianas graves, la presencia de estos genes en bacterias aisladas de FLA resalta el potencial peligro que representan las aguas residuales si no son tratadas adecuadamente para la eliminación de estos vectores.

Este estudio evidencia que las FLA presentes en aguas residuales hospitalarias son importantes reservorios de bacterias resistentes a antibióticos, particularmente a los carbapenémicos.

La capacidad de las FLA para albergar bacterias patógenas viables y resistentes a antibióticos sugiere que el vertido de aguas residuales podría contribuir de manera significativa a la diseminación de resistencias antimicrobianas en el medio ambiente, lo que representa un riesgo considerable tanto para la salud pública como para los ecosistemas acuáticos.



Especies bacterianas resistentes a antibióticos carbapenémicos aisladas de FLA y genes de resistencia identificados.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Agradecimientos

Este trabajo ha recibido financiación de la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital, CIPROM2021-053.

Referencias

Samba-Louaka, A., Delafont, V., Rodier, M. H., Cateau, E., & Héchard, Y. (2019). Free-living amoebae and squatters in the wild: ecological and molecular features. *FEMS microbiology reviews*, 43(4), 415–434. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuz011>

Fukumoto, T., Matsuo, J., Okubo, T., Nakamura, S., Miyamoto, K., Oka, K., Takahashi, M., Akizawa, K., Shibuya, H., Shimizu, C., & Yamaguchi, H. (2016). Acanthamoeba containing endosymbiotic chlamydia isolated from hospital environments and its potential role in inflammatory exacerbation. *BMC microbiology*, 16(1), 292. <https://doi.org/10.1186/s12866-016-0906-1>

Moreno-Mesonero, L., Moreno, Y., Alonso, J. L., & Ferrús, M. A. (2017). Detection of viable *Helicobacter pylori* inside free-living amoebae in wastewater and drinking water samples from Eastern Spain. *Environmental microbiology*, 19(10), 4103–4112. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.13856>

Moreno, Y., Moreno-Mesonero, L., & García-Hernández, J. (2019). DVC-FISH to identify potentially pathogenic *Legionella* inside free-living amoebae from water sources. *Environmental research*, 176, 108521. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.06.002>

Fernández-Cuenca, F., Tomás, M., Tormo, N., Gimeno, C., Bou, G., & Pascual, Á. (2019). Reporting identification of *Acinetobacter* spp genomic species: A nationwide proficiency study in Spain. *Enfermedades infecciosas y microbiología clínica (English ed.)*, 37(2), 89–92. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2018.02.004>



ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA ANTE DESAFÍOS HÍDRICOS EN LA SALUD Y MEDIOAMBIENTE

El cambio climático y la creciente presión sobre los recursos hídricos exigen estrategias innovadoras para garantizar la seguridad hídrica, proteger la salud pública y preservar los ecosistemas. Esta sección aborda enfoques prácticos y tecnológicos que refuerzan la capacidad de adaptación y resiliencia frente a desafíos como la escasez de agua, la degradación de ecosistemas y los riesgos para la salud derivados de la gestión hídrica

INDALO

Sensorización para la monitorización continua como base del control biológico de ecosistemas acuáticos



Palabras clave

ASENSORES, CONTROL BIOLÓGICO

El conocimiento de las variables fisicoquímicas que determinan la calidad de los sistemas tróficos, pasa de ser una necesidad a un requisito para la correcta valoración ante desequilibrios en los ecosistemas acuáticos que afectan directamente a las condiciones de vida, tanto animal como vegetal y al equilibrio biológico.

La Agencia de Medio Ambiente de Andalucía dentro del proyecto europeo INDALO para el control biológico de lagunas y humedales, desarrolla con la empresa WDtech, el sistema de boyas con sensores ambientales y biológicos, LISA.

La monitorización continua de las condiciones de ecosistemas acuáticos con sensores ambientales y biológicos, permite tomar decisiones a tiempo, y anticiparse a problemas como la eutrofización o la formación de algas, y controlar con rapidez la contaminación por abonos, fitosanitarios o hidrocarburos.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Los humedales son ecosistemas que desempeñan funciones ecológicas fundamentales, como la regulación de regímenes hídricos, luchan contra el cambio climático reteniendo carbono de la atmósfera, regulan la temperatura, o son hábitat para flora y fauna amenazada. Se trata, por tanto, de un recurso muy valioso para nuestro planeta que debemos proteger.

En este escenario, **valorar el estado de conservación de los humedales se plantea como una herramienta necesaria para mantener el equilibrio del medio en muchos aspectos**, y que normalmente se aborda de forma parcial, bien sea mediante el seguimiento de algunas especies de aves acuáticas, o con la medición puntual de parámetros fisicoquímicos en orillas de fácil acceso. Ambas aproximaciones no siempre aportan buenos resultados porque, por un lado, las aves acuáticas no son buenos bioindicadores del estado de conservación del ecosistema, y por otro, porque las orillas pueden comportarse de forma diferente al resto del vaso lagunar. Por ello, para valorar el estado del humedal en su conjunto se requiere el análisis combinado de datos fisicoquímicos medidos en continuo y de la biocenosis del humedal, algo que la comunidad científica ha denominado Ornitolimnología.

Desde 2003 la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía (en adelante AMAYA), por encargo de la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía, realiza el seguimiento de aves acuáticas en más de 250 humedales sensibles, en el marco del Plan de Recuperación y Conservación de aves de humedales. Dicho seguimiento da cuenta del estado de las comunidades orníticas más amenazadas, pero para valorar el biotopo el esfuerzo es mucho menor, ya que solo se realizan mediciones puntuales y no en todos los humedales, con una frecuencia que puede ser mensual en el mejor de los casos.

Para resolver este problema **en Andalucía, en 2019 se inició un proyecto de innovación entre la AMAYA y su partner tecnológico WDTech, con el que desarrollar el diseño, fabricación y puesta en marcha de 12 sondas multiparamétricas autónomas** que, conectadas a un servidor en internet, aportan información del estado fisicoquímico de diferentes tipologías de lagunas repartidas por todas las provincias andaluzas, y con una frecuencia ajustable de hasta de 30 min.

REVISTA IDIAGUA 2024

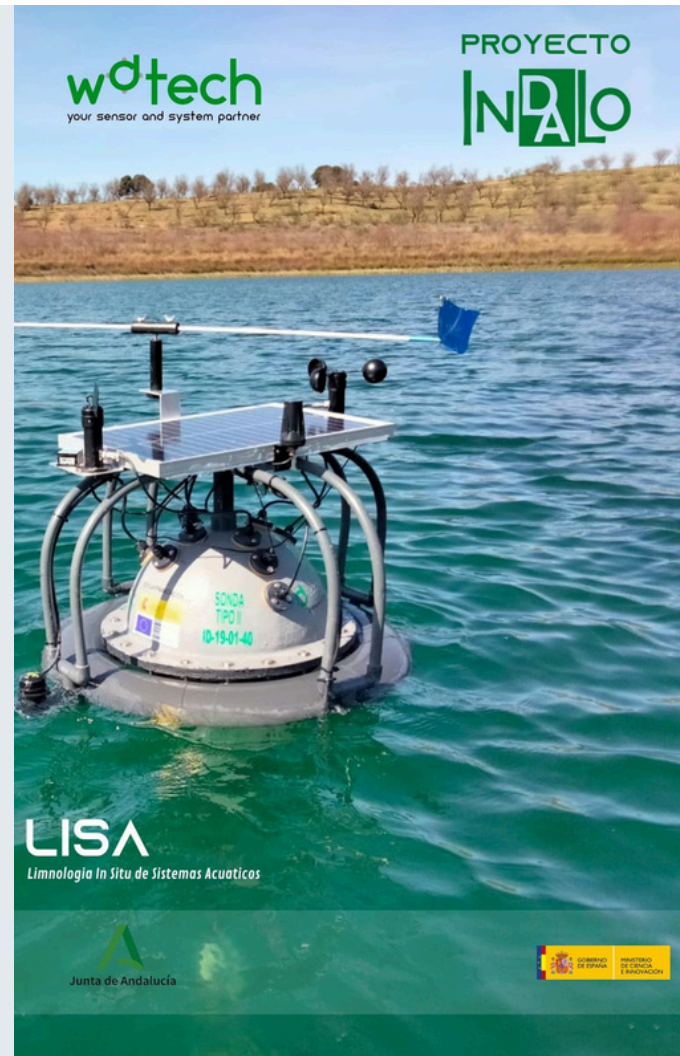
Agua y Salud

El sistema, denominado **LISA (Limnología In situ de Sistemas Acuáticos)**, es un desarrollo 100% andaluz generado por la empresa **WDTech**, compuesto por una boya que alberga la electrónica que gestiona diferentes sensores sumergidos para medir de forma continua más de 10 variables de la columna de agua, y dar aviso cuando se produzcan mediciones anormales que podrían estar asociadas a incidencias en la laguna (vertido, mortandad, etc.).

El equipo se complementa con el sistema **METEO** (estación meteorológica), para la medición de variables ambientales y atmosféricas, que permiten interpretar cómo está el entorno. **Los datos de LISA y METEO son almacenados en un servidor en la nube y consultables vía web o a través de una App en dispositivos móviles.**

Esta conectividad, unida a la programación de algoritmos de alerta en tiempo real (vía mail / notificaciones móviles), convierten al equipo en una herramienta eficaz y ágil para los gestores de estos humedales tan sensibles a las alteraciones que le producen actividades asociadas a su cuenca.

Actualmente se trabaja en nuevos evolutivos para integrar periféricos adicionales situados en otros puntos del humedal que aporten nuevos datos relacionados con las necesidades del ecosistema (cámaras, grabadoras de anfibios, dataloggers, aforadores, sensores piezométricos, etc...), así como periféricos activos (electroválvulas, compuertas, aireadores, ..), que se activen automáticamente por el propio sistema cuando se detecten mediciones que se ajusten a alteraciones del equilibrio del ecosistema.

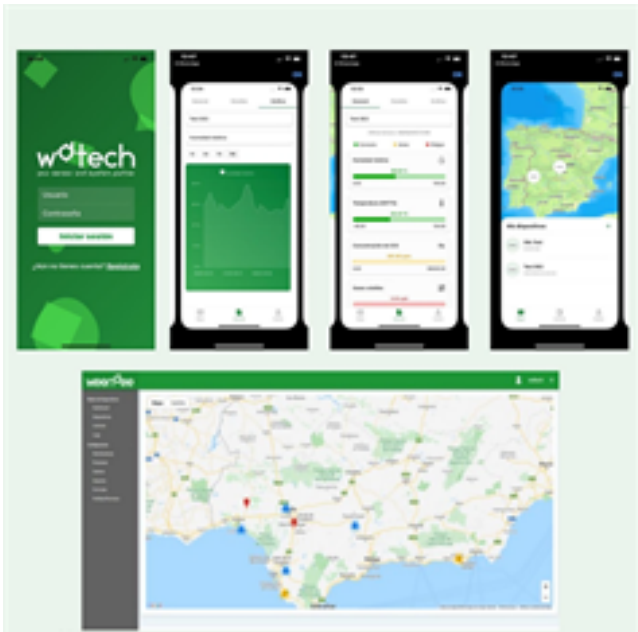


Sistema autónomo IOT de sondas con sensores multiparamétricos. LISA.

Igualmente, aunque las boyas actuales funcionan en lagunas dulciacuícolas y permanentes, se trabaja en el diseño de una versión para lagunas endorreicas y/o salinas.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud



Control gráficos y mediciones con posicionamiento GPS

El proyecto es un ejemplo de la colaboración público-privada que cuenta también con un comité científico para el diseño e interpretación de resultados, liderado por el Departamento de Biología animal, Biología Vegetal y Ecología de la Universidad de Jaén.

Tiene una financiación proveniente de fondos propios de AMAYA en convenio con la fundación bancaria La Caixa en una primera fase, en la que se obtuvieron los primeros cinco prototipos funcionales.

El proyecto en 2023 cuenta con fondos europeos aportados con el proyecto INDALO de LIFEWatch, para el desarrollo de la segunda fase del proyecto, en la que se incorporan siete equipos mejorados (hardware y programación) a partir del conocimiento adquirido en la primera fase, así como el desarrollo de una app para dispositivos móviles.

Con este proyecto, **la Junta de Andalucía impulsa una nueva forma de conservar los ecosistemas acuáticos, con un modelo de gestión innovador, autónomo y de alta resolución, sobre el que han mostrado interés otras Comunidades Autónomas y Confederaciones Hidrográficas.**

”

ARTÍCULO 10

Adaptación y resiliencia ante desafíos hídricos en la salud y medioambiente

RECARGA GESTIONADA DE ACUÍFEROS Y SEGURIDAD HÍDRICA EN ESPAÑA. CONTRIBUCIONES A LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y SALUD PÚBLICA DE CUATRO LUGARES DEMOSTRATIVOS

La recarga artificial o gestionada de acuíferos (MAR), ya integrada en el ordenamiento jurídico español en el RDPH, RD 665/2023 de 18 de julio, se ha convertido en una tecnología de gestión hídrica plenamente amoldada al contexto actual, y a su vez, una técnica de adaptación (incluso mitigación) al cambio climático y a la seguridad hídrica.

Este artículo expone cuatro casos de éxito de dispositivos de recarga gestionada en el ámbito nacional, que están contribuyendo a incrementar la seguridad hídrica (SH), especialmente industrial y medioambiental, la seguridad alimentaria, y la salud humana.

La intervención se lleva a cabo mediante los cuatro vectores principales de la SH: calidad de las aguas, desarrollo rural, servicios ecosistémicos/ soluciones basadas en la naturaleza (SBN) y reducción de riesgos e impactos. Estas acciones se ubican en Segovia, Valladolid, Valencia y Salamanca. El seguimiento de indicadores permite demostrar la contribución positiva de la técnica MAR en la GIRH.



Palabras clave

RECARGA ARTIFICIAL, RECARGA GESTIONADA DE ACUÍFEROS, MANAGED AQUIFER RECHARGE (MAR), ACUÍFERO, SEGURIDAD HÍDRICA, SEGURIDAD ALIMENTARIA, SALUD PÚBLICA

Enrique Fernández Escalante

Dr. en hidrogeología

Tragsa I+D+i

efernan6@tragsa.es

Rodrigo Calero Gil

Ingeniero agrónomo

Tragsa I+D+i

rcalero@tragsa.es

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Introducción

La seguridad hídrica (SH) puede definirse como la provisión confiable de agua cuantitativa y cualitativamente aceptable para la salud, la producción de bienes y servicios y los medios de subsistencia, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua (Grey y Sadoff 2007, en TEC n°14 (GWP 2010)).

Según la misma fuente, un mundo con seguridad hídrica integra la preocupación por el valor intrínseco del agua con su uso para la supervivencia y bienestar del hombre. Implica erradicar la responsabilidad fragmentada por el agua e integrar la gestión de los recursos hídricos a través de todos los sectores -finanzas, planificación, agricultura, energía, turismo, industria, educación y salud.

Las principales novedades con respecto a la legislación previa son:

- La recarga artificial o gestionada de acuíferos no será considerada un vertido nunca más en España (Art. 273 pto. 1).
- En las definiciones, la recarga artificial es renombrada como “recarga artificial o gestionada de acuíferos”, o managed aquifer recharge (MAR) (Art. 1bis, ak) quedando alineada así con la denominación más internacionalizada.
- El artículo 273 quater, punto tres, incluye una exposición de intenciones: “Cualquier volumen de agua excedentario de calidad apropiada será susceptible de ser empleado para la recarga artificial de acuíferos”.
- Queda definido el contenido necesario del estudio hidrogeológico para solicitar una concesión para recarga artificial o gestionada a las autoridades del agua.

La recarga artificial o gestionada de acuíferos, o en inglés Managed Aquifer Recharge (MAR), es un método de gestión hídrica que permite introducir el agua de forma intencionada en acuíferos subterráneos. Una vez almacenada, puede extraerse para diferentes usos: abastecimiento urbano, regadío, lucha contra la intrusión salina, reducir la contaminación, regenerar ecosistemas, etc. (DINA-MAR, 2011). Esta tecnología MAR ha quedado desarrollada y regulada en el contexto español en el nuevo RDPH, RD 665/2023 de 18 de julio, que desarrolla la ley de aguas.

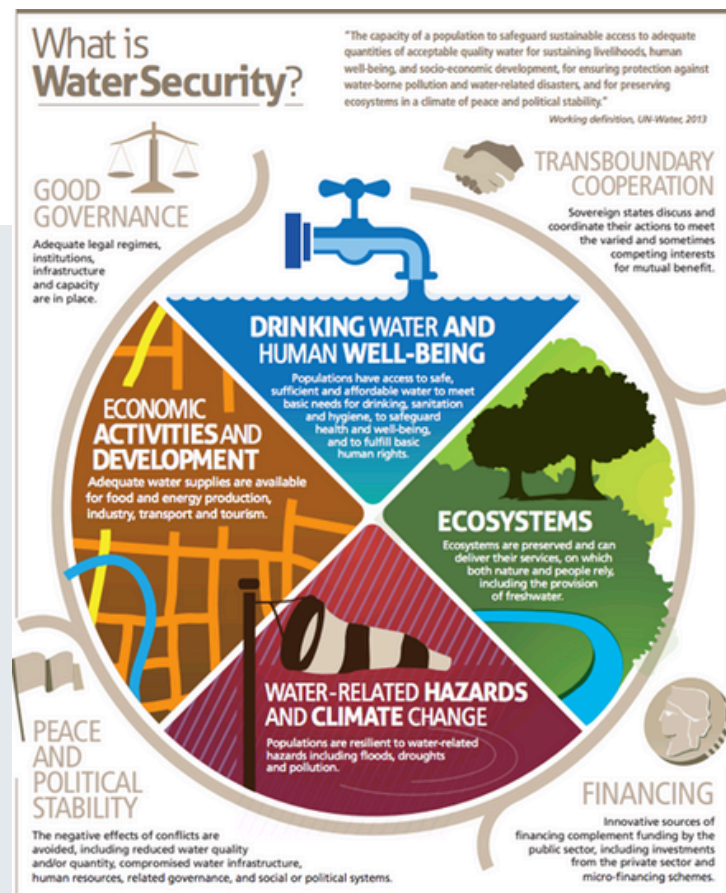


Imagen 1. ONU Water.

<https://www.unwater.org/publications/what-water-security-infographic>

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

En este contexto, y entrando ya en la relación de esta tecnología con la seguridad hídrica y alimentaria, se han estudiado algunos casos de dispositivos MAR relacionados con fines industriales y medioambientales en España. Para ello se ha monitorizado la evolución de algunos indicadores, con objeto de comprobar si la técnica MAR resulta (o no) un elemento clave para el bienestar humano, el desarrollo socioeconómico, la seguridad alimentaria, y la salud pública.

Lugares demostrativos

Las siguientes zonas han incluido la tecnología MAR en sus esquemas de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) para aumentar su resiliencia y mejorar sus esquemas de gobernanza multinivel.

Ejemplos seleccionados:



Lugares demostrativos seleccionados de recarga gestionada de acuíferos y seguridad hídrica en España

1- Acuífero de Los Arenales, comarca del Carracillo (Segovia).

El proyecto fue una respuesta del ministerio de Agricultura a la explotación intensiva del acuífero, con un descenso del nivel freático en torno a un metro por año desde 1972 hasta 2002. El agua es derivada de excedentes hídricos del río Cega, y conducida a un sistema de canales, balsas de infiltración y pozos para la recarga del acuífero. La implantación de este amplio sistema de recarga gestionada ha permitido un ascenso del nivel del agua en torno a 24 cm/año desde 2002 hasta 2024. El volumen recargado depende del carácter del año hidrológico, con un total entre 0.00 y 7.18 hm³, y una media de 2,19 hm³/año hasta 2020.

Este volumen disponible adicional ha traído mejoras en la socio-economía y el medio ambiente de la comarca:

- 3.500 ha en regadío de las 7.586 ha.
- 80% de la producción de vegetales de la provincia.
- Extracción de aguas subterráneas del acuífero en torno a 8 hm³/año (314.3 m³/ha).
- 24% del regadío procede del almacenamiento temporal debido a la recarga artificial.

Algunos **indicadores económicos** apuntan:

- El empleo en la comarca triplica la media de la región.
- La población ha aumentado en torno al 6% desde el año 2000.
- La productividad agrícola se ha duplicado, y en algunos casos, triplicado.

El indicador más vigilado por las autoridades del agua, la Confederación Hidrográfica del Duero (CHD), es la evolución del volumen de agua almacenado en el acuífero.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

2- Acuífero de Los Arenales, sistema Pedrajas-Alcazarén (Valladolid)

El sistema constituye un ejemplo de seguridad hídrica en relación con la evolución de la calidad del agua, y de las medidas adoptadas para su preservación.

El Sistema fue una respuesta de la Junta de Castilla y León (JCyL) y del Ministerio de Agricultura ante la intensa explotación del acuífero, con un abatimiento de 15 m en 30 años. En 2012 empezó a funcionar el sistema de recarga gestionada apoyado en tomas eventuales del río Pirón, un canal de la escorrentía superficial de la localidad de Pedrajas de San Esteban y efluentes de la depuradora de esta localidad, que cuenta con un sistema de tratamiento secundario avanzado, para garantizar la sostenibilidad del acuífero, el regadío y la agroindustria de este sistema. La diversidad de fuentes de toma incrementa el éxito técnico de la inversión.

Las variaciones de la calidad del agua resultan de la combinación experta de recursos hídricos de distinto origen, con intervención de las partes interesadas, concepto llamado recarga de acuíferos cogestionada, o Co-MAR.

Alguno de **los resultados** son:

- Operatividad independiente de excedentes hídricos y concesiones.
- “Dilución como solución a la contaminación”.
- Actuaciones de post-tratamiento (filtros interactivos a lo largo del canal de recarga).
- Soluciones basadas en la naturaleza (acuífero como elemento de depuración) con mejoras ecosistémicas (humedales artificiales).
- Se trata de una actuación natural, pasiva y económica.
- Ejemplo de economía circular (reutilización del agua con seguridad hídrica).
- El aumento del carbono orgánico total (COT) requirió acciones de desinfección en los primeros meses de actividad, hasta alcanzar “velocidad crucero”.
- Se trata de una tecnología aplicable a largo plazo, en tanto que los impactos monitorizados son de pequeña escala e intensidad.

3- Experiencia de drenaje vertical y recarga gestionada en Losa del Arzobispo (Valencia)

Experiencia piloto para reducir el efecto devastador de las inundaciones sobre los cultivos y la producción de alimentos mediante un sondeo profundo (UTM 685744/4391256), que introduce agua al acuífero mediante un sondeo profundo conectado a una balsa de riego revestida con geotextiles, cuando esta se inunda y desborda.

El sondeo tiene unos 500 m de profundidad y atraviesa formaciones calcáreas de alta permeabilidad y coeficiente de almacenamiento, lo que permite una recarga de una fracción de las aguas de avenida muy rápida (>100 l/s). Este sistema de “drenaje vertical” permite reducir ligeramente el efecto devastador de la avenida (divide et impera), a la vez que contribuye al incremento de la disponibilidad de recursos hídricos.

El indicador monitorizado es la cantidad de agua de escorrentía detraída de una inundación y convertida rápidamente en aguas subterráneas, alcanzando hasta $0,05$ hm³/evento.

4- Zona regable de Arabayona y su entorno (Salamanca).

Esta zona regable incluye parcialmente humedales desecados en la década de los sesenta, por lo que la presencia de agua endorreica afectando los cultivos es inevitable. Para reducir este impacto, la JCyL y la CHD han iniciado una experiencia para reducir la presencia de agua “molesta” en estas zonas agrícolas con problemas de drenaje, que afecta a la producción de alimentos.

La tecnología MAR se aplica mediante un sistema de percolación del agua excedentaria, que es conducida mediante un sistema de drenaje de tuberías en “espina de pez” hacia una zona regable vecina (compartimento del acuífero separado por una barrera hidrogeológica), y recarga la misma mediante un canal de recarga artificial de longitud cercana a un kilómetro. Es, por tanto, una estrategia complementaria para el almacenamiento de agua subterránea utilizando una fracción de agua superficial “indeseada”. La acción permite incrementar la producción alimentaria y la seguridad hídrica de la zona regable, si bien se ha detectado un cierto impacto por la movilización de nitratos.

El indicador monitorizado es la cantidad de agua superficial convertida en agua subterránea y almacenada en el acuífero para su uso posterior, además de la evolución de la concentración de nitrógeno medida en los piezómetros de observación.

Lecciones aprendidas

En general, la aplicación de la técnica MAR en los esquemas de GIRH seleccionados ha provocado:

1

La técnica MAR ha pasado a formar parte de la fuerza motriz (driving force) de la economía local, e.g. en la producción de alimentos, creación de empleo, y mayor disponibilidad de aguas subterráneas para la agricultura y agroindustria.

2

La reutilización del agua es clave para la producción de alimentos (MAR & SBN están mejorando la calidad del agua en, al menos, 17 parámetros (MARSOL, 2016), e incrementando la disponibilidad de aguas subterráneas).

3

La cantidad de agua detraída de las inundaciones es de unos 0,05 hm³/evento, aumentando la disponibilidad hídrica, y reduciendo el efecto devastador de la inundación (Flood-MAR).

4

Aunque la zona de drenaje presenta una alta concentración de nitratos, la producción de alimentos ha crecido en ambos compartimentos del acuífero.

Integración

Los sistemas MAR intermitentes no pueden garantizar el funcionamiento ininterrumpido del sistema, lo que introduce un grado de incertidumbre en la seguridad hídrica (la única fuente de agua que garantiza de manera permanente la recarga gestionada son las depuradoras). Estos casos SAT-MAR (única fuente que permite la recarga artificial 24/7) aumentan la seguridad hídrica, pero la evolución de la calidad del agua debe controlarse permanentemente.

Las soluciones podrían alcanzarse mediante enfoques bottom-up en esquemas organizativos de gobernanza multinivel, creando espacios de colaboración en los que participen, al menos, las autoridades del agua y las partes interesadas (stakeholders).

La seguridad hídrica se ve amenazada, con frecuencia, por intereses económicos, barreras normativas y conflictos de intereses. Estos impedimentos son barreras comunes para la implementación de sistemas de recarga artificial o gestionada de acuíferos.

La gobernanza multinivel, los sistemas de soporte a la decisión (DSS) ascendentes, la recarga de acuíferos cogestionada (Co-MAR), y las asociaciones público-privadas que incluyen en primer lugar el componente "people", i.e., People Public Private partnership (PPPP) están mejorando la GIRH, la seguridad hídrica, la seguridad alimentaria y la salud pública.

El éxito socioeconómico de estas actividades depende de la disponibilidad de agua, su conservación, y la gestión experta del agua subterránea.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Referencias

GWP: Sadoff, C y Muller, M. (2010). La Gestión del Agua, la Seguridad Hídrica y la Adaptación al Cambio Climático: Efectos Anticipados y Respuestas Esenciales. TAC Background Paper no. 14. Global Water Partnership Comité Técnico (TEC). ISBN: 978-91-85321-80-3. <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/14-water-management-water-security-and-climate-change-adaptation.-early-impacts-and-essential-responses-2009-spanish.pdf>

DINA-MAR. Multiautor. (2011). Gestión de la recarga artificial de acuíferos en el marco del desarrollo sostenible. Tragsatec, 2011. ISBN 978-84-614-5123-4. <https://dinamar.tragsa.es/pdf/dina-mar-2007-2011-libro.pdf>

MARSOL: Fernández Escalante, E.; Calero Gil, R.; Villanueva Lago, M., San Sebastián Sauto, J; Martínez Tejero, O. and Valiente Blázquez, J.A. (2016). Appropriate MAR methodology and tested know-how for the general rural development. MARSOL deliverable 5-3. https://dinamar.tragsa.es/file.axd?file=/PDFS/marsol_d5-3_mar-technology_20160731.pdf

Fernández Escalante, E.; López-Gunn, E. Co-Managed Aquifer Recharge: Case Studies from Castilla y León (Spain). In The Role of Sound Groundwater Resources Management and Governance to Achieve Water Security; Choi, S.H., Shin, E., Makarigakis, A.K., Sohn, O., Clench, C., Trudeau, M., Eds.; Global Water Security Issues (GWSI) Series; UNESCO: Paris, France, 2021. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379093>

LIFE SAFE_T_WATER

Validación de un nuevo polímero orgánico natural para el tratamiento en Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (ETAP).

Palabras clave

COAGULANTE NATURAL, SULFATO DE ALUMINIO, POLICLORURO DE ALUMINIO, TRATAMIENTO DE AGUA



El proyecto **LIFE SAFE_T_WATER (LIFE19 ENV/ES000049)** busca validar una tecnología innovadora y ecológica para el tratamiento de agua potable, utilizando un polímero orgánico de extractos naturales que reemplaza los productos químicos tradicionales en las etapas de coagulación, floculación y ajuste de pH.

La tecnología se ha probado en las ETAP de Colmenar (Madrid) y de la Presa (Manises, València). Entre sus ventajas se incluye un mayor rendimiento en la coagulación/floculación, y un carácter multifuncional al hacer posible tratar el efluente en un solo paso a la vez que se mejora la calidad del agua y de los fangos.

Miguel Año Soto

Jefe de planta ETAP La Presa EMIVASA
Global Omnium
miaso@globalomnium.com

Pura Almenar

Directora de ETAPs y calidad en la red
Global Omnium
palmenar@globalomnium.com

María Pedro- Monzonís

Delegada Gandía
Global Omnium
mapemo@globalomnium.com

Javier Macián

Director de Operaciones
Global Omnium
jmacian@globalomnium.com

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud



El proyecto LIFE SAFE-T-WATER ha validado una tecnología sostenible que utiliza un polímero orgánico natural para reemplazar las sustancias sintéticas en las etapas clave de coagulación, floculación y ajuste del pH, reduciendo el impacto y mejorando la eficiencia.



Introducción

El proceso de **potabilización del agua** tiene como objetivo la obtención de un efluente de calidad para el consumo humano. Este proceso comienza con una etapa de preoxidación de la materia orgánica e inorgánica con productos como cloro, dióxido de cloro, ozono y permanganato potásico con el fin de descomponer compuestos perjudiciales. Luego, en la etapa de coagulación, se eliminan sustancias coloidales y microorganismos responsables de la turbidez añadiendo sales inorgánicas como sulfato de aluminio o cloruro férrico, formando flóculos que facilitan la separación de impurezas.

Posteriormente, se añaden polímeros coagulantes para favorecer la floculación y aglomeración de partículas suspendidas. Tras la decantación y filtración, se desinfecta el agua usando cloro, dióxido de cloro, ozono y cloraminas, eliminando patógenos. Estos desinfectantes se integran al agua tratada, asegurando su calidad.

No obstante, estos procedimientos producen subproductos con un impacto ambiental significativo. En respuesta a esta problemática, el proyecto LIFE SAFE-T-WATER ha validado una tecnología sostenible que utiliza un polímero orgánico natural para reemplazar las sustancias sintéticas en las etapas clave de coagulación, floculación y ajuste del pH, reduciendo el impacto y mejorando la eficiencia.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

Proceso de coagulación-floculación y uso de polímeros naturales

El agua bruta contiene sólidos de diversa naturaleza, como arcillas, materiales vegetales, algas y otras sustancias orgánicas e inorgánicas de distintos tamaños. **Las partículas de mayor tamaño sedimentan fácilmente, mientras que las de menor tamaño permanecen en suspensión coloidal** debido a su carga eléctrica negativa, que genera repulsión mutua e impide su aglomeración. Para su separación, se emplea mayoritariamente sulfato de aluminio como coagulante, que neutraliza la carga. Sin embargo, este proceso genera la incorporación de iones de aluminio tanto en el agua como en los lodos producidos.

La concentración de estos iones en el agua tratada está regulada y limitada. En España, el 99.37% de los abastecimientos cumplen con los valores establecidos por la normativa[1].

Aunque estos reactivos no suponen ningún peligro para la salud humana a través del consumo de agua, sí se acumulan en los lodos, que son llevados a vertederos, donde contaminan la atmósfera y el suelo.

Validación y resultados



La tecnología se ha probado en dos ETAP ubicadas en Madrid y València.

[1] Informe de la Calidad del agua de consumo humano en España 2019.

REVISTA IDIAGUA 2024

Agua y Salud

El proyecto, cuenta con el apoyo financiero de la Comisión Europea a través del programa LIFE. **El consorcio está formado por SERVYECO, Canal de Isabel II y EMIVASA.**

La **validación en València** se realizó mediante una planta piloto, en la ETAP la Presa con una etapa de coagulación, floculación y decantación lamelar y caudal nominal de 1 a 6 m³/h. El agua bruta se transfería desde la toma hasta un tanque de homogeneización, desde donde se bombeaba a la cámara de coagulación para añadir el coagulante natural mediante agitación rápida. La siguiente etapa consistía en una agitación lenta en la cámara de floculación, seguida del paso por un decantador lamelar. Posteriormente, la planta realizaba cloración, ajuste de pH y una filtración final con arena.

La comparación entre el polímero natural y el policloruro de aluminio muestra que, **con turbideces de entrada de 13 NTU y caudales de 2-5 m³/h, el coagulante natural elimina un 20-30 % más de turbidez.**



Este rendimiento mejora sin pre-oxidación, permitiendo además reducir la dosificación del coagulante natural.



Imágenes: floculos usando policloruro y coagulante natural

Conclusiones

El proyecto **LIFE SAFE-T-WATER ha demostrado que es posible implementar un proceso de potabilización más sostenible** mediante el uso de coagulantes naturales que reemplazan a los productos químicos tradicionales. Este enfoque no solo mejora la eficiencia del tratamiento, como la mayor eliminación de turbidez y la formación de floculos más densos y estables, sino que también reduce el impacto ambiental asociado.

Los lodos generados, al estar libres de metales y contar con un elevado contenido en materia orgánica y una alta superficie activa, ofrecen un gran potencial para su reutilización en aplicaciones agrícolas o como sustrato en humedales artificiales, contribuyendo así a un enfoque más ecológico y circular en el tratamiento de agua.

CONOCE LA PTEA



Socios PTEA 2024



Socios observadores PTEA 2024



JUNTA DIRECTIVA DE PTEA



Marián Serrano

Presidenta
(Global Omnium)



Félix Francés

Vicepresidente
(IIAMA- UPV)



Alicia Andreu

Secretaría General
(ITC)



Juan Luis Sobreira

Vocal
(ITG)



Raquel López

Vocal
(CARTIF)



Jordi Cros

Vocal
(ADASA)



Jorge García

Vocal
(AINIA)



María Pedro

Secretaría Técnica
(Global Omnium)

PERSONAL DE PTEA



Paula Menéndez

Executive Manager
(PTEA)

pmenendez@ptea.es
+34 671 475 721



OBJETIVOS ESTRATÉGICOS Y PRINCIPALES ACTIVIDADES DE PTEA

1

Ganar capacidad de opinión en la elaboración de las políticas de I+D+i en los niveles autonómico, nacional y europeo

2

Difundir las estrategias de I+D+i internacionales y nacionales entre los socios

3

Actualizar la Agenda Estratégica de la PTEA (última versión 2024-2026)

4

Potenciar en las empresas la inversión en I+D+i externa (especialmente nacional y autonómica) e interna.

5

Mejorar las oportunidades de colaboración y de negocio entre los socios: empresas, centros tecnológicos y administración pública

6

Alianzas/ Colaboraciones con otras plataformas como Planetic, PESI, GIEC, Vet+i, SENTIATECH...

7

Participación y colaboración en congresos, ferias, jornadas... donde damos difusión de los avances y logros alcanzados en el ámbito del sector agua; y damos visibilidad a nuestros socios y sus logros (proyectos, iniciativas, etc.)

8

Apoyo a socios en proyectos (información, apoyo en la búsqueda de socios, cartas de apoyo, difusión a través de nuestros canales de difusión)

9

Potenciar la visibilidad de nuestros socios y mantenerles siempre informados

Boletín mensual
Boletín mensual Ayudas y Financiación
Medios de comunicación tradicionales
Revista IDiAgua
Web PTEA
RRSS

GRUPOS DE TRABAJO



ECONOMÍA CIRCULAR

GT1



ECOSISTEMAS Y BIODIVERSIDAD

GT2



AGUA PARA EL FUTURO

GT3



AGUA Y SALUD

GT4



INFRAESTRUCTURAS DEL AGUA

GT5



NEXO AGUA- ENERGÍA- ALIMENTACIÓN- ECOSISTEMAS

GT6



GOBERNANZA

GT7

HAZTE SOCIO



Solicita más información mandando un correo electrónico a pmenendez@ptea.es o secretariatecnica@ptea.es



Síguenos en LinkedIn www.linkedin.com/in/PTEA



www.ptea.es



+34 671 475 721. WhatsApp disponible.

