

AGUA, ENERGÍA Y MEDIOAMBIENTE



Joaquín Melgarejo Moreno
M^a Inmaculada López Ortiz
Patricia Fernández Aracil



AGUA, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

© los autores, 2022
© de esta edición: Universitat d'Alacant
ISBN: 978-84-1302-184-3

Reservados todos los derechos. No se permite reproducir, almacenar en sistemas de recuperación de la información, ni transmitir alguna parte de esta publicación, cualquiera que sea el medio empleado -electrónico, mecánico, fotocopia, grabación, etcétera-, sin el permiso previo de los titulares de la propiedad intelectual.

TABLA DE CONTENIDO

BLOQUE I - EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA, JURÍDICA Y AMBIENTAL

Integración de la energía solar fotovoltaica en los esquemas de gestión del agua Miguel Ángel Pérez	23
Análisis tendencial del cambio climático registrado en las variables hidrológicas en España Luis Garrote, Álvaro Sordo-Ward, Javier Montalvo y Alberto González	35
Agua, agricultura y efectos económicos en el campo de Cartagena Alberto del Villar García y Marcos García López	55
Energía en el regadío y posibles actuaciones para reducirla Luis Juana y Raúl Sánchez	91
Herramientas y soluciones innovadoras para la gestión del nexo Agua-Energía-Alimentos- Ecosistemas: GoNEXUS Manuel Pulido-Velázquez, Héctor Macián-Sorribes y Sergio Segura	115
Sobreexplotación de acuíferos, subsidencia y su impacto en el riesgo de inundación. El caso paradigmático del Valle del Alto Guadalentín Javier Valdés, María I. Navarro-Hernández, Roberto Tomás, Serena Tessitore, Pablo Ezquerro y Gerardo Herrera	121
Eficiencia Energética y Sostenibilidad en Desalación Domingo Zarzo	139
Optimización energética en bombeo de aguas subterráneas Miguel Fernández-Mejuto y Héctor Fernández Rodríguez	153
Microgeneración y mejora de bombeos en redes de distribución de agua: un compromiso con la Sostenibilidad Camila Andrea García Rodríguez, Modesto Pérez-Sánchez, Francisco-Javier Sánchez-Romero y Petra Amparo López-Jiménez	171
Avances y limitaciones en el desarrollo de un gemelo digital del Mar Menor Javier Senent, Adrián López Ballesteros, Francisco José Segura Méndez, Anders Nielsen, Dennis Trolle, Salvador Peña-Haro y José María Cecilia	187
<i>Smart Metering</i> : las redes inteligentes al servicio del agua César Vázquez y Vicent Joan Martínez Soler	205
Proyecto NAIADES: un ecosistema para la digitalización del ciclo urbano del Agua Ignacio Casals, Manuel Ramiro, Juan Manuel Fernández Montenegro y Leonardo Alfonso	215
Solución al problema del agua y de la energía en España Francisco Javier Flores Montoya	237
Herramienta para la gestión de riesgos incorporando el impacto del cambio climático en infraestructuras críticas hidráulicas Ignacio Escuder y Adrián Morales Torres	271
Experiencias prácticas en la integración de la gestión del agua de lluvia en el paisaje urbano Sara Perales y Miguel Rico-Cortés	277
Cambio global y aguas subterráneas en un contexto de escasez y sequías David Pulido, Leticia Baena, Antonio Juan Collados, África de la Hera, Juan de Dios Gómez, José Luis García- Aróstegui, Francisco J. Alcalá y Juan Grima Olmedo	293

Posibilidades para la optimización y reducción del uso del agua y la energía en el riego de la zona mediterránea. Retos para su implementación Miguel Ángel Jiménez-Bello, Fernando Martínez-Alzamora, Juan Manuel Carricondo, Joan Carles Alonso Campos y Manuel Pulido-Velázquez	315
Instrumentos Innovadores para la Gestión Integrada de las Aguas Subterráneas en un contexto de escasez creciente de recursos hídricos (Proyecto Interreg Sudoeste AQUIFER) José Luis García Aróstegui et al.	335
Nueva dimensión en la gestión patrimonial de redes Raúl González.....	349
Nuevos retos de la reutilización Amador Rancaño Pérez, M ^a del Mar Micó Reche y Aina Soler-Jofra.....	359
Evaluación de la recarga del acuífero Solana. Análisis de escenarios de cambio climático María Alejandra Feinstein, Miguel Fernández Mejuto y José Miguel Andreu Rodes	381
Cálculo de la huella de carbono como herramienta de gestión ambiental. Caso de éxito de la EDARi Helados Alacant Mercedes A. Calzada Garzón, Juan Carlos Bugallo Tena, Elena Campos Pozuelo, Domingo Zarzo Martínez y Enrique Ortiz González	393
Reducción de boro en parcela mediante ósmosis inversa y resinas de intercambio iónico. Aspectos técnicos y económicos José Francisco Maestre Valero, Alberto Imbernón Mulero, Belén Gallego Elvira, Victoriano Martínez Álvarez y Bernardo Martín Górriz	403
Derechos de agua de riego diferenciados por su prioridad a nivel de cuenca José A. Gómez-Limón, Carlos Gutiérrez-Martín y Nazaret M. Montilla-López	413
Algoritmo de sincronización entre la energía consumida en una red de riego y producida por módulos solares fotovoltaicos Francisco José Navarro-González, Miguel Ángel Pardo, Housseem Eddine Chabour y Tarek Alksaif	425
Boro en la red de azarbes de la Vega Baja del Segura y el Baix Vinalopó (Alicante) Jose Navarro Pedreño, Teresa Rodríguez Espinosa, María Belén Almendro Candel, Ana Pérez Gimeno, Ignacio Gómez Lucas e Ignacio Meléndez Pastor	439
Tratamiento ecológico para la eutrofización y la anoxia en balsas de riego Ricardo Mateos Aparicio.....	451
Estimación de la movilización del suelo como efecto de la escorrentía en viñedos mediante ISUM (Improved Stock Unearthing Method) en el Sureste de España Antonio Jódar Abellán, Amparo Melián Navarro y Jesús Rodrigo-Comino.....	459
Estimación de la evapotranspiración real, escorrentía superficial y recarga de acuíferos mediante dos modelos hidrológicos en el Sureste de España Antonio Jódar Abellán, Ryan T. Bailey, Dámaris Núñez-Gómez, Pablo Melgarejo, Derdour Abdessamed y Pilar Legua.....	467
Cálculo de la evaporación de agua en la microcuenca agrícola del río Coñaque, Ecuador José Gerardo Becerra Carrión, Antonio Jódar Abellán y Miguel Ángel Pardo Picazo	479
Aplicación del método de precipitación rápida controlada para estudios del efecto del tratamiento electromagnético en agua de elevada dureza Sergio Martínez Moya, Nuria Boluda Botella, María Dolores Saquete Ferrándiz y Jaime García Quiles	491
Un modelo matemático para la gestión de riesgos Ramón Egea Pérez y Francisco J. Navarro González	499

Reducción del contenido en fósforo en aguas de riego mediante filtro verde construido con residuos Teresa Rodríguez Espinosa, Jose Navarro Pedreño, María Belén Almendro Candel, Ignacio Gómez Lucas, Ignacio Meléndez Pastor y Manuel Jordán Vidal	513
Casos de estudio de soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación a las inundaciones en zonas agropecuarias María José Marcos Palacios y Esther Sánchez Almodóvar	525
Análisis hidrológico-edáfico para la gestión ambiental de un Sistema Léntico Artificial de alta montaña en Colombia Breiner Dan Bastidas Osejo, Antonio Jódar Abellán y Pablo Melgarejo	539
Evaluación del efecto del cambio climático en dos cultivos de secano en la provincia de Alicante Yailin Fernández González, Javier Valdes-Abellan, Marlon Mederos Corrales y Concepción Pla	551
Perspectiva de las partes interesadas en la gestión de las aguas subterráneas en cuatro cuencas mediterráneas bajo estrés hídrico: prioridades y desafíos Roberta Boni et al.	563
Estudio de los parámetros más relevantes en el periodo de amortización de un bombeo solar en la provincia de Alicante Héctor Fernández Rodríguez y Miguel Ángel Pardo Picazo	585
El impacto de la continuidad de negocio y la gestión del riesgo en el ciclo integral del agua. Caso de Estudio: Aguas Municipalizadas de Alicante, E. M. Andrés Miguel Roca Lloret, Andrés Pina Martínez, Manuel Latorre Gijón y Joaquín Marco Terrés	597
Inundaciones compuestas: modelación computacional en zonas urbanas-costeras Daniela Córdova de Horta	611
Análisis del ciclo de vida de la red de riego de la Universidad de Alicante Daniel Elie Benalcázar Murillo y Miguel Ángel Pardo Picazo	623
Conducción Júcar - Vinalopó: binomio Agua y Energía Estefanía Blasco Casal y Vicente José Richart Díaz	635

BLOQUE II - EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA, JURÍDICA Y AMBIENTAL

Construcción de una <i>Biblioteca de Mensajes</i> para la comunicación del riesgo de inundación Pablo Aznar-Crespo, Guadalupe Ortiz y Antonio Aledo	647
La relación agua, territorio y urbanismo en un nuevo escenario Rosa Arce	659
El binomio agua y energía: claves jurídicas para la transición a un sistema energético autosuficiente y sostenible Asensio Navarro Ortega y Estanislao Arana García	675
Economía circular y regulación de los lodos de EDAR Ángel Ruiz de Apodaca Espinosa	691
Efecto de los caudales ecológicos sobre la disponibilidad de agua en la España peninsular Álvaro Sordo, Paola Bianucci, Beatriz de Lama Pedrosa y Luis Garrote	715
Costes energéticos de la desalación Jaime Lora María, Fernanda López Pérez y Carlos Carbonell Alcaina	727
Uso eficiente del agua en el diseño y control del riego de jardines y zonas verdes: una experiencia formativa práctica Fernando Echarri	745

Los ingenieros en el suministro de agua potable en España (siglo XIX) Juan Manuel Matés-Barco	759
Economía circular en el ciclo del agua Fernando Morcillo Bernaldo de Quirós y Andrés Guerra-Librero Castilla	775
La recarga artificial como técnica resiliente ante el cambio climático. Aplicación a los parques naturales y masas de agua subterránea de la provincia de Alicante (España) José Manuel Murillo Díaz y Alberto Padilla	795
Análisis agronómico, económico y ambiental de distintos escenarios de sustitución de aguas del trasvase Tajo-Segura por agua marina desalinizada Victoriano Martínez, Bernardo Martín, José Francisco Maestre, Belén Gallego y Alberto Imbernón	819
El vencimiento de las concesiones hidroeléctricas y su nueva explotación José Antonio Blanco	841
La extinción y reversión de las concesiones hidroeléctricas (a propósito del Salto Lafortunada Cinqueta) Esteban Arimany	861
Governança da água e adaptação justa Carla Gomes y Luísa Schmidt	881
Proyecto <i>Life Baetulo</i> en Badalona: gestión operativa de crisis ante eventos climáticos Monste Martínez, Ángel Villanueva y Beniamino Russo	895
La degradación ambiental y sus implicaciones socioeconómicas en cultivos leñosos bajo un escenario climático difícil de predecir: el caso del viñedo mediterráneo de la provincia de Valencia..... Jesús Rodrigo-Comino, Andrés Caballero-Calvo, José María Senciales-González, Jesús Fernández-Gálvez y Artemi Cerdà	905
La utilización de paneles solares fotovoltaicos para reducir la factura energética del trasvase Tajo-Segura Marcos García, Borja Montaña Sanz y Joaquín Melgarejo Moreno	925
Perspectivas jurídicas del trinomio Agua-Energía-Cambio Climático Jesús Conde Antequera	941
Generación y eficiencia energética en el ciclo del agua urbana. Retos desde la óptica del Derecho..... Andrés Molina Giménez	959
El papel de la desalación frente a una demografía y demanda crecientes Borja Montaña Sanz, Marcos García-López y Joaquín Melgarejo Moreno	969
Sustentabilidad y gobernanza transnacional como fundamentos para la difusión de nuevas matrices energéticas Paulo Marcio Cruz y Maria Cláudia da Silva Antunes de Souza	989
La eficiencia energética del trasvase Tajo-Segura en comparación con sus posibles alternativas Marcos García-López, Borja Montaña Sanz y Joaquín Melgarejo Moreno	1001
Desarrollo de proyectos hidroeléctricos en Ecuador. Oportunidades frente a los conflictos socioambientales Andrés Martínez-Moscoso e Israel Castro-Enríquez	1011
Enseñar las inundaciones para incrementar la resiliencia socio-territorial. El <i>PATRICOVA</i> como recurso didáctico Álvaro-Francisco Morote	1023
Sostenibilidad y eficiencia hídrica en el «agroecosistema» de la Vega Baja del Segura: estudio histórico-jurídico y ambiental Francisco José Abellán Contreras	1033

Estimación de los sobrecostos producidos por las alternativas para paliar el déficit mediante el bombeo de agua desalinizada en la Demarcación del Segura José Alberto Redondo Orts, Joaquín Melgarejo Moreno y Patricia Fernández Aracil	1045
Nuevos métodos en marketing social para conseguir comportamientos proambientales Carla Rodríguez-Sánchez.....	1057
Aceitação social da reutilização de água para adaptação às alterações climáticas no sul europeu: uma análise de instrumentos políticos de Portugal e Espanha Marcella Conceição y Carla Gomes.....	1067
El derecho humano al agua. Alcances sobre la normativa internacional y peruana Flor Gianina Paucar Aedo.....	1079
Over-fertilising, water pollution and Climate Change: overview of the European and German regulatory framework Mariana Moreno Kuhnke y Josefina Lyda.....	1087
Eficiencia del riego por aspersión en la máquina de pivote central de la finca «El Marqués», Cuba Yoangel Jesu Miranda Agüero	1101
Evaluación de la calidad del riego para el cultivo de la patata en la cooperativa «Amistad Cubano-Búlgara», Cuba Heriberto Vargas Rodríguez, Caridad Sánchez Veranes y Fabienne Torres Menéndez	1111
Buenas prácticas medioambientales a implementar en la Unidad Empresarial de Servicios Técnicos (UEBIST) «Talleres y Desmonte Artemisa», Cuba Fabienne Torres Menéndez, Heriberto Vargas Rodríguez y Zulema Lombillo Laferte.....	1119
Educação ambiental e legislação ambiental: uma reflexão necessária na inserção dentro do ambiente escolar no ensino público Aline Hoffmann y Liton Lanes Pilau Sobrinho	1129
A regulação como mecanismo de proteção dos valores da livre iniciativa e da livre concorrência André Emiliano Uba.....	1137
El uso del instrumento de licencia por admisión y compromiso como medio para la necesaria desburocratización de la generación eléctrica en Brasil Alexandre Waltrick Rates	1149
Evaluación de la gestión y eficiencia de la actividad de riego en la UBPC Granja Arroyo, La Habana (Cuba) Daniel Acosta Rivero, Caridad Sánchez Veranes y María del Carmen Falcón Acosta.....	1157
Valoración económica de la producción agraria española en zonas inundables Adela Bellver Baca, Jesús Garrido Manrique, Margarita Navarro Pabsdorf y Eduardo Cuenca García.....	1169
Smart cities e a dignidade da pessoa humana no transtorno do espectro autista: experiências que vêm do sul do Brasil Liton Lanes Pilau Sobrinho, Vanessa Ramos Casagrande, Franco Scortegagna y Elys Marina Hack	1183
Legal issues of Chinese water rights system Yang Yang	1193
Inconstitucionalidad de la ley y del reglamento de recursos hídricos en Ecuador Luis Alfonso Castillo Vaca	1201
Regulamentação jurídica das águas subterrâneas no Brasil Denise Schmitt Siqueira Garcia y Heloise Siqueira Garcia	1213
Economía circular en el uso del agua en la Región de Murcia y en la Demarcación Hidrográfica del Segura José María Gómez Espín, José María Gómez Gil, Encarnación Gil Meseguer.....	1223

La desalinización como seguro hídrico en el Sureste Ibérico	
Encarnación Gil Meseguer, José María Gómez Gil, Ramón Martínez Medina, José María Gómez Espín	1233
Energía fotovoltaica y conducción Júcar-Vinalopó	
Vicente José Richart Díaz	1241

Perspectiva de las partes interesadas en la gestión de las aguas subterráneas en cuatro cuencas mediterráneas bajo estrés hídrico: prioridades y desafíos

Roberta Boni

Dpto. de Ciencias Puras y Aplicadas,
Universidad de Urbino “Carlo Bo”, Italia
roberta.boni@uniurb.it
<https://orcid.org/0000-0002-3477-1044>

Pietro Teatini

Dpto. de Ingeniería Civil, Medio Ambiente y Arquitectura,
Universidad de Padua, Italia
pietro.teatini@unipd.it
<https://orcid.org/0000-0001-9525-4561>

Claudia Zoccarato

Dpto. de Ingeniería Civil, Medio Ambiente y Arquitectura,
Universidad de Padua, Italia
claudia.zoccarato@unipd.it
<https://orcid.org/0000-0002-3199-8681>

Carolina Guardiola-Albert

Instituto Geológico y Minero de España, IGME, España
c.guardiola@igme.es
<https://orcid.org/0000-0001-9352-7618>

Pablo Ezquerro

Instituto Geológico y Minero de España, IGME, España
p.ezquerro@igme.es
<https://orcid.org/0000-0001-8667-5030>

Guadalupe Bru

Instituto Geológico y Minero de España, IGME, España
g.bru@igme.es
<https://orcid.org/0000-0002-2300-0914>

Roberto Tomás

Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, España
roberto.tomas@ua.es
<https://orcid.org/0000-0003-2947-9441>

Javier Valdes-Abellan

Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, España
javier.valdes@ua.es
<https://orcid.org/0000-0003-3570-4983>

Concepción Pla

Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, España
c.pla@ua.es
<https://orcid.org/0000-0002-4269-2426>

María I. Navarro-Hernandez

Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad de Alicante, España
mainnahe@ua.es
<https://orcid.org/0000-0002-8989-3807>

Alper Elçi

Dpto. de Ingeniería Ambiental, Universidad Dokuz Eylul, Turquía
alper.elci@deu.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-8102-0438>

Baris Çaylak

Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad Dokuz Eylul, Turquía
bariscaylak91@gmail.com

Ali Hakan Ören

Dpto. de Ingeniería Civil, Universidad Dokuz Eylul, Turquía
ali.oren@deu.edu.tr
<https://orcid.org/0000-0002-3024-3084>

Khaldoun Shatanawi

Dpto. de Ingeniería Civil, Escuela de ingeniería,
Universidad de Jordania, Jordania
kshatan-awi@ju.edu.jo

Alsharifa Hind Mohammad

Centro de Agua, Energía y Medio Ambiente,
Universidad de Jordania, Jordania
s.jasem@ju.edu.jo

Husam Abu Hajar

Dpto. de ingeniería civil – Escuela de ingeniería,
Universidad de Jordania, Jordania
h.abuhajar@ju.edu.jo

Tommaso Letterio

Consorzio di Bonifica di Secondo Grado
per il Canale Emiliano Romagnolo, Italia
letterio@consorzioecr.it

Roberto Genovesi
Consorzio di Bonifica di Secondo Grado
per il Canale Emiliano Romagnolo, Italia
genovesi@consorzioцер.it

Hazem Hreisha
Reserva del humedal de Azraq, Sociedad real para la
conservación de la naturaleza, Jordania
hazem.khreisha@rscn.org.jo

Qamar Al-Mimi
Reserva del humedal de Azraq, Sociedad real
para la conservación de la naturaleza, Jordania
qamar.almimi@rscn.org.jo
<https://orcid.org/0000-0003-0167-7876>

Claudia Meisina
Departamento de la tierra y ciencias ambientales,
Universidad de Pavía, Italia
claudia.meisina@unipv.it
<https://orcid.org/0000-0003-3673-3794>

RESUMEN

Estudios recientes ponen en manifiesto la vulnerabilidad de las cuencas del mediterráneo y las limitaciones de los actuales organismos gestores para mantener un desarrollo sostenible de los recursos hídricos subterráneos. Con el fin de abordar esta problemática, en este trabajo se han investigado los principales inconvenientes relacionados con la gestión de agua subterránea, teniendo en cuenta la perspectiva de las partes implicadas mediante la realización de encuestas. Para llevar a cabo esta investigación, se han seleccionado cuatro cuencas mediterráneas representativas que se encuentran actualmente bajo estrés hídrico: el acuífero costero de Comacchio (Italia), el acuífero del Alto Guadalentín (España), el acuífero aluvial de la cuenca del río Gediz (Turquía), y el acuífero de Azraq (Reserva de humedales de Azraq, Jordania). Los resultados revelan el punto de vista de las partes implicadas, relacionado con la gestión actual de los sistemas acuíferos y su experiencia con las herramientas disponibles para la gestión de las aguas subterráneas, como lo son las redes de monitoreo y los modelos numéricos. El análisis realizado y ha permitido identificar algunas peculiaridades y retos en común en las cuatro áreas de estudio. Uno de estos grandes desafíos es la falta de referencias para evaluar la adecuación de la red de monitoreo en relación con la frecuencia de muestreo y la distribución espacial. La metodología aquí propuesta junto con los resultados será útil para valorar la percepción de las partes implicadas en otros acuíferos que presenten una situación similar.

1. INTRODUCCIÓN

Los países del arco mediterráneo se ven afectados frecuentemente por distintos fenómenos climáticos, como sequías y precipitaciones irregulares, que, al combinarse con fenómenos antropogénicos como el crecimiento demográfico y económico, da como resultado un aumento en la demanda de agua para la sociedad (Correia, 1999). Distintos autores han investigado el impacto que tiene del clima y los cambios antropogénicos en la vulnerabilidad de los recursos hídricos en las cuencas del Mediterráneo (Araus,

2004; Chenoweth et al., 2011) observaron que actualmente los límites hacia el sur y el este están experimentando estrés hídrico en un nivel que varía entre alto y severo, estimando la vulnerabilidad de los recursos hídricos en la cuenca mediterránea para el año 2050. El escenario a futuro destaca que, si las extracciones de agua subterránea doméstica y agrícola siguen las tendencias más recientes, el 80% de los sistemas de acuíferos en la cuenca del Mediterráneo se enfrentarán a un estrés hídrico de alto a severo para el 2050.

Las instituciones encargadas de la gestión de las aguas subterráneas (autoridades de gestión del agua) en la cuenca del Mediterráneo se enfrenta a diferentes retos relacionados con la disponibilidad de este recurso (Todo & Sato, 2002). Por ello es necesario proporcionar una respuesta efectiva en un corto periodo de tiempo, con estrategias de manejo eficientes para evitar efectos indeseables, tales como la sobreexplotación, la subsidencia o la salinización, los cuales pueden llegar a limitar la vida y las actividades antrópicas, así como también pueden convertirse en una amenaza para entorno natural.

En esta investigación se ha desarrollado una metodología que es capaz de superar las limitaciones de la pandemia del COVID-19 en actividades participativas para involucrar a las partes interesadas; la cual se ha implementado en cuatro áreas representativas dentro de la cuenca del Mediterráneo, y que se encuentran actualmente bajo estrés hídrico y está basado en el trabajo realizado por Boni et al. (2022). Estas cuatro áreas de estudio son la zona costera de Comacchio en Italia, la cuenca del Alto Guadalentín en España; la cuenca del río Gediz en Turquía; y la cuenca de Azraq (humedal Ramsar) en Jordania. La investigación se llevó a cabo dentro del proyecto RESERVOIR (<https://reservoir-prima.org>), el cual pretende aportar un nuevo enfoque a la sostenibilidad de la gestión de las aguas subterráneas utilizando herramientas de bajo costo y no intrusivas, como son los datos de observación de la Tierra obtenidos a través de satélites o sensores remotos (Boni et al., 2022).

2. DESCRIPCIÓN DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO

Las áreas de estudio fueron seleccionadas de acuerdo a las siguientes características: ubicación en áreas costeras que sufren de salinización; vulnerabilidad a la sequía; explotación intensa de aguas subterráneas con fines agrícolas o turísticos; y recursos hídricos estratégicos claves para asegurar el abastecimiento de agua a la población durante los períodos secos. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de las zonas de estudio (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de los cuatro sistemas de acuíferos: acuífero costero de Comacchio en Italia, acuífero de Alto Guadalentín en España, cuenca del río Gediz en Turquía y acuífero de Azraq (reserva del humedal de Azraq) en Jordania. El mapa base se obtuvo de ArcGIS, usando las siguientes fuentes de datos: Esri, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA FSA, USGS, Aerogrid, IGN, e IGP.

2.1. Área costera de Comacchio, Italia

El acuífero costero de Comacchio se encuentra en la llanura aluvial costera del río Po en el norte de Italia. El área de estudio ocupa unos 1.000 km² e incluye un Sitio de Importancia Comunitaria (Directiva de Hábitats) diseñado en 1995 por la Unión Europea y denominado Lagunas de Comacchio (<https://conservation.jrc.ec.europa.eu/site/3661>) (Figura 2a). El origen de los depósitos sedimentarios del acuífero se debe a la evolución deposicional del sistema Po Delta cuya actividad ha desarrollado una geometría acuífera compleja. En el área más occidental, el acuífero está semiconfinado por finos depósitos aluviales continentales (principalmente limo y arcilla) que se superponen a las arenas litorales. El espesor del acuífero oscila entre 15 y 25 m (Mollema et al., 2012).

Esta área de estudio se caracteriza por una agricultura intensiva en el interior y un turismo intensivo a lo largo de la costa durante el verano (junio-septiembre). Varias autoridades están involucradas en la gobernanza del agua del área de Comacchio dependiendo de los diferentes usos del agua, como el suministro a la población, el tratamiento de aguas residuales, el riego y drenaje de tierras de cultivo, la gestión de la vida silvestre y la protección de la biodiversidad. En 2005 se desarrolló e implementó un Plan Regional para la Protección del Agua, para monitorear los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, con la identificación de las intervenciones y medidas requeridas (Bonì et al., 2022).

2.2. Cuenca del Alto Guadalentín, España

El acuífero del Alto Guadalentín se encuentra ubicado en la región de Murcia, al sureste de España. Se extiende a lo largo de 273 km² (Figura 2b) con altitudes que varían de 251 a 551 m s.n.m. La zona se caracteriza por un clima seco con una precipitación anual de 273 mm (Cerón & Pulido-Bosch, 1996; Ezquerro et al., 2017). Debido al clima seco y las precipitaciones muy bajas, los cursos de agua en esta

cuenca son efímeros (Ezquerro et al., 2020). La cuenca del Alto Guadalentín es una depresión tectónica rellena por materiales aluviales del Plio-Cuaternario compuestos por arenas y gravas incrustadas en una matriz arcillosa y arenosa (Béjar-Pizarro et al., 2016; Boni et al., 2015). El espesor promedio de las capas de relleno alcanza más de 300 m.

En la cuenca del Alto Guadalentín, la distribución del uso del suelo es de un 4,5% para las zonas urbanas, un 91% para las zonas agrícolas, de las cuales un 85% corresponde a superficies de regadío y un 4,5% a zonas forestales (Boni et al., 2022). Además, el uso intensivo de las aguas subterráneas con fines agrícolas desde 1960 provocó una disminución de los niveles piezométricos de cerca de 200 m durante 50 años (Boni et al., 2015) processed by advanced differential interferometric synthetic aperture radar (DInSAR a raíz de esto, el sistema de acuífero fue declarado como parcialmente sobreexplotado en 1987 (Cerón & Pulido-Bosch, 1996).

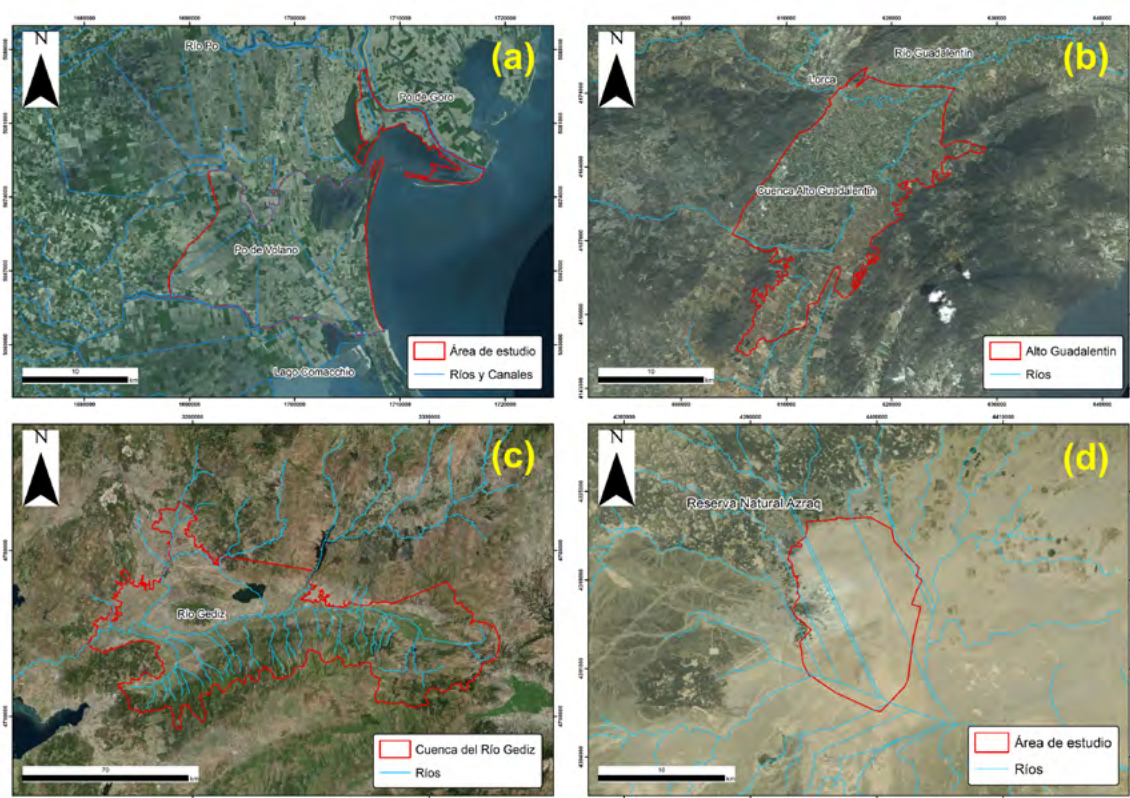


Figura 2. (a) Mapa de la zona de costera de Comacchio, Italia; (b) cuenca de Alto Guadalentín, España; (c) cuenca del río Gediz, Turquía; (d) cuenca de Azraq, Jordania. El mapa base se obtuvo de ArcGIS, usando las siguientes fuentes de datos: Esri, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA FSA, USGS, Aerogrid, IGN, e IGP.

2.3. Cuenca del río Gediz, Turquía

La cuenca del río Gediz se encuentra en la región del Egeo de Turquía, con un área de drenaje de 17,034 km² (Figura 3c). La cuenca exhibe un clima típicamente mediterráneo con veranos cálidos y secos e inviernos frescos y lluviosos. La temperatura media anual es de 16,2 °C y la precipitación total media de la cuenca es de 568 mm (Boni et al., 2022).

El basamento de la cuenca está constituido por rocas metamórficas sobre las que se disponen basaltos cuaternarios y unidades aluviales (Bulut et al., 2020); las unidades sedimentarias del cuaternario conforman el acuífero aluvial de la cuenca del río Gediz, el cual se desarrolla principalmente en el área del graben de Gediz.

Al ser un valle principalmente agrícola, dicho sector económico constituye el mayor usuario del agua subterránea en la zona. La extracción excesiva de los recursos a través de miles de pozos de bombeo ha provocado una disminución constante de las reservas de agua subterránea, lo que se evidencia en una tendencia decreciente de los niveles piezométricos, los cuales muestran una tasa promedio de disminución que varía entre 10 y 152 cm por año (Bonì et al., 2022). Como consecuencia de la sobreexplotación de los recursos, en algunas partes de la cuenca se observan hundimientos del terreno.

2.4. Reserva del humedal de Azraq, Jordania

La cuenca de Azraq constituye la mayor fuente de agua subterránea en el norte de Jordania y una de las de mejor calidad del país. La cuenca está ubicada en la parte noreste de Jordania con un área de alrededor de 12,000 km² (Jasem & Alraggad, 2010). La cuenca incluye una reserva ecológica de importancia internacional que constituye uno de los ecosistemas más peculiares del mundo, la “Reserva de humedales de Azraq”, un humedal rico en biodiversidad dentro de un desierto (Figura 2d). La precipitación media anual dentro de la cuenca de Azraq varía de 100 a 150 mm en los sectores oeste y norte, de 50 a 100 mm en el centro de la cuenca a menos de 50 mm en el sur. La cuenca está conformada por tres sistemas acuíferos: las rocas basálticas poco profundas, que constituyen un acuífero de agua dulce que actualmente está amenazado por la salinización y la sobreexplotación; el acuífero intermedio de rocas calizas, compuesto principalmente de agua salobre, y el acuífero profundo de areniscas, el cual tiene bajos rendimientos debido a la gran profundidad (Ibrahim, 1996). Durante las últimas décadas, la cuenca de Azraq ha experimentado un aumento dramático en la demanda de agua, lo que ha implicado a una extracción excesiva del acuífero y ha provocado un deterioro significativo de la calidad de sus aguas subterráneas (El-Naqa et al., 2007).

3. METODOLOGÍA

La participación de los grupos implicados en la gestión hídrica resulta de gran interés para diseñar e implementar una gestión sostenible de las aguas subterráneas (Bakari, 2014; Garduño et al., 2010). Este estudio se basa en el enfoque metodológico que se muestra en la Figura 3.

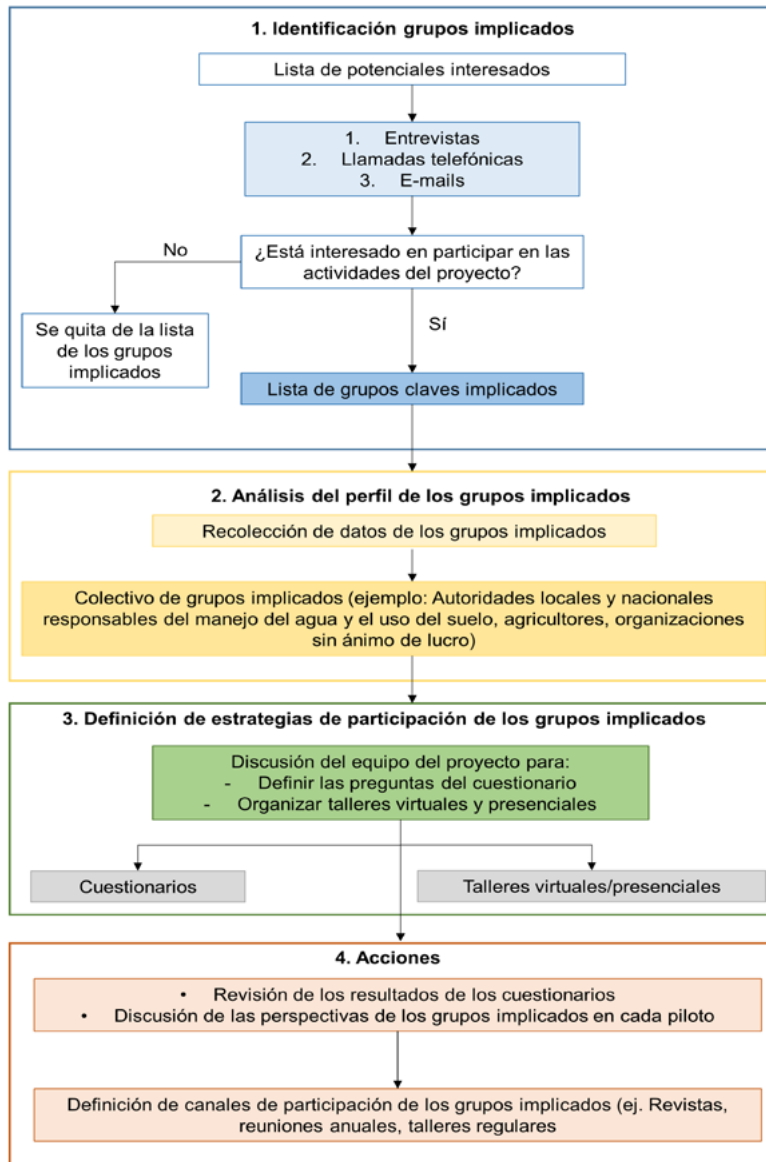


Figura 3. Esquema de la metodología propuesta para la participación de los grupos implicados. Fuente: modificado de Boni et al. (2022).

El enfoque se subdivide en cuatro fases. La primera fase estuvo dirigida a identificar las partes interesadas con experiencia profesional significativa en la gestión de aguas subterráneas, así como a usuarios finales afectados por la toma de decisiones sobre el agua subterránea. En primer lugar, se preparó una lista de interesados potenciales de cada zona de estudio con la finalidad de involucrar a las personas relacionadas con la gestión de aguas subterráneas. Luego, se contactó con los interesados a través de llamadas telefónicas, correo electrónico y entrevistas. En la segunda fase, los perfiles de los grupos de interés se clasificaron dentro de los siguientes grupos: Organismos gubernamentales a nivel municipal, regional y nacional; Autoridades nacionales y locales responsables de la gestión del agua y el uso del suelo; Agencias ambientales nacionales y locales; Empresas de abastecimiento de agua; Organizaciones sin ánimo de lucro; Organizaciones profesionales civiles privadas; Institutos de investigación; Asociaciones de regantes; Agricultores y Consumidores industriales.

La tercera fase tuvo como objetivo definir las estrategias para la participación de los grupos implicados. En dicha fase, se utilizaron diferentes métodos para involucrar y/o consultar a las partes interesadas identificadas previamente. Para esto se realizaron entrevistas a los grupos implicados de cada sitio piloto por correo electrónico y llamadas telefónicas. También, se desarrolló un cuestionario para comprender

las diferentes perspectivas de las partes interesadas y sus necesidades.

Finalmente, la cuarta fase tuvo como objetivo revisar los resultados de las encuestas e implementar varias acciones para involucrar a las partes interesadas a través de diferentes canales (como boletines, reuniones anuales, talleres regulares, etc.).

3.1. Cuestionario para los grupos implicados

Son numerosos los estudios que muestran el valor de los cuestionarios para evaluar la opinión de las partes interesadas (He et al., 2016; Nieto et al., 2005). En este estudio, los grupos implicados fueron entrevistados a través de una encuesta en el idioma nativo de los países de cada sitio piloto (italiano, español, turco y árabe) disponible en línea durante el período comprendido entre julio y octubre de 2020. El cuestionario estaba compuesto de diferentes tipos de preguntas (es decir, opción única, opción múltiple, opción abierta y escala de Likert) y constaba de 11 preguntas destinadas a explorar la perspectiva de las partes interesadas sobre la gestión del agua subterránea (Tabla 1). Las primeras cuatro preguntas abordaban los problemas de gestión de aguas subterráneas y los problemas relevantes en las herramientas de gestión de aguas subterráneas. También se utilizó una pregunta de opción múltiple para establecer una clasificación de prioridad entre varias propuestas sobre los temas relevantes relacionados con la gestión de aguas subterráneas en los sitios piloto y para evaluar los requisitos de las partes interesadas. Asimismo, se utilizaron preguntas de opción de escala de Likert para verificar la perspectiva de las partes interesadas sobre la idoneidad de los niveles de agua subterránea y las redes de monitoreo de la calidad del agua. Por otro lado, se formuló una pregunta abierta y una pregunta de opción única para evaluar el nivel de conocimiento del encuestado sobre el uso de modelos para la gestión de aguas subterráneas en los sitios piloto. También se formularon preguntas de opción múltiple para conocer su interés y conocer cómo les gustaría participar en las actividades del proyecto. Finalmente, se utilizó una pregunta abierta para recibir sugerencias generales.

Nº	Pregunta	Respuesta	Tipo de pregunta
1	¿Cuáles son los principales problemas en tu zona?	Intrusión de agua salada en acuífero freático. Subsidencia antrópica y natural. Sistema de drenaje y recuperación de tierras. Salinización del suelo. Recarga insuficiente de acuíferos. Aumento del nivel del mar. Sobre explotación de agua subterránea Alta demanda de agua subterránea para actividades económicas. Falta de preparación ante el cambio climático. Riego de zonas verdes públicas. Contaminación de agua subterránea por aguas residuales y agricultura. Otros.	Opción múltiple
2	¿Cuáles son los problemas más relevantes relacionados con las herramientas para el manejo del agua subterránea en tu zona? (de Chaisemartin et al., 2017)	Instrumentos técnicos (ej., topografía, monitoreo y modelado de la cantidad y calidad del agua subterránea, otros análisis de diagnóstico). Instrumentos de gestión y planificación (ej., uso de la tierra y planificación espacial, evaluación de impacto ambiental, zonificación de protección de aguas subterráneas, definición de responsabilidades y roles de varias entidades de gestión de recursos de aguas subterráneas). Instrumentos normativos (ej., propiedad y derechos de aguas subterráneas, concesión de licencias y registro de pozos, acreditación de perforaciones, legislación sobre aguas). Instrumentos económicos (ej., precios de aguas subterráneas, impuestos ambientales, derechos negociables y mercados de aguas subterráneas).	Opción múltiple

N°	Pregunta	Respuesta	Tipo de pregunta
3	¿En su zona hacen falta datos e información clave; o los datos existentes son muy imprecisos e interfieren con la capacidad de gestionar las aguas subterráneas de manera efectiva?	<p>Niveles del agua subterránea. (piezometría). Datos de extracción de aguas subterráneas (bombeo). Abastecimiento de agua superficial. Uso total de agua. Cambio en el almacenamiento de agua subterránea. Cuantificación de la reserva de agua. Rendimiento sostenible. Datos de subsidencia. Intrusión de agua de mar. Datos de calidad del agua. Zonas de recarga. Potencial de recarga. Predicciones climáticas. Ecosistemas dependientes de aguas subterráneas. Efectos del cambio climático. Otro.</p>	Opción múltiple
4	<p>¿Qué tan adecuada considera la cobertura de monitoreo en su zona para la toma de decisiones en aguas subterráneas? 4.1. Frecuencia de monitoreo de los niveles de agua subterránea (con qué frecuencia se recopilan estos datos) Representación geográfica (cobertura de los datos que recopila)</p> <p>¿Qué tan adecuada considera la cobertura de monitoreo en su zona para la toma de decisiones sobre aguas subterráneas? 4.2. Frecuencia de monitoreo de la calidad del agua (con qué frecuencia recopila estos datos) Representación geográfica (cobertura de los datos que recopila)</p>	<p>Muy inadecuado Mayormente inadecuado Algo inadecuado Ni adecuado ni inadecuado Algo inadecuado Mayormente adecuado Muy adecuado</p>	Escala Likert
5	¿En la zona se utiliza uno o más modelos de aguas subterráneas? ¿Qué modelo (o código) se usa (principalmente)?	-	Pregunta abierta
6	¿En qué aplicaciones se usa este modelo?	<p>Planeación del agua a largo plazo La planeación del uso del suelo Cuantificación de las reservas de agua Reducción de caudales Rastreo de contaminantes Plan de extracción de aguas subterráneas Planeación de la recarga de acuíferos Predicción y planificación de la subsidencia Estudios de impacto ambiental Otro</p>	Única respuesta
7	¿Qué tema(s) de RESERVOIR es(son) de su interés?	<p>Guías para el manejo de los recursos de agua subterránea Escenarios para detectar la cantidad y tiempo de extracción adecuados Estimación de índices para el manejo del agua Modelos geomecánicos basados en sensores remotos para la cuantificación de las reservas de los acuíferos Metodología para la caracterización hidrogeológica usando sensores remotos Productos de sensores remotos (mapas de deformación del suelo, mapas de áreas de subsidencia e índice de riesgo de subsidencia)</p>	Opción múltiple

N°	Pregunta	Respuesta	Tipo de pregunta
8	¿Cuál sería tu motivación para participar en el proyecto RESERVOIR?	Para mantenerse informado sobre las actividades actuales de RESERVOIR Obtener información actualizada para la toma de decisiones concretas Para participar en estudios en RESERVOIR Definir preguntas relevantes y lagunas en la investigación. Poner los resultados de la investigación a disposición de un público más amplio Otro	Opción múltiple
9	¿En qué etapa de un proyecto de investigación estaría más interesado en participar?	Desarrollo del plan del proyecto. Recopilación de datos Análisis de los datos interpretación de resultados Difusión de resultados Otro	Opción múltiple
10	¿Cuál sería la mejor manera de participar en un proyecto de investigación?	Actualizaciones periódicas sobre el proyecto (por ejemplo, a través de un boletín informativo) Reuniones anuales Talleres regulares Herramientas digitales: videoconferencias, documentos compartidos, carpetas, etc. Diálogos personales con el equipo que conforma el proyecto Participando en el trabajo de campo Otro	Opción múltiple
11	¿Algún otro comentario?	-	Pregunta abierta

Tabla 3. Encuesta RESERVOIR. Fuente: modificado de Boni et al. (2022).

4. RESULTADOS

En Comacchio, 13 participantes completaron el cuestionario. Un total del 54% de los participantes corresponden a autoridades nacionales y locales responsables de la gestión del agua y el uso del suelo (Figura 4). El 15% eran organizaciones gubernamentales a nivel municipal, regional y nacional, otro 15% corresponde también a los agricultores. Finalmente, un 8% eran instituciones de investigación y agencias ambientales. En Alto Guadalentín, entre los interesados, 18 participantes completaron el cuestionario. Un total del 22% correspondían a autoridades nacionales y locales responsables de la gestión del agua y el uso del, el 5% eran empresas de suministro de agua, el 5% eran organizaciones sin ánimo de lucro, el 28% eran organizaciones profesionales privadas, y el 39% eran institutos de investigación y asociaciones de regantes (Figura 4). En Turquía, para el cuestionaron se obtuvo la participación de un total de 101 personas en representación de instituciones gubernamentales, no gubernamentales, universidades y empresas consultoras involucradas en la gestión del agua en la cuenca del río Gediz. En total, 32 grupos interesados completaron el cuestionario. La mayoría de los participantes (42%) pertenecían a organizaciones gubernamentales. Respecto a Azraq, un total de 13 participantes en representación de organizaciones gubernamentales, autoridades locales y nacionales, empresas de suministro de agua, instituciones de investigación y organizaciones privadas/profesionales completaron el cuestionario. La mayoría de las partes interesadas (36%) correspondían a autoridades nacionales y locales responsables de la gestión del agua y el uso de la tierra.

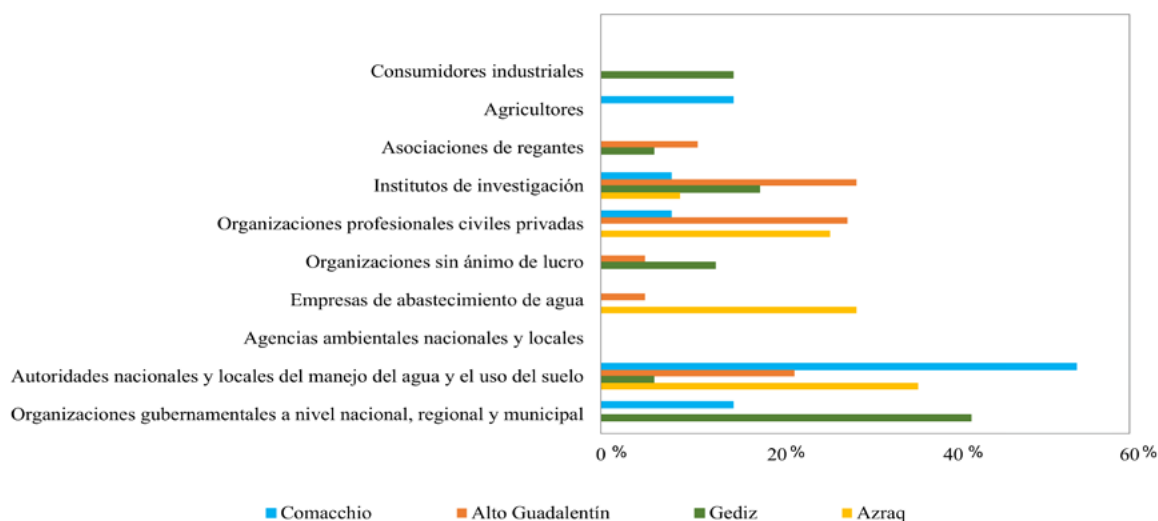


Figura 4. Porcentajes del total de los distintos tipos de instituciones y organizaciones que completaron la encuesta de RESERVOIR para cada sitio piloto. Fuente: modificado de Boni et al. (2022).

4.1. Problemas más relevantes relacionados con la gestión del agua subterránea

En las zonas piloto analizadas se detectó que existen diversas preocupaciones comunes relacionadas con la gestión de las aguas subterráneas (pregunta 1, Tabla 1). Las respuestas al cuestionario destacan que el principal problema común en todas las zonas piloto es la sobreexplotación de los acuíferos, a excepción de Comacchio. Por su parte, en la zona piloto italiana, los dos principales inconvenientes corresponden al hundimiento del terreno por causas naturales y antropogénicas (24 %) y la intrusión de agua salada en el acuífero freático (20 %) (Figura 5a). Otro aspecto relevante en Comacchio, es la salinización del suelo (16%), como lo señalan los agricultores. Mientras que un total del 11% de las partes interesadas informaron sobre el problema del aumento del nivel del mar, debido a su proximidad a la costa del mar Adriático. Las entidades involucradas en el monitoreo de los recursos hídricos subterráneos destacaron el problema del deterioro de la calidad del agua, ocasionado por la percolación profunda de contaminantes de las áreas agrícolas, y la falta de preparación frente a los efectos del cambio climático (7%). Vale la pena señalar que las autoridades locales también reportaron el problema relacionado con una alta demanda de agua subterránea para sostener el desarrollo económico (9%). Ninguno de los encuestados en la zona italiana señaló el problema de la sobreexplotación de los acuíferos.

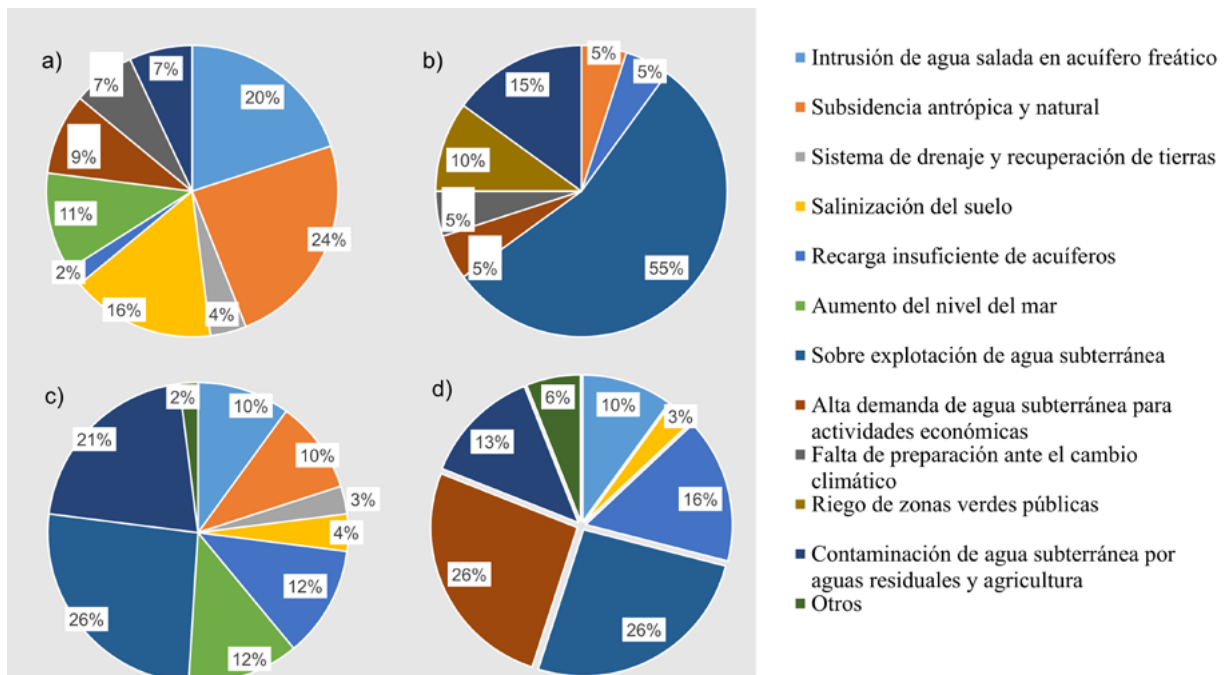


Figura 5. Principales problemas relacionados con el manejo del agua subterránea (Pregunta 1). Opinión de los grupos implicados en (a) el acuífero de Comacchio; (b) la cuenca del Alto Guadalentín; (c) la cuenca del río Gediz; y (d) la cuenca de Azraq. Fuente: modificado de Boni et al. (2022).

En el acuífero del Alto Guadalentín, el 55% de los encuestados considera que el principal problema es la sobreexplotación de las aguas subterráneas. Esto es consecuencia del desarrollo agrícola que se dio principalmente en las últimas décadas del siglo XX (Boni et al., 2022). En segundo lugar, el 15% de las partes interesadas argumentó que la contaminación de las aguas subterráneas debido a la agricultura es un problema importante en este sitio. Las partes interesadas también identificaron problemas relacionados con la subsidencia (5%), la recarga insuficiente de los acuíferos (5%), las altas demandas de agua subterránea para sostener la actividad económica más importante de la zona (5%), la falta de preparación contra el cambio climático (10%), y problemas relacionados con el riego de jardines o zonas verdes públicas (5%) (Figura 5b).

En la cuenca del río Gediz, la mayoría de los participantes (26%) respondió que el problema predominante en su área es la sobreexplotación de las aguas subterráneas. Además, el 21% de los encuestados consideró también la contaminación del acuífero debido a las actividades agrícolas como un problema relevante para la cuenca. La recarga insuficiente de los acuíferos y la contaminación de las aguas subterráneas por otras razones se consideraron problemas importantes (12% de la selección cada uno). Otras causas de contaminación de las aguas subterráneas son las descargas de aguas residuales industriales y/o domésticas y las fugas en la red de aguas residuales. En solo una décima parte de las respuestas, la subsidencia es motivo de preocupación. Cabe señalar que, debido a la gran superficie de la cuenca, algunos de los interesados podrían no verse afectados directamente por ninguno de los problemas sugeridos; en particular, porque el hundimiento del terreno, puede estar ocurriendo a escala local. Algunos de los grupos implicados destacaron otros problemas como relevantes, por ejemplo, la urbanización, los impactos ambientales de las áreas industriales y la ausencia de plantas de tratamiento de aguas residuales o sus operaciones intermitentes. En la Figura 5c se muestra un resumen de las respuestas a esta pregunta.

De manera similar, en la cuenca de Azraq, el problema principal es la sobreexplotación de las aguas subterráneas causada por la alta demanda para sostener la fuente de riqueza más importante en el área (26% de los participantes). La recarga insuficiente de acuíferos y la contaminación de las aguas subterráneas por actividades agrícolas también fueron considerados como aspectos de preocupación, según el 16% y el 13% de los encuestados, respectivamente. Asimismo, un 10% y 3% de los encuestados destacaron problemas relacionados con la intrusión de agua salada en el acuífero freático y la salinización del suelo,

respectivamente. El último problema de aguas subterráneas seleccionado por el 6% de los participantes corresponde a la falta o ineficiencia de políticas, planes de gestión y protocolos en la toma de decisiones sobre el agua (Figura 5d).

4.2. Problemas más relevantes relacionados con las herramientas para la gestión de las aguas subterráneas

En cuanto a las herramientas de gestión de aguas subterráneas (pregunta 2, Tabla 1) para todos los sitios de estudio, la mayoría de los participantes consideraron la falta de instrumentos de gestión y planificación (p. ej., ordenamiento territorial, la evaluación del impacto ambiental, la zonificación para la protección de aguas subterráneas, la definición de responsabilidades y roles de varias entidades en la gestión de los recursos de aguas subterráneas) como un tema relevante (Figura 6).

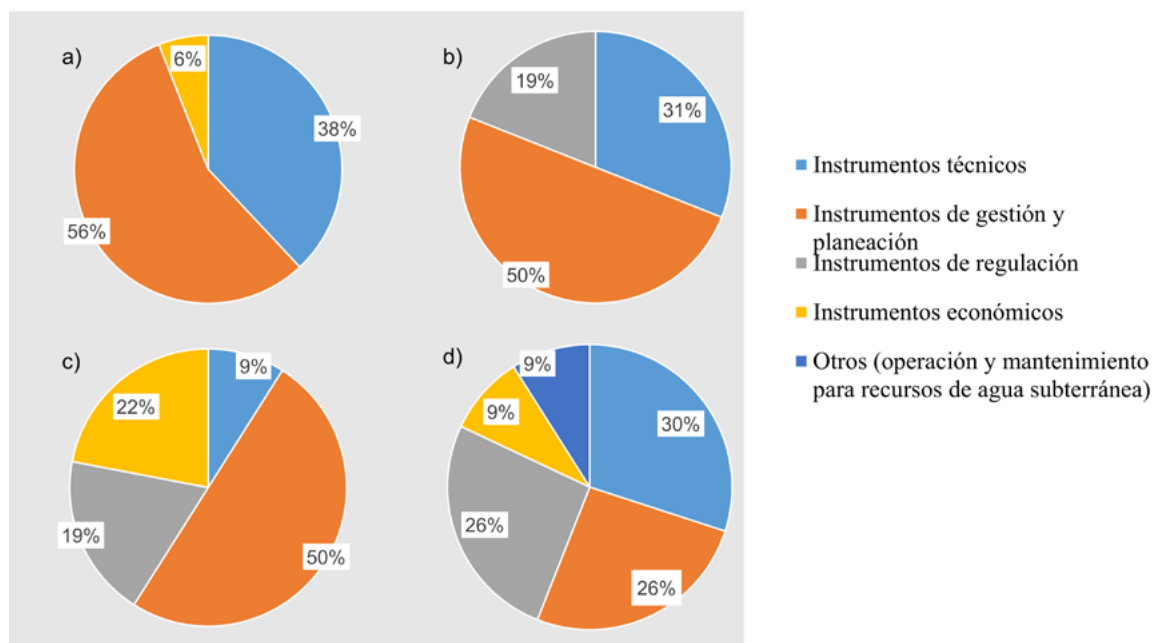


Figura 6. Problemas más relevantes relacionados a las herramientas para la gestión del agua subterránea (pregunta 2.). Opinión de los grupos implicados en (a) acuífero de Comacchio; (b) cuenca del Alto Guadalentín; (c) cuenca del río Gediz; (d) cuenca de Azraq. Fuente: modificado de Boni et al. (2022).

Otro tema relevante para las partes interesadas entrevistadas en Italia, España y Jordania está relacionado con las herramientas técnicas utilizadas para la gestión de las aguas subterráneas, como la disponibilidad de estudios adecuados, el seguimiento y la modelización del nivel y la calidad de las aguas subterráneas, y otros análisis de diagnóstico. En Turquía, un tema relevante para los encuestados es la falta de utilización de herramientas económicas (p. ej., fijación de precios de aguas subterráneas, impuestos ambientales, derechos negociables y mercados de aguas subterráneas). Cabe señalar que el precio del agua subterránea y los derechos negociables aún no se implementan en Turquía y España. Los problemas relacionados con los instrumentos regulatorios (p. ej., propiedad y derechos de aguas subterráneas, licencias y registros de pozos, acreditación de perforaciones, legislación de aguas) fueron considerados importantes por el 19% de los entrevistados. De manera similar, los instrumentos técnicos no fueron motivo de gran preocupación, con solo el 9% de los votos de las partes interesadas. Además, en Italia, el 6% de las partes interesadas reconoció la falta de instrumentos económicos, pero ninguno de ellos destacó los instrumentos regulatorios como un tema relevante.

Con respecto a la falta de información y datos claves (pregunta 3, Tabla 1), en Italia, las partes interesadas reportaron una falta de datos para el cálculo del balance de agua en el acuífero (22%) y la extracción de agua subterránea (17%). Un total del 17% de las partes interesadas expresaron la falta de datos sobre

los efectos del cambio climático y la intrusión de agua de mar. Entre los interesados, los técnicos reportaron la falta de datos para monitorizar el cambio en el almacenamiento de agua subterránea (9%). Un total del 6 % de las partes interesadas indicó la falta de datos para el suministro de agua superficial y las tasas de riego, la subsidencia y la recarga de acuíferos naturales/artificiales. La opinión de los grupos implicados sobre el sistema de monitorización del nivel piezométrico y la calidad de las aguas subterráneas muestra que los datos adquiridos no son “ni adecuados ni inadecuados”, considerando tanto como la frecuencia de las adquisiciones como la distribución espacial de los puntos de monitorización (pregunta 4, Tabla 1). Un mayor porcentaje de partes interesadas informó sobre la existencia de datos inadecuados sobre la distribución espacial de la red de monitoreo de la calidad del agua.

En España, la mayoría de las partes interesadas entrevistadas (45 %) afirmó que la principal información que falta es la tasa de extracción de agua subterránea. La poca información disponible acerca de la calidad del agua también fue reportada por el 10% de los entrevistados. Desde el punto de vista de las partes interesadas acerca de la adecuación de la red de monitoreo de las aguas subterráneas, la distribución espacial de los puntos de monitoreo del nivel piezométrico es inadecuada (50%), así como también la calidad de las aguas subterráneas (55%). Sin embargo, los encuestados en su mayoría consideraron adecuada la frecuencia de monitorización del nivel piezométrico (45%), pero dudaron de la frecuencia del monitoreo de la calidad.

En Turquía, la mayoría de las partes interesadas (69 %) indicaron que la información disponible sobre el volumen de las extracciones de agua subterránea no es precisa. Además, aproximadamente la mitad de las partes interesadas cree que existe una gran incertidumbre acerca de la información relacionada con el consumo total de agua, los cambios en el almacenamiento de agua subterránea y el presupuesto hídrico que interfiere con la posibilidad de una gestión eficaz del recurso de agua subterránea. La falta de información sobre la recarga del acuífero es otro problema que fue identificado por el 41% de las partes interesadas. La subsidencia (13%) y los pronósticos de escenarios climáticos (16%) fueron percibidos como procesos con una falta total de información. En cuanto a la monitorización del nivel de las aguas subterráneas, la opinión fue más clara, ya que el 72% de todas las partes interesadas consideró que la frecuencia de monitoreo actual es insuficiente. Solo el 16% de ellos lo consideró mayoritariamente adecuado. Las opiniones expresadas sobre la cobertura espacial del monitoreo piezométrico son comparables. Por ejemplo, el 63% de los grupos implicados lo consideró insuficiente. Solo el 6% lo consideró mayormente adecuado y el 16% algo adecuado. Con respecto a la cobertura espacial del monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas, la evaluación general fue negativa. Fue considerado en su mayoría inadecuado o algo inadecuado por el 28% y el 22% de los encuestados, respectivamente. Solo el 10% de las partes interesadas opinaron que la cobertura espacial del muestreo es en su mayoría adecuada.

En Jordania, la mayor deficiencia está relacionada con los ecosistemas dependientes de las aguas subterráneas (15 % de las respuestas), la calidad del agua (13 %) y las previsiones climáticas (13 %). Otras categorías que muestran una deficiencia moderada en la disponibilidad de datos son: la tasa de extracción de agua subterránea, la variación del almacenamiento, la cuantificación de las reservas hídricas, el rendimiento sostenible, las áreas de recarga y el rendimiento potencial de recarga, fueron seleccionadas por el 8 % de los participantes de la encuesta. La falta de datos se percibe menos en relación con los niveles de agua subterránea (5 %), el suministro de agua superficial (3 %), la intrusión de agua de mar (3 %) y el agua superficial recargable (3 %). En cuanto a la cobertura de la red de monitoreo de niveles freáticos, las opiniones se distribuyeron equitativamente (20%) entre las cinco opciones disponibles (Tabla 1). Sin embargo, la representación geográfica del nivel del agua subterránea fue evaluada como muy inadecuada por el 40% de los encuestados, con una clasificación más baja para las otras opciones.

4.3. Problemas más relevantes relacionados con el uso de los modelos de flujo y subsidencia para la gestión de aguas subterráneas

Con respecto a la modelación (pregunta 5, Tabla 1), en Italia, las partes interesadas señalaron que anteriormente se han utilizado diferentes modelos. En particular, se empleó MODFLOW para simular el flujo de agua subterránea en los acuíferos profundos, pero también mencionaron el uso de IRRINET para el acuífero poco profundo con fines de riego (Bonì et al., 2022). Los modelos se utilizaron princi-

palmente para estimar el balance hídrico, realizar predicciones de hundimiento del terreno y desarrollar una planificación hídrica a largo plazo (Figura 7) (pregunta 6, Tabla 1).

En España, el 90% de los grupos implicados confirmaron que tienen cierto conocimiento sobre la modelización numérica de aguas subterráneas. Sin embargo, solo el 45% tiene conocimiento de que ya se han desarrollado modelos numéricos para el acuífero del Alto Guadalentín (Cerón & Pulido-Bosch, 1996; Ezquerro et al., 2017). Por lo tanto, la mayoría de ellos (46%) confirmaron que la modelización se utilizaba para la planificación hídrica a largo plazo. Según la perspectiva de las partes interesadas, algunas alternativas a la modelización son el cálculo de la reserva hídrica (18 %), la planificación de la extracción de aguas subterráneas (9 %), la predicción y planificación de la subsidencia (9 %), los estudios de impacto ambiental (9 %) y la investigación (9 %) (Figura 7).

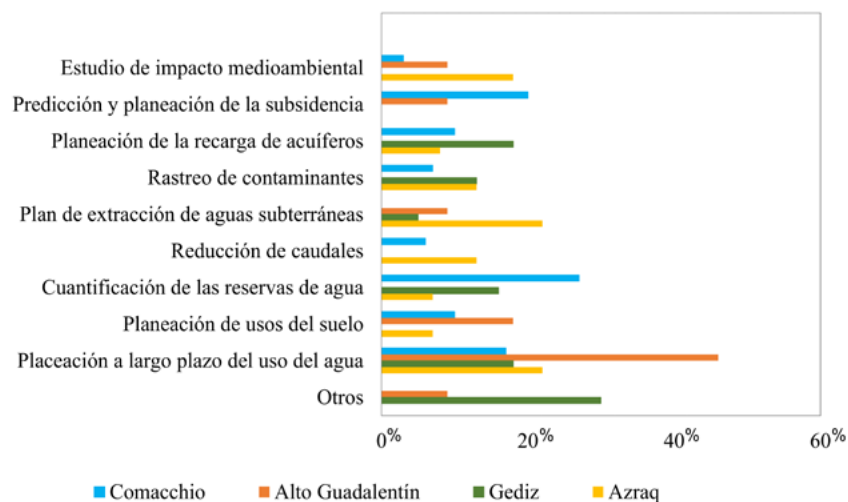


Figura 7. Propósitos para el modelamiento del flujo (pregunta 6). Fuente: modificado de Boni et al. (2022).

En Turquía, la mayoría de los grupos implicados (84 %) confirmaron que tienen conocimiento acerca de los modelos numéricos. La mayoría de ellos manifestó que no sabe si existe algún modelo de flujo, el 28% confirmó la presencia de un modelo, y el 16% restante opina que nunca se implementó un modelo. Es importante tener en cuenta que, de hecho, existe un modelo numérico de flujo de agua subterránea en estado estacionario bidimensional basado en MODFLOW para la cuenca de Gediz (Elçi et al., 2015). La última pregunta en esta sección fue sobre el propósito de aplicar un modelo de flujo de agua subterránea. Los resultados indican que el 31% de los encuestados no tienen idea sobre el propósito del modelo. La planificación del uso del agua a largo plazo (20 %), el cálculo de las reservas hídricas (16 %), la planificación de la recarga (14 %), el rastreo de contaminantes (12 %), la planificación de la extracción de aguas subterráneas (4 %) y la planificación del uso del suelo (3 %) fueron también otros usos seleccionados por los encuestados.

En Jordania, las partes interesadas identificaron que los modelos de aguas subterráneas se utilizan principalmente para la planificación del uso del agua a largo plazo (22 %), la planificación de la extracción de aguas subterráneas (22 %), los estudios de impacto ambiental (16 %), la reducción de caudales (11 %), el rastreo de contaminantes (10 %), y con una clasificación más baja (6%) para la planificación del uso del suelo, el cálculo de las reservas hídricas y la planificación de la recarga (Figura 7).

4.4. Interés de los grupos implicados en nuevos productos para la gestión de las aguas subterráneas

En Italia, los resultados muestran que el 62% de los entrevistados están interesados en los productos de observación de la tierra a través del uso de sensores remotos (mapas de deformación del terreno, mapa de áreas de subsidencia e índice de riesgo de subsidencia) (Figura 8). Un 38% de ellos están interesados

en escenarios para detectar el periodo y la cantidad óptima de extracción de agua subterránea con fines de riego y en las pautas para la gestión de dichos recursos. En total, el 31% de los encuestados señaló la importancia de los modelos geomecánicos avanzados basados en información satelital para cuantificar el almacenamiento de acuíferos y el 23% destacó la importancia de las metodologías para la caracterización hidrogeológica utilizando sensores remotos. Gran parte de los entrevistados (67%) desearía estar informado sobre las actividades del proyecto (pregunta 8, Tabla 1), el 42% en dar a conocer los resultados de la investigación a un público más amplio y el 25% declaró estar interesado en mantenerse actualizado sobre desarrollos de investigaciones concretas. Un total de 17% y 8% de los encuestados están interesados en participar en los estudios del proyecto y definir preguntas relevantes y brechas de investigación, respectivamente. En total, el 58% y el 42% de los encuestados quisieran participar en la difusión de los resultados y la recopilación de datos (pregunta 9, Tabla 1). Un total de 33% y 25% están interesados en la interpretación de resultados y el desarrollo del plan del proyecto. Un porcentaje menor (17%) está interesado en el análisis de datos. La mayoría de los participantes (58%) expresó su interés en talleres regulares (pregunta 10, Tabla 1), el 33% en actualizaciones periódicas del proyecto (p. ej., a través de un boletín informativo) y materiales digitales (p. ej., videoconferencias, documentos compartidos y carpetas, etc.). En total, el 25% de los encuestados están interesados en reuniones anuales y diálogos personales con los investigadores del proyecto.

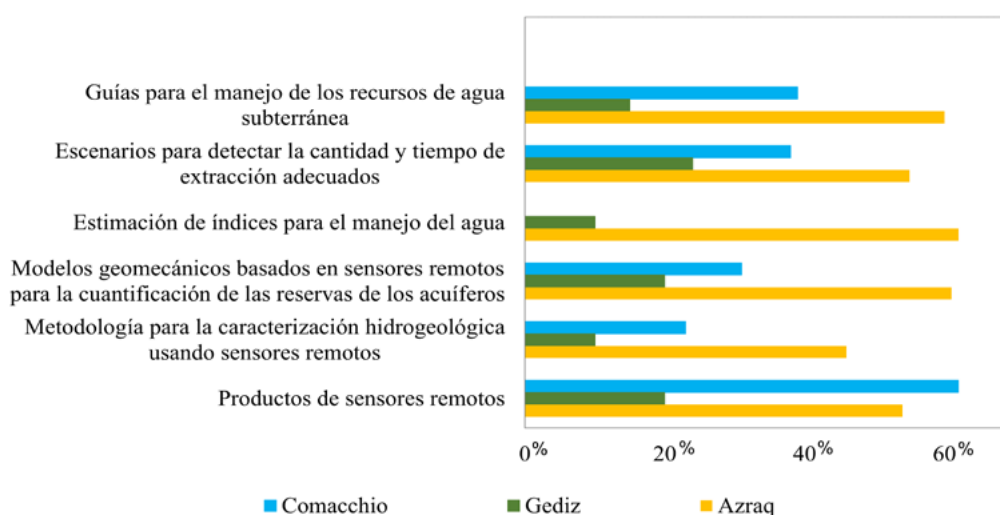


Figura 8. Interés de los grupos implicados en los nuevos productos (pregunta 7). Fuente: modificado de Boni et al. (2022).

En España, lamentablemente la pregunta 7 (Tabla 1) no fue procesada correctamente en el cuestionario, por tanto, no fue posible extraer información. Sin embargo, con respecto a las preguntas restantes, se obtuvieron los siguientes resultados. Un total del 30 % y el 25 % de los participantes quisieran estar informados sobre las actividades del proyecto y poner los resultados de la investigación a disposición de un público más amplio, respectivamente. En total, el 25% de los participantes está interesado en mantenerse actualizado para la toma de decisiones concretas y el 35% está interesado en definir preguntas relevantes y detectar brechas en la investigación. En relación a la implicación directa, el 55% de los entrevistados mostró cierto interés en implicarse en el análisis de datos e interpretación de resultados. En total, el 38% está interesado en el desarrollo del plan del proyecto, el 33% en la difusión de resultados y el 22% en la recopilación de datos. La principal preferencia de las partes interesadas para una posible participación en la investigación se dio para la actualización regular sobre el proyecto (61%). Un total del 55% de los encuestados indicó el uso de herramientas digitales, el 33% una reunión anual y el 33% talleres regulares. Finalmente, el 22% de los encuestados estaría interesado en participar en el trabajo de campo y el 16% preferiría discusiones individuales.

En Turquía, la mayoría de los temas abordados por RESERVOIR fueron de interés para la mayoría de las partes interesadas. El desarrollo de escenarios para detectar el momento óptimo y la cantidad de

extracción de agua subterránea para riego fue el tema más seleccionado, con el 24 % de los votos de las partes interesadas (Figura 8). En orden de importancia, le sigue el tema de la modelización geomecánica avanzada basada en observaciones terrestres a través de imágenes satelitales para cuantificar el almacenamiento de acuíferos y la producción de mapas de deformación del terreno y mapas de subsidencia (20% cada uno).

En Jordania, las pautas para gestionar adecuadamente el recurso de agua subterránea fueron el tema más importante seleccionado por el 60% de los participantes. El 54% de los entrevistados seleccionó productos y análisis de observación de la Tierra destinados a detectar el periodo y la cantidad óptima de extracción de agua subterránea para fines de riego y protección de humedales. Un total de 46% de los participantes seleccionaron la metodología para la caracterización hidrogeológica usando observaciones de la Tierra y la modelización geomecánica avanzada para cuantificar el almacenamiento del acuífero como temas clave (Figura 8).

Por lo tanto, los resultados demuestran que los grupos implicados están muy interesados en el desarrollo de directrices y productos de imágenes satelitales como una nueva herramienta de apoyo para la gestión de los recursos hídricos subterráneos.

5. DISCUSIÓN

Los procesos de participación aplicados en este estudio corresponden a las primeras etapas claves para mejorar la gestión sostenible de las aguas subterráneas en las cuencas mediterráneas que se encuentran bajo estrés hídrico, ya que la participación de los grupos implicados proporciona conocimientos útiles para direccionar las actividades de investigación acerca de la gestión de acuíferos. En este planteamiento, se consideraron las diferentes perspectivas de grupos con diversos roles, antecedentes y conocimientos procedentes de cuatro sitios de estudio. El enfoque basado en cuestionarios ha permitido la inclusión de una muestra de personas pertenecientes a una amplia gama de sectores y con diferentes antecedentes socioeconómicos, demográficos y experiencia profesional que han compartido sus puntos de vista de forma anónima.

Respecto a la toma de decisiones y la implementación de políticas relacionadas con el agua, los resultados muestran que, para los encuestados, uno de los principales obstáculos para la gestión de aguas subterráneas es la falta de voluntad política y liderazgo. Desafortunadamente, no se conocen estudios previos similares sobre cualquiera de los cuatro sitios de estudio que proporcionen análisis comparativos adicionales. Según el conocimiento de los autores, este estudio es la primera encuesta sobre las percepciones y opiniones de las partes interesadas sobre la gestión de las aguas subterráneas en estas regiones.

Las prioridades de las partes interesadas en la gestión de los acuíferos ofrecen la oportunidad de esbozar algunos desafíos comunes y actuales en el área del Mediterráneo, que se analizan a continuación.

5.1. Prioridades en las cuatro áreas mediterráneas con estrés hídrico

Las prioridades identificadas dependen del entorno geográfico y el estado socioeconómico de cada área. Por lo tanto, las prioridades difieren entre los sitios de estudio y entre los grupos implicados.

En el acuífero costero de Comacchio, los principales problemas identificados por los actores son la subsidencia de origen natural y antrópico, así como también la intrusión de agua de mar en el acuífero freático que afecta las actividades agrícolas. La intrusión de agua salada provoca un deterioro de la calidad del agua subterránea, lo que impide el uso de los recursos de agua subterránea para el riego por parte de los agricultores. Por lo tanto, existe la demanda de comprender profundamente la interacción entre el agua dulce y el agua salada. Respecto a la subsidencia, es un fenómeno identificado principalmente algunos municipios del litoral. En particular, el municipio de Goro-Gorino reporta daños y menor eficiencia a lo largo del muelle debido al hundimiento del terreno.

Aunque el principal problema identificado por los participantes de la cuenca del Alto Guadalentín es la sobreexplotación de los acuíferos, la contaminación de las aguas subterráneas es igualmente importante. Por otro lado, la contaminación por nitratos, que es de suma importancia según las directrices de la UE, debe minimizarse con medidas de mitigación (p. ej., reducción del uso de agua para riego). Las contramedidas adoptadas en el pasado no fueron suficientes para revertir el estado de fuerte sobreexplotación del acuífero, y se deben implementar nuevas estrategias de gestión en el próximo plan de gestión del agua. Además, las partes interesadas no han identificado la subsidencia como una prioridad, aunque esta es el área que presenta la tasa de hundimiento más alta de Europa. Esto se debe a que en la zona el hundimiento del terreno no produce asentamientos diferenciales que puedan causar daños a la edificación e infraestructura.

Los grupos implicados de la cuenca del río Gediz hicieron hincapié sobre muchos temas relacionados con la gestión de las aguas subterráneas. Dos de estos problemas se están relacionados con la sobreexplotación de las aguas subterráneas y el deterioro de su calidad a causa de la agricultura. A pesar de la identificación del problema, las partes interesadas creen que actualmente ningún plan de acción puede resolver estos problemas de manera realista. La información clave que falta son los datos sobre el bombeo de agua subterránea, además de la incertidumbre adicional del uso de agua subterránea proveniente de numerosos pozos de riego no registrados. También, es interesante notar que parece haber una falta de conocimiento sobre la disponibilidad de un modelo de flujo de agua subterránea para este acuífero. Si bien existen diferentes opiniones de las partes interesadas sobre el propósito y el uso del modelo, no están seguros de si la autoridad responsable del agua utiliza activamente este modelo. Las conversaciones con el personal técnico que trabaja en la institución de la autoridad del agua revelaron que el modelo no se utilizó en la toma de decisiones o análisis del sistema de aguas subterráneas en los últimos años. Quizás el modelo actualmente disponible se perciba como inadecuado para ser utilizado como una herramienta efectiva; por lo tanto, es pertinente realizar mejoras al modelo que ya existe.

En la cuenca de Azraq, los desafíos pertinentes en temas de agua subterránea desde la perspectiva de los grupos implicados son la sobreexplotación junto con la creciente demanda de agua subterránea para sustentar la agricultura, que es la actividad económica más importante de la región. Los problemas de aguas subterráneas se ven agravados por la insuficiente recarga de los acuíferos y la contaminación provocada por las actividades agrícolas. Otro tema clave destacado por las partes interesadas es la falta de datos para la gestión de aguas subterráneas, lo que afecta negativamente el proceso de toma de decisiones. Está claro que en Jordania se consideran necesarias soluciones sostenibles en el sector del suministro de agua para reducir la sobreexplotación de los acuíferos, lo que en última instancia aliviará otros desafíos, como la salinización de las aguas subterráneas. La falta de un monitoreo espacio-temporal adecuado de las reservas del acuífero puede ser un obstáculo para la eficacia de la formulación de políticas y la gestión de los recursos. El desarrollo futuro de políticas y leyes debe tener en cuenta los conocimientos existentes sobre los sistemas de acuíferos. Por lo tanto, la recopilación de datos de monitoreo sobre los recursos hídricos juega un papel importante en la gestión eficaz de las aguas subterráneas (de Chaise-martin et al., 2017).

5.2. Desafíos en común

Los desafíos comunes que se identificaron en los cuatro sitios pilotos son de carácter global y no específicos. De los aportes provenientes de las partes interesadas surgieron cinco desafíos relacionados con la gestión de aguas subterráneas, los cuales se mencionan a continuación:

1. Desarrollar un programa a largo plazo de actividades de monitorización para generar conocimiento sobre el estado de las aguas subterráneas. Este programa debe considerar tanto las necesidades actuales y futuras, como los recursos económicos disponibles para desarrollar el programa. Además, la información generada debe incluir información básica sobre el número, ubicación y tasas de extracción de todos los pozos existentes, así como las características hidroquímicas del agua extraída. Sin esta información, la gestión de las aguas subterráneas será una

- tarea ciega de consecuencias inciertas.
2. Definir puntos de referencia para evaluar la adecuación de la red de monitoreo de aguas subterráneas, considerando tanto la frecuencia de adquisición de datos como la distribución espacial.
 3. Desarrollar y actualizar periódicamente modelos de flujo de aguas subterráneas como herramienta de apoyo a la gestión.
 4. Formular escenarios de gestión apropiados considerando el estado transitorio del acuífero para apoyar la toma de decisiones sobre la explotación de aguas subterráneas.
 5. Desarrollar una herramienta para difundir los resultados del modelo y hacerlos accesibles, gratuitos, incluso interactivos y fáciles de usar. Se deben planificar campañas de difusión para crear conciencia.

6. CONCLUSIÓN

Es importante establecer una estrecha colaboración entre la comunidad científica y los organismos que se encargan de administrar los recursos hídricos, para permitir la transferencia directa del conocimiento obtenido de la investigación a la práctica de gestión.

El problema principal en las zonas de estudio seleccionadas es la sobreexplotación de los acuíferos, a excepción del acuífero costero de Comacchio. Otros temas importantes son la contaminación de los acuíferos debido a las actividades agrícolas y la alta demanda de aguas subterráneas para sustentar las actividades económicas más importantes.

El conocimiento de los grupos implicados sobre el uso de modelos numéricos para la gestión de aguas subterráneas se limita a la aplicación de estos mismos en la planificación a largo plazo y la cuantificación de las reservas.

Desde la perspectiva de las partes interesadas, los sistemas de monitorización de aguas subterráneas en las áreas de estudio son inadecuados. Los resultados destacan la necesidad de introducir y definir parámetros para evaluar la idoneidad de los sistemas de monitoreo, considerando tanto la distribución espacial como temporal de las mediciones y las extracciones de agua subterránea.

La recopilación de datos sobre los recursos de aguas subterráneas tiene un papel relevante en la gestión eficaz y en el desarrollo de políticas y leyes. Esto debería ser una prioridad para estas áreas mediterráneas que se encuentran actualmente bajo estrés hídrico.

En el marco del proyecto RESERVOIR, el objetivo general es abordar los problemas planteados por los implicados mediante la implementación de estrategias efectivas e incluir sus perspectivas en futuras actividades.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo está basado en la investigación realizada por (Bonì et al., 2022) llevado a cabo en el marco del proyecto RESERVOIR: (sustainable groundwater RESources management by integrating earth observation derived monitoring and flow model in Results), financiado por el programa Partnership for Research and Innovation in the Mediterranean Area (PRIMA) apoyado por la Unión Europea (Acuerdo de subvención de 1924; <https://reservoir-prima.org/>).

REFERENCIAS

- Araus, J. L. (2004). The problems of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. *Annals of Applied Biology*, 144(3), 259-272. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00342.x>
- Bakari, A. (2014). Towards Sustainable Groundwater Management in the South-Western Part of the Chad Basin, Nigeria: A Stakeholder Perspective. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(25), 3726-3739. <https://doi.org/10.9734/bjast/2014/10948>
- Béjar-Pizarro, M., Guardiola-Albert, C., García-Cárdenas, R. P., Herrera, G., Barra, A., Molina, A. L., Tessitore, S., Staller, A., Ortega-Becerril, J. A., & García-García, R. P. (2016). Interpolation of GPS and geological data using InSAR deformation maps: Method and application to land subsidence in the alto guadalentín acuífer (SE Spain). *Remote Sensing*, 8(11), 1-18. <https://doi.org/10.3390/rs8110965>
- Bonì, R., Herrera, G., Meisina, C., Notti, D., Béjar-Pizarro, M., Zucca, F., González, P. J., Palano, M., Tomás, R., Fernández, J., Fernández-Merodo, J. A., Mulas, J., Aragón, R., Guardiola-Albert, C., & Mora, O. (2015). Twenty-year advanced DInSAR analysis of severe land subsidence: The Alto Guadalentín Basin (Spain) case study. *Engineering Geology*, 198, 40-52. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.08.014>
- Bonì, R., Teatini, P., Zoccarato, C., Guardiola-Albert, C., Ezquerro, P., Bru, G., Tomás, R., Valdes-Abellan, J., Pla, C., Navarro-Hernández, M. I., Elçi, A., Çaylak, B., Ören, A. H., Shatanawi, K., Mohammad, A. H., Abu Hajar, H., Letterio, T., Genovesi, R., Hreisha, H., ... Meisina, C. (2022). Stakeholders' Perspective on Groundwater Management in Four Water-Stressed Mediterranean Areas: Priorities and Challenges. *Land*, 11(5), 738. <https://doi.org/10.3390/land11050738>
- Bulut, O. F., Duru, B., Çakmak, Ö., Günhan, Ö., Dilek, F. B., & Yetis, U. (2020). Determination of groundwater threshold values: A methodological approach. *Journal of Cleaner Production*, 253. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120001>
- Cerón, J. C., & Pulido-Bosch, A. (1996). Groundwater problems resulting from CO2 pollution and overexploitation in Alto Guadalentín aquifer (Murcia, Spain). *Environmental Geology*, 28(4), 223-228. <https://doi.org/10.1007/s002540050096>
- Chenoweth, J., Hadjinicolaou, P., Bruggeman, A., Lelieveld, J., Levin, Z., Lange, M. A., Xoplaki, E., & Hadjikakou, M. (2011). Impact of climate change on the water resources of the eastern Mediterranean and Middle East region: Modeled 21st century changes and implications. *Water Resources Research*, 47(6). <https://doi.org/10.1029/2010WR010269>
- Correia, F. N. (1999). Water resources in the mediterranean region. *Water International*, 24(1), 22-30. <https://doi.org/10.1080/02508069908692130>
- de Chaisemartin, M., Varady, R. G., Megdal, S. B., Conti, K. I., van der Gun, J., Merla, A., Nijsten, G.-J., & Scheibler, F. (2017). Addressing the groundwater governance challenge. *Freshwater Governance for the 21st Century*, 206.
- El-Naqa, A., Al-Momani, M., Kilani, S., & Hammouri, N. (2007). Groundwater deterioration of shallow groundwater aquifers due to overexploitation in northeast Jordan. *Clean - Soil, Air, Water*, 35(2), 156-166. <https://doi.org/10.1002/clen.200700012>
- Elçi, A., Şimşek, C., Gündüz, O., Baba, A., Acinan, S., Yıldız, N., & Murathan, A. (2015). Simulation of Groundwater Flow in the Gediz River Basin. *EWRA 9th World Congress, June*, 1-12. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4694.6404>

- Ezquerro, P., Guardiola-Albert, C., Herrera, G., Fernández-Merodo, J. A., Béjar-Pizarro, M., & Boni, R. (2017). Groundwater and subsidence modeling combining geological and multi-satellite SAR data over the alto guadalentin aquifer (SE Spain). *Geofluids*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/1359325>
- Ezquerro, P., Tomás, R., Béjar-Pizarro, M., Fernández-Merodo, J. A., Guardiola-Albert, C., Staller, A., Sánchez-Sobrinó, J. A., & Herrera, G. (2020). Improving multi-technique monitoring using Sentinel-1 and Cosmo-SkyMed data and upgrading groundwater model capabilities. *Science of the Total Environment*, 703, 134757. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134757>
- Garduño, H., Van Steenberg, F., & Foster, S. (2010). Stakeholder participation in groundwater management. *GW Mate Briefing Note Series*.
- He, X., Stisen, S., Wiese, M. B., & Henriksen, H. J. (2016). Designing a Hydrological Real-Time System for Surface Water and Groundwater in Denmark with Engagement of Stakeholders. *Water Resources Management*, 30(5), 1785-1802. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1251-8>
- Ibrahim, K. M. (1996). *The Regional Geology of the Al Azraq Area*. Geological mapping division.
- Jasem, A. H., & Alraggad, M. (2010). Assessing Groundwater Vulnerability in Azraq Basin Area by a Modified DRASTIC Index. *Journal of Water Resource and Protection*, 02(11), 944-951. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2010.211112>
- Milano, M., Ruelland, D., Fernandez, S., Dezetter, A., Fabre, J., Servat, E., Fritsch, J. M., Ardo-in-Bardin, S., & Thivet, G. (2013). Current state of Mediterranean water resources and future trends under climatic and anthropogenic changes. *Hydrological Sciences Journal*, 58(3), 498-518. <https://doi.org/10.1080/02626667.2013.774458>
- Mollema, P., Antonellini, M., Gabbianelli, G., Laghi, M., Marconi, V., & Minchio, A. (2012). Climate and water budget change of a Mediterranean coastal watershed, Ravenna, Italy. *Environmental Earth Sciences*, 65(1), 257-276. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1088-7>
- Nieto, P., Custodio, E., & Manzano, M. (2005). Baseline groundwater quality: A European approach. *Environmental Science and Policy*, 8(4), 399-409. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2005.04.004>
- Todo, K., & Sato, K. (2002). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Environmental Research Quarterly*, 66-106.