



IDiAGUA

EDICIÓN N.º4 • DICIEMBRE 2022

DIGITALIZACIÓN EN LA GESTIÓN DEL CICLO DEL AGUA

www.plataformaagua.org

REVISTA SOBRE TENDENCIAS EN LA I+D+i DE LA
PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DEL AGUA

EDICIÓN, DISEÑO Y MAQUETACIÓN:

Secretaría Técnica y Secretaría General de la PTEA
Dña. Alicia Andreu (ITC-AICE)

Plataforma Tecnológica Española del Agua (PTEA)
www.plataformaagua.org
secretariatecnica@plataformaagua.org

REVISORES COLABORADORES:

D. Jordi Cros (ADASA)
Dña. M^a Angeles Serrano (GLOBAL OMNIUM)
D. Juan Luis Sobreira (ITG)



ISSN 2792-8101

**"EL AGUA ES LA
FUERZA MOTRIZ
DE TODA LA
NATURALEZA".**

LEONARDO DA VINCI.

NO SE EQUIVOCÓ AL
AFIRMAR QUE LA VIDA EN LA
TIERRA SERÍA INCONCEBIBLE
SIN AGUA, Y, ES POR ELLO
QUE SE CONVIERTE EN EL
MOTOR MÁS POTENTE DEL
MUNDO.

ÍNDICE

PAG 7-13

OPINIONES

D. TEODORO ESTRELA MONREAL

Director General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

D. ENRIQUE A. FERNÁNDEZ ESCALANTE

Secretario Técnico de la PTEA 2014-2022.

DÑA. ESTER DIEZ-CEBOLLERO

Leader of Water4All Pillar A.

PAG 14-17

ENTREVISTA

DÑA. BLANCA ANTIZAR

Directora Europea de Consultoría en Isle Utilities.

BLOQUES TEMÁTICOS

PAG 18-63

1 *MONITORIZACIÓN, CAPTURA E INTEGRACIÓN DE DATOS, INCLUIDO IOT Y BIG DATA*

1.1 Sistema de monitorización inteligente del Mar Menor: Enfoque holístico cuenca-lago.

1.2 Sistema de alerta temprana para la gestión del olor en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).

1.3 Desarrollo de la Plataforma Digital BioRisk: una Herramienta de Vigilancia Epidemiológica para la Salud Pública.

2 *INTELIGENCIA ARTIFICIAL (MACHINE-LEARNING) Y ANALÍTICA DE DATOS*

2.1 Transformación de puertos en oasis marinos con Inteligencia Artificial (Machine-Learning) y analítica de datos.

2.2 Desarrollo de Soluciones distribuidas de Inteligencia Artificial aplicadas al tratamiento de aguas residuales.

2.3 WATERNOLOGY. La estrategia de digitalización integral de FACSA

2.4 Proyecto ISRV: Alerta inteligente de riesgo de inundación por precipitación intensa en el sector del transporte.

3 *BIM, DIGITAL TWINS*

3.1 Plataforma Integradora para la gestión del ciclo urbano del agua en la ciudad de Calpe (Alicante)

4 *ONTOLOGÍA*

4.1 Dam360 - Innovando en la seguridad de presas a través del Machine Learning.

4.2 Se hace camino al andar.

4.3 La estandarización e interoperabilidad como tecnologías TIC facilitadoras de la recarga gestionada de acuíferos.

CONOCE LA PTEA

PAG 64-68

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

ARTÍCULO 4.3

LA ESTANDARIZACIÓN E INTEROPERABILIDAD COMO TECNOLOGÍAS TIC FACILITADORAS DE LA RECARGA GESTIONADA DE ACUÍFEROS



Introducción y Objetivos:

La recarga gestionada de acuíferos (MAR del inglés Managed Aquifer Recharge) es un término que engloba una serie de tecnologías que permiten recargar acuíferos intencionadamente, con el fin de darle posterior uso a las aguas almacenadas [1]. La adopción de esta técnica está en expansión en los últimos años [2]. No obstante, si no se realiza de una manera adecuada, puede generar impactos tales como la contaminación de acuíferos [1-3], la anegación de tierras cultivables [4], y perjuicios para la salud de los usuarios finales [4]. Un aspecto clave en este sentido es una correcta monitorización para evaluar la eficacia de los sistemas, el estado ambiental de las zonas bajo su influencia, y la cantidad y calidad del agua. De hecho, la mejora del monitoreo ha sido reconocida como un elemento crucial para optimizar la técnica MAR [1,2]. En este sentido, la adopción de tecnologías TIC resulta especialmente útil.

La recarga gestionada de acuíferos (MAR por sus siglas en inglés) es una técnica para aumentar la reserva de aguas subterráneas que está ganando protagonismo en las últimas décadas ante los efectos del calentamiento global y presiones socioeconómicas. En el ámbito de esta técnica, la monitorización ambiental es esencial, ya que permite diagnosticar el estado de las aguas y los sistemas empleados. En el marco del proyecto de I+D+i MARSoluT (H2020) se realizó un estudio del estado del arte en monitorización MAR, y a partir de este, se formularon soluciones TIC. Este estudio mostró una fuerte heterogeneidad en cuanto a los fabricantes de los equipos empleados, el formato de salida de los datos y el lenguaje ontológico general sobre MAR. Las soluciones tecnológicas propuestas incluyen estándares para el desarrollo de herramientas informáticas tipo Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) y la integración de sistemas MAR basado en documentos del Open Geospatial Consortium (OGC) y el proyecto MEGA de Tragsa. También se ha propuesto un formato estándar para guardar la información de sensores de diversos fabricantes, y una ontología para referirse a los sistemas empleados para la recarga gestionada de acuíferos. Estas propuestas, además de proveer soluciones prácticas, se consideran como elementos a incluir en el modelo conceptual Monitored and Intentional Recharge (MIR), que constituye una guía metodológica para la elaboración de directrices para recarga gestionada de acuíferos.

PALABRAS CLAVE:

Managed Aquifer Recharge (MAR)

Monitorización

Estandarización

Interoperabilidad

Ontología

Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)

Sensórica

Monitored and Intentional Recharge (MIR)

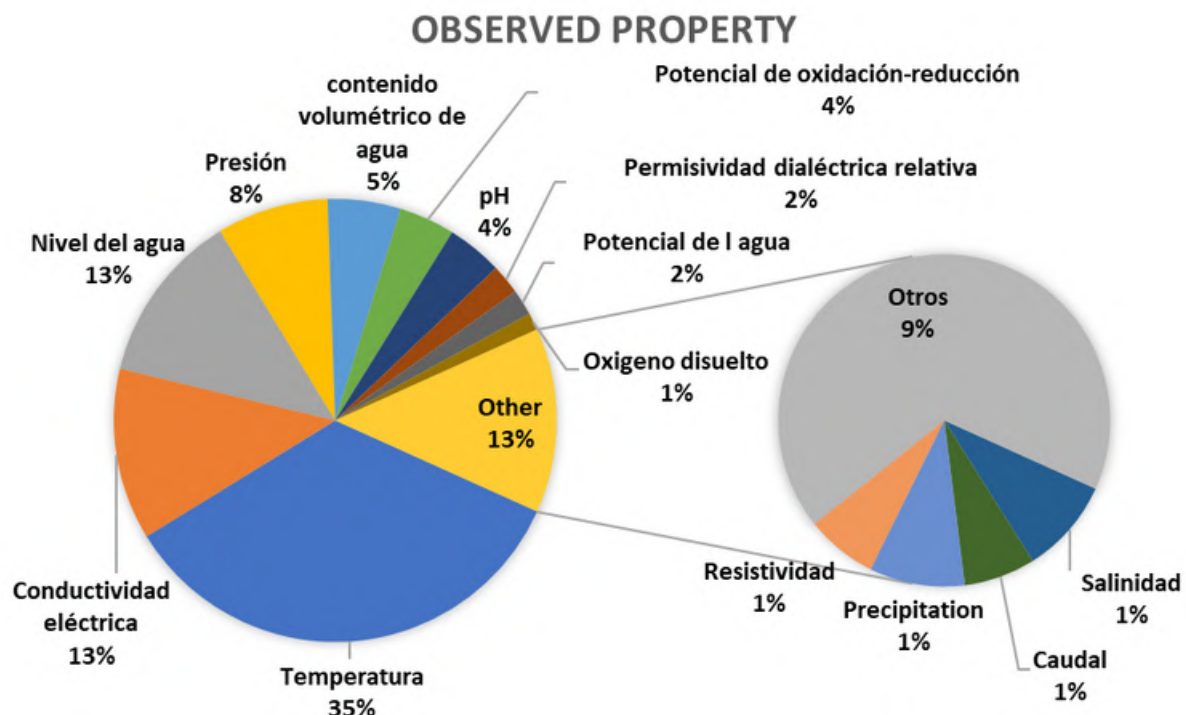
El proyecto MARSoluT es una red de formación europea que busca formar y doctorar a 12 jóvenes investigadores en MAR. En el marco de este proyecto, Tragsa ha venido desarrollando propuestas para mejorar la monitorización de sistemas MAR e incluir estas mejoras en el texto de futuras directrices técnicas. Este estudio tiene como objetivo presentar los avances TIC para la monitorización, empleando criterios de Cross Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM), y como estos encajan en la elaboración de futuras directrices sobre MAR.

Metodología y Antecedentes:

En primera estancia, se ha caracterizado el estado del arte en monitorización de sistemas MAR mediante una encuesta realizada a los miembros del consorcio MARSoluT que estuvieran estudiando u operando esquemas que involucren esta técnica. Se requirió una lista de los sensores usados, una descripción de cada uno y del sistema MAR integrado, indicando además si usan herramientas tipo Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) para integrar la información. A partir de dicho estado del arte, se generaron propuestas basadas en estándares que permitan una mayor interoperabilidad.

Discusión y Resultados:

Diez instituciones de Europa e Israel respondieron a los cuestionarios sobre el estado del arte en la monitorización de sistemas MAR, encontrando que dichas instituciones vigilan un total de 45 parámetros. De estos, los más comúnmente monitorizados son la temperatura, la conductividad eléctrica, el nivel del agua, la presión capilar, y el contenido volumétrico de agua (figura siguiente).



Principales propiedades del suelo, del agua y de la atmósfera monitorizadas por los miembros del consorcio MARSoluT, y porcentaje respecto al monitoreo total

También se determinó el origen de los sensores, con hasta 28 fabricantes diferentes, y que tan solo en uno de los diez pilotos se ha implementado un SCADA. A partir de este estudio, se encontraron las siguientes lagunas en el conocimiento y desafíos para la monitorización de sistemas MAR:

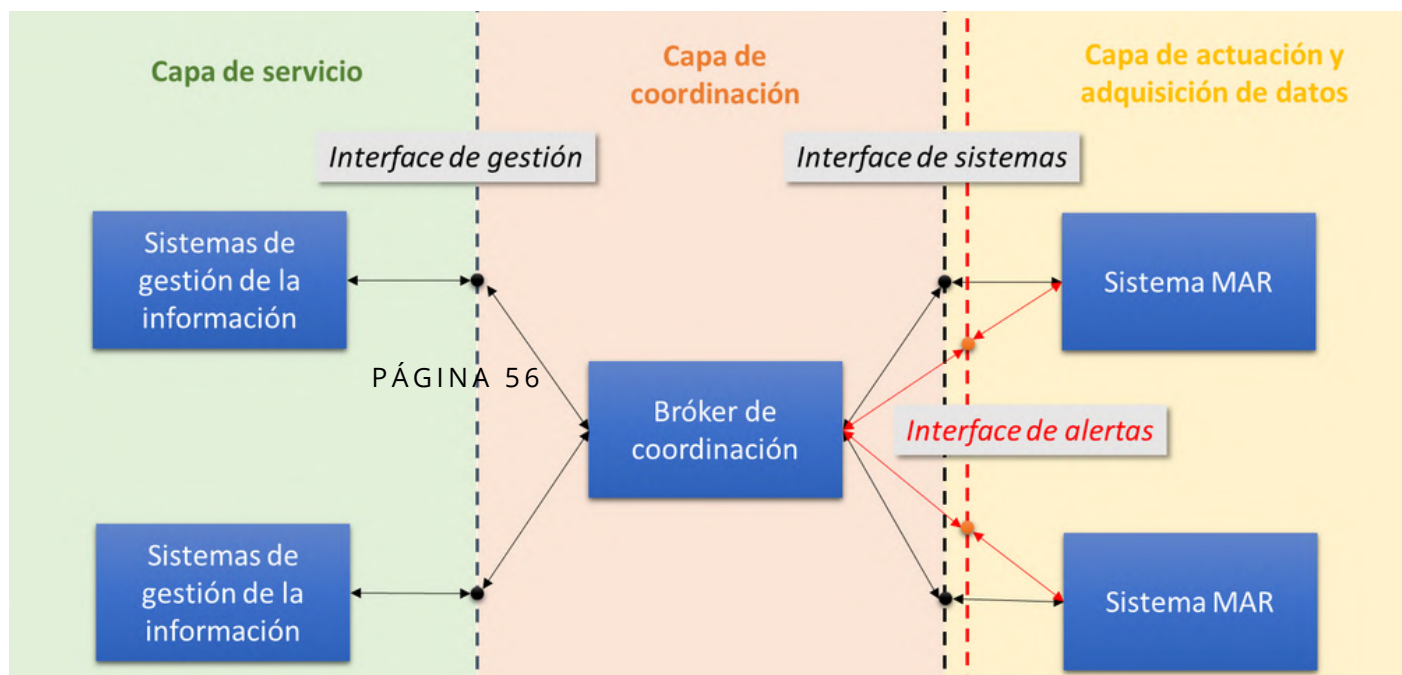
- Falta de estándares que permitan el desarrollo de sistemas tipo SCADA.
- Gran heterogeneidad en los formatos de salida de los datos de sensores.
- Gran dispersión en los términos que se usan para referirse a los tipos de sistemas MAR y de las propiedades monitorizadas.

Conforme a las lagunas detectadas, se han generado cuatro propuestas que buscan aumentar la interoperabilidad y la estandarización en la monitorización del medio ambiente, y específicamente, de los sistemas MAR, con objeto de mejorar la eficiencia de estos sistemas y aportar elementos para futuras directrices. Dichas propuestas son: (1) un estándar para desarrollar herramientas tipo SCADA; (2) un estándar para integrar la operación y monitorización de diferentes sistemas MAR; (3) un formato estándar para los ficheros de salida de sensores y, (4) una ontología como propuesta para referirse a los distintos sistemas MAR utilizados a nivel internacional.

El estándar para desarrollar herramientas tipo SCADA se basó principalmente en los estándares del Open Geospatial Consortium (OGC) para los servicios de observación de sensores (SOS), los servicios de alertas de sensores (SAS) y en el sistema MEGA de Tragsa. El estándar desarrollado cuenta con un conjunto de procesos SOS que permiten obtener información sobre la herramienta informática utilizada (GetCapabilities), los sensores que se encuentran registrados (DescribeEntity), y los datos que estos hayan generado (GetObservation). Además, también cuenta con procesos que permiten alimentar a la herramienta informática de datos, tales como registrar sensores (RegisterEntity) e introducir los datos producidos por estos (InsertObservation).

En cuanto a los procesos SAS, el sistema permite publicar sensores (Advertise) a los cuales los usuarios se pueden suscribir (Subscribe) para recibir alertas. El estándar también considera la renovación de sensores antes que expiren (RenewAdvertisement), y las suscripciones a las respectivas alertas (RenewSubscription), además de su cancelación si fuera conveniente (CancelSubscription y CancelAdvertisement).

Los sistemas MAR se podrían integrar en sistemas de gestión de la información, por ejemplo, por parte de las autoridades del agua o empresas, permitiendo así comparar, de manera automática, diferentes experiencias mediante metodologías tipo benchmarking (3). Para ello se ha generado un estándar que adopta la arquitectura y algunos de los elementos desarrollados por la norma UNE 318002-3:2021 liderada por el MAPA y TRAGSA para la interoperabilidad en los sistemas de riego. Este estándar incorpora los mismos procesos del estándar para desarrollar herramientas tipo SCADA. Los sistemas MAR que no utilicen este último estándar, pero se controlen mediante herramientas basadas en las normas de la OGC, podrían ser fácilmente incorporados al sistema interoperable debido a la equivalencia entre los procesos de la norma y los aquí propuestos. La integración entre sistemas MAR y los sistemas de gestión de la información se pretende alcanzar mediante un bróker de coordinación (figura siguiente).



Arquitectura propuesta para generar sistemas interoperables entre sistemas MAR y el medio ambiente. Basada en el estándar UNE 318002-3:2021

La tercera propuesta desarrollada consiste en un formato estándar e interoperable para almacenar los datos de salida de diferentes tipos de sensores. Este formato incluye la información considerada por los archivos de salida de varios fabricantes, y puede ser utilizada para el intercambio de información “cruda” de una manera clara y fácil. La línea de acción se encamina a la generación de ficheros para su carga directa en determinados modelos.

Finalmente, se ha desarrollado una ontología para MAR, la cual define una serie de términos relacionados con la técnica y su interrelación. La ontología se enfocó en los términos utilizados para referirse a los tipos de sistemas utilizados a nivel mundial. La figura de la siguiente página muestra un resumen general del núcleo principal de dicha ontología. Actualmente, MARSoluT y Tragsa prosiguen el trabajo para alcanzar un lenguaje común en el entorno MAR y su normalización.

Estas propuestas de estandarización e interoperabilidad en la recarga gestionada de acuíferos han sido tenidas en cuenta en el modelo conceptual MIR (Monitored and Intentional Recharge), con el cual se busca establecer una metodología para la generación de directrices y leyes sobre MAR a nivel mundial [4]. Este modelo está compuesto por nueve bloques e incluye los mínimos elementos que cualquier marco normativo y/o directriz técnica debería incluir y desarrollar. Hasta ahora, el modelo MIR se ha propuesto como guía para desarrollar el marco regulatorio de la recarga gestionada de acuíferos en Perú y Níger, y se plantea su consideración para la futura normativa sobre recarga gestionada de acuíferos en la unión europea.



Principales bloques del modelo conceptual MIR (Monitored and Intentional Recharge)

Conclusiones:

Se han detectado lagunas en la monitorización de sistemas de recarga gestionada de acuíferos (MAR por sus siglas en inglés) a través del estudio del estado del arte en una muestra de experiencias MAR que hacen parte del consorcio MARSoluT. Se ha detectado la falta de herramientas tipo SCADA que permitan manipular la información ambiental y sistemas para integrar la información de diferentes sistemas MAR. Además, se encontró una gran heterogeneidad en los formatos de salida de la información de sensores e incongruencia en la terminología de los distintos tipos de sistemas MAR. A partir de las carencias detectadas, se han propuesto cuatro elementos basados en TIC para la mejora de la monitorización de los sistemas MAR. Este estudio permite concluir que la ontología y la estandarización son piezas fundamentales de estas propuestas, las cuales contribuyen a mejorar la interoperabilidad considerablemente. Algunos de los elementos desarrollados se han incluido en el modelo conceptual MIR, que provee los mínimos elementos para el desarrollo de directrices o regulaciones de los sistemas MAR. Se espera que este modelo ayude en la redacción de las futuras directivas europeas sobre MAR. Las propuestas aquí presentadas se mejorarán y refinarán mediante la participación de varios agentes involucrados en la monitorización del medio ambiente y MAR, incluyendo la academia, asociaciones profesionales y fabricantes, con objeto de alcanzar versiones más robustas y potentes. Esta información será ampliada en futuras publicaciones científicas y técnicas que se esperan completar en 2023.

Referencias:

1. Tragsa Innovación en la Planificación y Gestión del Agua. El Grupo Tragsa y la Recarga Gestionada de Acuíferos. 2020, 48. <https://bit.ly/3DcF2IA>.
2. Dillon, P.; Stuyfzand, P.; Grischek, T.; Lluria, M.; Pyne, R.D.G.; Jain, R.C.; Bear, J.; Schwarz, J.; Wang, W.; Fernández, E.; et al. Sixty Years of Global Progress in Managed Aquifer Recharge. *Hydrogeol J* 2019, 27, 1-30, doi:10.1007/s10040-018-1841-z.
3. San-Sebastián-Sauto, J.; Fernández-Escalante, E.; Calero-Gil, R.; Carvalho, T.; Rodríguez-Escales, P. Characterization and Benchmarking of Seven Managed Aquifer Recharge Systems in SW Europe. *Sustain. Water Resour. Manag.* 2018, 4, 193-215, doi:10.1007/s40899-018-0232-x.
4. Fernández Escalante, E.; Henao Casas, J.D.; San Sebastián Sauto, J.; Calero Gil, R. Monitored and Intentional Recharge (MIR): A Model for Managed Aquifer Recharge (MAR) Guideline and Regulation Formulation. *Water* 2022, 14, 3405. <https://doi.org/10.3390/w14213405>

Agradecimientos:

Esta investigación se enmarca en el programa Marie Skłodowska-Curie (H2020), GA n.º 814066 (Managed Aquifer Recharge Solutions Training Network, MARSolut).

<https://www.marsolut-itn.eu>.

José David Henao Casas

Jhenao@tragsa.es

Enrique Fernández Escalante

Rodrigo Calero Gil