Mayo 2026

www.ecodes.org



Impulsando la gestión hídrica basada en datos

Exploración del potencial de los espacios de datos en el ecosistema del agua para la mejora de la seguridad hidrológica competencia de la Administración General del Estado

Con el apoyo de:

ZINNAE Clúster para el uso eficiente del agua

ecodes tiempo de actuar

GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

ÍNDICE

Resumen ejecutivo 6
Hallazgos clave 6
Diagnóstico de viabilidad 7
Casos de uso representativos 8
Recomendaciones prioritarias 9
Hoja de ruta resumida 9
1. Introducción y alcance 11
1.1. Contexto y motivación 11
1.2. Objetivo del informe 12
1.3. Preguntas guía 13
1.4. Alcance del informe 13
1.5. Supuestos de partida y límites del análisis 14
1.6. Estructura del documento 15
2. BLOQUE I – CONTEXTO Y REFERENCIAS 16
2.1. Marco normativo, técnico e iniciativas de referencia 17
2.2. Estado del arte y experiencias previas 33
3. BLOQUE II – ECOSISTEMA Y REALIDAD DEL DATO 45
3.1. Ecosistema de datos del agua: datos y actores 46
3.2. Visión del ecosistema por parte de actores relevantes 59
4. BLOQUE III - DIAGNÓSTICO INTEGRADO 76
4.1. Diagnóstico integrado de viabilidad de un espacio de datos hídrico 77
5. BLOQUE IV – CASOS DE USO Y PROPUESTA 92
5.1. Casos de uso representativos y análisis técnico 93
5.2. Recomendaciones y hoja de ruta 111
6. Conclusiones 119
6.1. Conclusiones sobre el marco de oportunidad 119
6.2. Conclusiones sobre el ecosistema de datos y actores 120
6.3. Conclusiones sobre gobernanza, confianza y sensibilidad del dato 120
6.4. Conclusiones sobre el enfoque técnico y los casos de uso 121
6.5. Conclusiones sobre generación de valor y sostenibilidad 122
6.6. Prioridades inmediatas 122
6.7. Siguientes pasos recomendados 123
7. Bibliografía 125

Anexo A. Metodología 131
1. Enfoque general del estudio 131
2. Revisión documental 131
3. Mapeo del ecosistema de actores y datos 132
4. Consulta a actores relevantes 133
5. Criterios de análisis y diagnóstico 134
6. Selección y análisis de casos de uso 134
7. Uso de herramientas de inteligencia artificial generativa 135
8. Limitaciones del estudio 136
9. Trazabilidad entre metodología y estructura del informe 137
ANEXO B. Glosario 138
ANEXO C. Inventario de dominios de datos hídricos 152
Dominio 1: Datos meteorológicos y climáticos 156
Dominio 2: Recursos hidrológicos superficiales 159
Dominio 3: Calidad de aguas superficiales 162
Dominio 4: Aguas subterráneas 165
Dominio 5: Usos y consumos del agua 168
Dominio 6: Calidad del agua de consumo humano 170
Dominio 7: Infraestructuras hidráulicas y operación 173
Dominio 8: Predicción, modelos y escenarios 176
Dominio 9: Datos socioeconómicos, tarifarios y de gobernanza 179
Análisis transversal de los dominios de datos 182
ANEXO D. Mapa de actores del ecosistema de datos del agua 186
1. Administraciones públicas y organismos de cuenca 188
2. Operadores del ciclo urbano del agua 191
3. Usuarios agrarios y comunidades de regantes 193
4. Industria y usuarios intensivos de agua 195
5. Centros de investigación, universidades y centros tecnológicos 197
6. Empresas tecnológicas e integradoras 199
7. Asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía 201
8. Relaciones principales entre actores 203
ANEXO E. Cuestionario para actores del ecosistema de datos hídricos 204
1. Datos de control 205
2. Bloque común para todos los perfiles 206
3. Módulos específicos por perfil 209
ANEXO F. Resultados extendidos de las entrevistas 213

A0. Perfil del panel 214
A1. Contexto y rol en el ecosistema de datos 215
A2. Inventario de datos 216
A3. Acceso actual e interoperabilidad 219
A4. Beneficios esperados 221
A5. Barreras percibidas 222
A6. Condiciones de participación 223
A7. Datos aportables y necesidades de retorno 224
B. Módulos específicos por perfil de actor 225
ANEXO G. Fichas ampliadas de casos de uso 228
G.1. Reporte regulatorio de captaciones y vertidos 228
G.2. Compartición gobernada de datos de redes urbanas de abastecimiento 232
G.3. Servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico 237
G.4. Mercado de compensación hídrica verificada 242

AUTORES

Roberto Casas Nebra

Álvaro Marco Marco

Ricardo Pernía Tejedor

María Luisa Fernández Soler

SOBRE ESTE DOCUMENTO

Editado por: Fundación ECODES

Diseño Gráfico: BAMBAM Studio

Fecha: Mayo 2026

Resumen ejecutivo

La gestión del agua requiere cada vez más capacidad de anticipación, coordinación y toma de decisiones basada en evidencia. La presión sobre los recursos hídricos, la intensificación de sequías e inundaciones, la competencia entre usos urbanos, agrarios, industriales y ambientales, y las exigencias de adaptación al cambio climático hacen necesario mejorar la forma en que se generan, comparten y reutilizan los datos del agua.

El sector hídrico dispone de una base informativa amplia y diversa. Existen datos hidrológicos, meteorológicos, hidrogeológicos, geoespaciales, administrativos, operativos, ambientales, económicos y sociales con alto valor para la planificación, la operación de infraestructuras, el control de calidad, la gestión de riesgos, la eficiencia en los usos del agua, la transparencia y la innovación. Sin embargo, esta información se encuentra distribuida entre múltiples actores, sistemas y escalas territoriales, con distintos niveles de apertura, calidad, frecuencia de actualización, sensibilidad y madurez técnica.

Esta fragmentación limita el aprovechamiento real de los datos disponibles. En muchos casos, la información existe, pero no resulta fácilmente localizable, interpretable, comparable, integrable o reutilizable. Los datos pueden encontrarse en visores, informes, hojas de cálculo, plataformas sectoriales o sistemas internos, con formatos heterogéneos, metadatos incompletos, licencias poco claras o condiciones de acceso no normalizadas. A ello se suman barreras jurídicas, organizativas y de confianza vinculadas a la titularidad del dato, los usos permitidos, la confidencialidad, la sensibilidad comercial o territorial, la seguridad de infraestructuras y la ausencia de retornos claros para quienes producen o custodian información.

En este contexto, los espacios de datos aparecen como una herramienta con potencial para avanzar hacia una gestión hídrica más colaborativa, interoperable y basada en evidencia. No deben entenderse como simples repositorios centralizados, ni como plataformas donde todos los actores deban abrir sus datos sin condiciones, sino como infraestructuras técnicas y organizativas que permiten descubrir, compartir, acceder y reutilizar datos bajo reglas comunes. Su lógica se apoya en la soberanía del dato, la interoperabilidad, la gestión de identidades, las políticas de uso, la trazabilidad, la seguridad, la auditoría y la gobernanza compartida.

El informe analiza la aplicabilidad de este enfoque al ámbito hídrico, revisando el marco normativo y técnico, identificando experiencias e iniciativas de referencia, caracterizando el ecosistema de actores y datos, incorporando la visión de organizaciones relevantes y formulando casos de uso y recomendaciones para un despliegue progresivo.

Hallazgos clave

El primer hallazgo es que existe una ventana de oportunidad favorable. La Estrategia Europea de Datos, el Reglamento de Gobernanza de Datos, el Reglamento de Datos, los espacios comunes europeos, el Plan nacional de Espacios de Datos Sectoriales y las iniciativas de digitalización del ciclo del agua configuran un marco propicio para promover intercambios de datos más seguros, interoperables y orientados al valor. El reto consiste en trasladar estos principios generales a procesos concretos del sector hídrico.

El segundo hallazgo es que el principal problema no es siempre la ausencia de datos, sino la dificultad para reutilizarlos en condiciones adecuadas. El ecosistema del agua dispone de múltiples fuentes de información, pero con niveles desiguales de calidad, documentación, formato, apertura, actualización y sensibilidad. Actuaciones como catalogar datos, mejorar metadatos, clarificar licencias, establecer identificadores estables o distinguir niveles de acceso pueden generar valor antes incluso de desplegar arquitecturas tecnológicas complejas.

El tercer hallazgo es que la confianza es el factor crítico de viabilidad. Los actores necesitan saber quién accede a los datos, para qué finalidad, bajo qué condiciones, con qué responsabilidades, durante cuánto tiempo y con qué garantías. Sin reglas claras de gobernanza, trazabilidad, confidencialidad, control de uso y retorno, la compartición puede percibirse como un riesgo más que como una oportunidad.

El cuarto hallazgo es que no todos los datos deben tratarse igual. El sector hídrico combina datos abiertos y de interés público con información sensible vinculada a consumos individuales, infraestructuras críticas, actividad industrial, salud pública, cumplimiento ambiental o seguridad del suministro. Por ello, el espacio de datos debe diferenciar entre datos abiertos, datos agregados, datos anonimizados, indicadores derivados, datos operativos bajo condiciones y datos restringidos o no compartibles.

El quinto hallazgo es que el despliegue debe orientarse a casos de uso concretos. Un espacio de datos no se justifica por la infraestructura en sí misma, sino por su capacidad para resolver problemas reales: mejorar flujos de reporte, reducir duplicidades, reforzar la trazabilidad, facilitar la supervisión, generar indicadores compartidos, apoyar decisiones operativas, habilitar servicios predictivos o aumentar la transparencia.

Diagnóstico de viabilidad

El diagnóstico integrado muestra que el desarrollo de un espacio de datos hídrico es viable como línea de trabajo, pero debe plantearse de forma gradual, selectiva y orientada a valor. Existen datos, actores, necesidades y marcos de referencia suficientes para avanzar, pero también barreras relevantes que deben abordarse desde el diseño.

Desde el punto de vista del dato, la madurez es desigual. Hay dominios relativamente consolidados, como datos meteorológicos, hidrológicos, geoespaciales o estadísticas públicas, y otros de mayor valor operativo, pero también de mayor sensibilidad, como consumos urbanos, datos de redes, información de regadío, captaciones, vertidos, infraestructuras o actividad industrial. La prioridad inicial debería situarse en datos de baja o media sensibilidad, especialmente aquellos ya publicados, agregados, anonimizados o derivados.

Desde el punto de vista técnico, existen componentes y estándares suficientes para construir una arquitectura mínima viable: catálogos de datos, APIs, conectores, mecanismos de identidad, control de acceso, políticas de uso, validadores, trazabilidad, auditoría e interoperabilidad semántica. Sin embargo, su despliegue debe ser proporcional. En una primera fase, puede ser más eficaz una solución acotada, bien gobernada y centrada en un caso piloto que una arquitectura completa difícil de mantener.

Desde el punto de vista organizativo, el ecosistema presenta capacidades muy heterogéneas. Algunas organizaciones disponen de plataformas avanzadas, sensorización, telelectura, sistemas SCADA, modelos predictivos o equipos técnicos especializados. Otras generan datos valiosos, pero no cuentan con recursos suficientes para prepararlos, documentarlos o compartirlos de forma sostenida. Por ello, el modelo debe contemplar distintos niveles de participación y mecanismos de acompañamiento.

Desde el punto de vista jurídico y de confianza, la gobernanza debe ocupar una posición central. Es necesario definir roles, responsabilidades, reglas de participación, condiciones de acceso, finalidades permitidas, criterios de confidencialidad, procedimientos de autorización, mecanismos de auditoría y formas de resolución de incidencias. La confianza no se genera solo mediante tecnología, sino mediante reglas comprensibles, verificables y aceptadas por los participantes.

Desde el punto de vista del valor, la iniciativa será sostenible solo si ofrece retornos diferenciados. Las administraciones pueden encontrar valor en mejorar la planificación, supervisión y reducción de cargas de reporte. Los operadores, en eficiencia y anticipación de incidencias. Los regantes e industrias, en información útil sobre disponibilidad, riesgo y sostenibilidad. Los centros de investigación y empresas tecnológicas, en el acceso gobernado a datos de calidad y el desarrollo de servicios. Las entidades sociales y la ciudadanía, en mayor transparencia y confianza.

Casos de uso representativos

El informe plantea varios casos de uso para ilustrar cómo podría materializarse el enfoque de espacios de datos en el sector hídrico.

El primer caso es el reporte regulatorio de captaciones y vertidos. Parte de flujos que ya existen, pero que podrían mejorar mediante esquemas de datos normalizados, validación automática, registro de incidencias, trazabilidad de envíos, acuses verificables y reutilización controlada de datos aceptados. Es un caso adecuado para una primera experiencia piloto, porque combina una necesidad real, actores identificables y beneficios claros en términos de calidad, cumplimiento y supervisión.

El segundo caso es la compartición gobernada de datos de redes urbanas de abastecimiento. Los operadores urbanos generan información de gran valor sobre caudales, presiones, consumos, calidad, incidencias, sectorización y rendimiento de redes. Sin embargo, estos datos pueden ser sensibles por razones de seguridad, privacidad, reputación o titularidad. El espacio de datos permitiría articular niveles diferenciados de acceso, compartir indicadores agregados, facilitar la supervisión pública y habilitar servicios de eficiencia sin exponer indiscriminadamente información crítica.

El tercer caso es el desarrollo de servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico. Este escenario requiere integrar fuentes heterogéneas —meteorológicas, hidrológicas, geoespaciales, operativas, históricas y socioeconómicas— para generar información derivada útil para la anticipación de sequías, planificación de recursos, gestión de restricciones o evaluación de vulnerabilidades. Su valor reside en transformar datos dispersos en servicios de apoyo a la decisión.

El cuarto caso, de carácter más exploratorio, es un mercado de compensación hídrica verificada. En este escenario, los datos, modelos e indicadores servirían para acreditar actuaciones de mejora, verificar resultados, evitar doble cómputo, generar certificados trazables y aportar confianza a posibles mecanismos de compensación. Su complejidad es mayor, pero permite visualizar el potencial de los espacios de datos en modelos avanzados de certificación, auditoría y transacción.

Recomendaciones prioritarias

El desarrollo de un espacio de datos hídrico debería comenzar por una primera implementación acotada, no por una infraestructura completa de alcance general. La prioridad debe ser demostrar valor en un caso concreto, con actores comprometidos, datos disponibles, reglas claras y beneficios verificables.

Se recomienda elaborar un catálogo inicial de datos hídricos que permita identificar fuentes, responsables, formatos, frecuencia, calidad, sensibilidad, condiciones de acceso y posibles usos. Este catálogo debe funcionar como herramienta operativa para priorizar datos y detectar oportunidades, no como inventario exhaustivo y cerrado.

También se recomienda definir desde el inicio un marco básico de gobernanza. Este marco debe establecer roles, niveles de acceso, reglas de participación, políticas de uso, criterios de trazabilidad, responsabilidades y mecanismos de resolución de incidencias. La gobernanza debe preceder al despliegue tecnológico, no aparecer como una capa posterior.

En las primeras fases, conviene priorizar datos abiertos, agregados, anonimizados o derivados. Esta estrategia permite reducir riesgos, generar confianza y validar mecanismos de intercambio antes de incorporar datos operativos más sensibles o de mayor valor estratégico.

La arquitectura técnica debe ser mínima pero robusta. Debería incluir, al menos, un catálogo de metadatos, mecanismos de identidad y autorización, APIs o conectores ligeros, validadores cuando proceda, registro de transacciones y políticas de uso comprensibles. La complejidad tecnológica debe crecer solo cuando el caso de uso lo justifique.

Finalmente, se recomienda asegurar retornos concretos para los participantes. La aportación de datos debe vincularse a beneficios tangibles: menor carga administrativa, acceso a información externa, mejora de indicadores, servicios predictivos, apoyo al cumplimiento normativo, visibilidad de buenas prácticas o mejora de la toma de decisiones.

Hoja de ruta resumida

En el horizonte de 0 a 6 meses, la prioridad debería ser preparar las condiciones de arranque. Esto incluye seleccionar el caso piloto, identificar actores participantes, elaborar el catálogo inicial de datos, definir los metadatos mínimos, clasificar la sensibilidad de la

información, establecer el marco básico de gobernanza y concretar los indicadores de éxito del piloto.

Entre 6 y 12 meses, debería implementarse el piloto con un conjunto limitado de actores y datos. Esta fase permitiría probar flujos reales de intercambio, mecanismos de validación, control de acceso, trazabilidad, generación de indicadores y reutilización de resultados. También debería incluir una evaluación técnica, jurídica y organizativa, así como una valoración del retorno obtenido por cada perfil de participante.

Entre 12 y 24 meses, una vez validado el modelo, podría ampliarse progresivamente el alcance. Esta ampliación debería incorporar nuevos actores, nuevas familias de datos y casos de uso adicionales, manteniendo siempre una lógica de proporcionalidad, control y generación de valor. La evolución natural sería avanzar desde datos abiertos o agregados hacia intercambios condicionados de mayor valor, reforzando la interoperabilidad, la automatización y la conexión con iniciativas nacionales y europeas de espacios de datos.

El informe concluye que el reto principal no es compartir más datos, sino compartirlos mejor: con finalidad, contexto, garantías, trazabilidad y retorno. Desde esta perspectiva, los espacios de datos pueden convertirse en una herramienta relevante para una nueva gobernanza del agua, más colaborativa, transparente y basada en evidencia.

Esta investigación se ha desarrollado con el apoyo del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través de la convocatoria para el año 2025 de subvenciones en régimen de concurrencia competitiva “línea a” para el desarrollo de actividades para el interés general consideradas de interés sociales, en el ámbito de la investigación científica y técnica y protección al medio ambiente en materias de competencia estatal.

1. Introducción y alcance

1.1. Contexto y motivación

La gestión del agua se enfrenta a un escenario de creciente complejidad. La presión sobre los recursos hídricos, la intensificación de los episodios de sequía e inundación, la competencia entre usos urbanos, agrarios, industriales y ambientales, y las exigencias asociadas a la adaptación al cambio climático obligan a mejorar la capacidad de anticipación, planificación y toma de decisiones. En este contexto, la disponibilidad de datos fiables, interoperables y reutilizables se ha convertido en una condición cada vez más relevante para avanzar hacia una gestión hídrica más eficiente, resiliente y sostenible.

El sector del agua genera y utiliza un volumen significativo de información. Existen datos hidrológicos, meteorológicos, hidrogeológicos, geoespaciales, operativos, administrativos, ambientales, económicos y sociales que permiten caracterizar el estado del recurso, analizar presiones, evaluar riesgos, optimizar infraestructuras y apoyar decisiones públicas y privadas. Sin embargo, esta información se encuentra distribuida entre múltiples actores, sistemas y escalas territoriales. Administraciones públicas, organismos de cuenca, operadores urbanos, comunidades de regantes, industrias, centros de investigación, empresas tecnológicas y entidades sociales producen o consumen datos con distintos niveles de apertura, calidad, sensibilidad, frecuencia de actualización y madurez técnica.

Esta fragmentación limita el valor potencial de los datos disponibles. En muchos casos, la información existe, pero no resulta fácilmente localizable, comparable, integrable o reutilizable. Los datos pueden encontrarse en visores, informes, hojas de cálculo, plataformas sectoriales o sistemas internos, con formatos heterogéneos, metadatos incompletos, licencias poco claras o condiciones de acceso no normalizadas. A ello se suman barreras jurídicas, organizativas y de confianza: dudas sobre la titularidad del dato, temor a usos no previstos, sensibilidad comercial o territorial, riesgo de interpretación descontextualizada, ausencia de incentivos y desigualdad de capacidades entre actores.

Los espacios de datos surgen como una respuesta posible a este reto. No se plantean como simples repositorios centralizados, ni como plataformas donde todos los actores deban ceder sus datos sin condiciones, sino como infraestructuras técnicas y organizativas que permiten compartir, descubrir, acceder y reutilizar datos bajo reglas comunes. Su lógica se basa en la interoperabilidad, la soberanía del dato, la trazabilidad, la gestión de identidades, las políticas de uso, la seguridad y la gobernanza compartida. De este modo, los datos pueden mantenerse en origen bajo el control de sus titulares o custodios, mientras se habilitan mecanismos fiables para su intercambio y reutilización.

En el ámbito hídrico, este enfoque resulta especialmente pertinente. La gestión del agua requiere integrar información procedente de fuentes muy diversas y ponerla al servicio de finalidades concretas: planificación hidrológica, gestión de sequías, control de calidad, reducción de pérdidas, eficiencia en el riego, seguimiento de captaciones y vertidos, evaluación de riesgos, cumplimiento normativo, transparencia, innovación tecnológica o

desarrollo de servicios predictivos. La posibilidad de articular estos flujos mediante un espacio de datos puede contribuir a superar la lógica de silos, mejorar la confianza entre actores y generar valor público y privado a partir de información ya existente.

El momento actual es, además, favorable para explorar esta posibilidad. La Estrategia Europea de Datos, el Reglamento de Gobernanza de Datos, el Reglamento de Datos, el impulso a los espacios comunes europeos de datos, el Plan nacional de Espacios de Datos Sectoriales y las iniciativas de digitalización del ciclo del agua configuran un marco institucional que promueve el intercambio seguro e interoperable de datos. En paralelo, la creciente sensorización, el despliegue de plataformas IoT, los sistemas de telelectura, los modelos predictivos, los gemelos digitales y las herramientas de analítica avanzada están aumentando la disponibilidad de información útil para la gestión del recurso.

No obstante, la existencia de datos y tecnología no garantiza por sí misma la viabilidad de un espacio de datos hídrico. Su desarrollo exige comprender el ecosistema real sobre el que se pretende actuar, identificar los actores implicados, analizar qué datos pueden compartirse y bajo qué condiciones, valorar los beneficios esperados, reconocer las barreras existentes y definir casos de uso suficientemente concretos para demostrar valor. Este informe se sitúa precisamente en ese punto: no pretende diseñar una infraestructura tecnológica cerrada, sino analizar la aplicabilidad del enfoque de espacios de datos al sector del agua y formular recomendaciones para avanzar de forma progresiva, útil y gobernada.

1.2. Objetivo del informe

El objetivo general de este informe es analizar el potencial de los espacios de datos como instrumento para una gestión hídrica más sostenible, colaborativa y basada en evidencia, identificando condiciones de viabilidad, oportunidades de aplicación, barreras de adopción y recomendaciones estratégicas para su desarrollo en el ecosistema del agua.

De forma específica, el informe persigue cinco objetivos complementarios:

1. Revisar el marco normativo, técnico e institucional aplicable a los espacios de datos, con especial atención a su encaje en el sector del agua.
2. Identificar experiencias, iniciativas y referencias previas que permitan extraer aprendizajes útiles para el diseño de un espacio de datos hídrico.
3. Caracterizar el ecosistema de datos del agua, atendiendo a actores, roles, tipos de datos, condiciones de acceso, niveles de sensibilidad y capacidades existentes.
4. Incorporar la visión de actores relevantes del sector, recogiendo su percepción sobre beneficios, riesgos, barreras, condiciones de participación y posibles retornos.
5. Formular un diagnóstico integrado, casos de uso representativos y recomendaciones para orientar una hoja de ruta de despliegue progresivo.

El informe tiene, por tanto, una finalidad aplicada. Su propósito no es únicamente describir el concepto de espacio de datos, sino valorar cómo podría trasladarse al ámbito hídrico de

forma realista. Para ello, combina revisión documental, análisis técnico, caracterización del ecosistema, consulta a actores y formulación de casos de uso.

1.3. Preguntas guía

El análisis se organiza en torno a una serie de preguntas guía que permiten estructurar el trabajo y conectar los distintos bloques del informe:

- ¿Qué marco normativo y técnico condiciona actualmente la creación de espacios de datos en Europa y en España?
- ¿Qué iniciativas, estándares y experiencias previas pueden servir de referencia para un espacio de datos aplicado al agua?
- ¿Qué actores generan, custodian, integran, explotan o utilizan datos hídricos, y qué papel podrían desempeñar en un futuro espacio de datos?
- ¿Qué tipos de datos existen en el ecosistema hídrico y cuáles presentan mayor potencial inicial de compartición o reutilización?
- ¿Qué barreras técnicas, jurídicas, organizativas y culturales limitan actualmente la circulación de datos en el sector del agua?
- ¿Qué condiciones de confianza, gobernanza, trazabilidad y retorno serían necesarias para que los actores participen?
- ¿Qué casos de uso permiten ilustrar de forma concreta el valor de un espacio de datos hídrico?
- ¿Qué hoja de ruta permitiría avanzar desde una primera implementación acotada hacia un modelo más amplio, interoperable y sostenible?

Estas preguntas no se abordan como cuestiones independientes, sino como partes de una misma reflexión. La viabilidad de un espacio de datos hídrico depende de la relación entre regulación, tecnología, datos disponibles, actores, incentivos, gobernanza y valor generado.

1.4. Alcance del informe

El informe se centra en la aplicabilidad de los espacios de datos al ámbito de la gestión hídrica, entendida en sentido amplio. Incluye la planificación, seguimiento y gestión del recurso; la operación de infraestructuras; el ciclo urbano del agua; los usos agrarios e industriales; la calidad del agua; la gestión de riesgos; la sostenibilidad; y la generación de servicios basados en datos.

El alcance territorial se plantea principalmente desde el contexto español, con especial atención al marco europeo y a la posible aplicación en ecosistemas territoriales concretos. El análisis incorpora referencias al contexto de Aragón cuando resulta pertinente, por la presencia de actores relevantes, capacidades tecnológicas, actividad investigadora,

operadores, regadío, industria usuaria de agua y entidades de intermediación vinculadas al sector.

El informe no pretende realizar un inventario exhaustivo de todos los datos hídricos existentes en España ni mapear de forma completa todos los actores del sector. Su enfoque es exploratorio y estratégico. Busca identificar familias de datos, perfiles de actores, condiciones de acceso y patrones de intercambio suficientemente representativos para valorar la viabilidad del enfoque y orientar futuras fases de diseño o piloto.

Tampoco se plantea como una especificación técnica cerrada de una arquitectura de espacio de datos. Se describen componentes, principios y requisitos mínimos —catálogos, conectores, APIs, identidad, control de acceso, políticas de uso, trazabilidad, auditoría e interoperabilidad semántica—, pero el objetivo no es seleccionar una solución tecnológica concreta ni definir un pliego de implementación. La arquitectura deberá concretarse en fases posteriores, en función de los casos de uso priorizados, los actores participantes y las condiciones de gobernanza acordadas.

Del mismo modo, el informe no presupone que todos los datos deban abrirse ni compartirse de manera indiscriminada. Una parte relevante del análisis se dedica precisamente a distinguir entre datos abiertos, datos agregados, datos anonimizados, indicadores derivados, datos operativos bajo condiciones y datos sensibles o críticos. Esta diferenciación es esencial para evitar aproximaciones simplistas y para plantear modelos de acceso proporcionados al valor, la sensibilidad y los riesgos asociados a cada tipo de información.

1.5. Supuestos de partida y límites del análisis

El informe parte de varios supuestos de trabajo.

El primero es que el sector del agua dispone de una base de datos amplia y valiosa, pero fragmentada. El problema principal no es siempre la ausencia de información, sino la dificultad para descubrirla, interpretarla, integrarla y reutilizarla bajo condiciones claras.

El segundo supuesto es que la tecnología disponible permite avanzar hacia modelos de intercambio más interoperables y seguros, pero que la barrera principal no es exclusivamente técnica. La confianza, la gobernanza, la claridad jurídica, la definición de roles, los incentivos y la capacidad de mantenimiento son factores, igual o más determinantes.

El tercer supuesto es que un espacio de datos hídrico debe desarrollarse de forma progresiva. No parece realista plantear desde el inicio una infraestructura completa que integre todos los actores y todas las familias de datos. Resulta más adecuado comenzar con casos de uso acotados, datos de sensibilidad gestionable, actores tractores y beneficios verificables.

El cuarto supuesto es que la generación de valor debe ser explícita para todos los participantes. Un espacio de datos no será sostenible si se percibe únicamente como una nueva obligación de reporte o como una carga adicional para quienes producen o custodian información. Debe ofrecer retornos concretos: reducción de cargas administrativas, mejora de la planificación, acceso a información externa, servicios

predictivos, indicadores comparativos, apoyo al cumplimiento normativo, eficiencia operativa, transparencia o capacidad de innovación.

El análisis presenta también límites. La consulta a actores tiene carácter exploratorio y cualitativo, por lo que sus resultados no deben interpretarse como una representación estadística del conjunto del sector. Asimismo, algunas familias de datos sensibles, como consumos individuales, información industrial específica, datos de infraestructuras críticas o datos operativos en tiempo real, requieren un análisis jurídico y técnico más detallado antes de plantear su integración en un piloto. Finalmente, las recomendaciones formuladas deben entenderse como orientaciones estratégicas y no como decisiones cerradas de implementación.

1.6. Estructura del documento

El informe se organiza en cuatro bloques principales, además de esta introducción, las conclusiones y los anexos.

El **Bloque I**, dedicado al contexto y referencias, revisa el marco normativo, técnico e institucional de los espacios de datos y analiza experiencias previas relevantes. Este bloque permite establecer las condiciones regulatorias, arquitectónicas y estratégicas que deben considerarse antes de trasladar el enfoque al sector del agua.

El **Bloque II** analiza el ecosistema y la realidad del dato. En primer lugar, identifica actores, roles, familias de datos y condiciones actuales de acceso en el ámbito hídrico. En segundo lugar, incorpora la visión de actores relevantes del ecosistema, recogida mediante cuestionario y entrevistas complementarias. Este bloque permite contrastar el marco conceptual con la realidad operativa y organizativa del sector.

El **Bloque III** formula un diagnóstico integrado. A partir de los bloques anteriores, valora la madurez del ecosistema en dimensiones de dato, técnica, organizativa, jurídica, de confianza y de valor. También identifica oportunidades, barreras y requisitos mínimos para una primera implementación viable.

El **Bloque IV** desarrolla casos de uso representativos y una propuesta de hoja de ruta. Los casos permiten aterrizar el valor del espacio de datos en situaciones concretas, como el reporte regulatorio, la compartición gobernada de datos urbanos, los servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico o la compensación hídrica verificada. A partir de ellos se formulan recomendaciones técnicas, organizativas y de gobernanza para orientar un despliegue progresivo.

Finalmente, el documento incluye unas conclusiones orientadas a sintetizar los principales aprendizajes, priorizar actuaciones inmediatas y proponer siguientes pasos. Los anexos recogen información metodológica, glosario, inventario de datos, mapa de actores, guía de entrevistas, resultados extendidos y fichas ampliadas de casos de uso.

2. BLOQUE I – CONTEXTO Y REFERENCIAS

El análisis de un espacio de datos hídrico requiere partir de un marco común de referencias. Antes de abordar el ecosistema de actores, los datos disponibles o los casos de uso, es necesario comprender el contexto normativo, técnico e institucional que condiciona la compartición de datos en Europa, en España y, de forma específica, en el ámbito del agua.

Este bloque sitúa el informe dentro de la evolución reciente de la economía del dato. La protección de datos personales, la gobernanza europea de los datos, la Ley de Datos, las iniciativas nacionales de espacios de datos sectoriales y la normativa propia del dominio hídrico configuran un entorno exigente, pero también favorable para avanzar hacia modelos de intercambio más seguros, interoperables y orientados al valor público y privado.

La dimensión normativa resulta especialmente relevante porque los espacios de datos no se limitan a resolver un problema tecnológico. Su viabilidad depende de que los participantes puedan compartir información sin perder el control sobre sus datos, con garantías jurídicas, trazabilidad, reglas de uso claras y mecanismos de confianza. En el sector del agua, esta necesidad se acentúa por la convivencia de datos ambientales, operativos, personales, industriales y estratégicos.

Junto al marco regulatorio, el bloque introduce la arquitectura técnica de los espacios de datos. Se revisan los principios de federación, soberanía del dato, interoperabilidad, seguridad, gestión de identidades, catálogos, conectores, políticas de uso y auditoría. Estos componentes permiten diferenciar un espacio de datos de un repositorio centralizado o de una simple plataforma de intercambio documental.

Asimismo, se presentan las principales iniciativas y estándares de referencia que están configurando el ecosistema europeo, entre ellas IDSA, Gaia-X, DSSC, FIWARE y otras aproximaciones orientadas a facilitar infraestructuras comunes de datos. La finalidad no es describir de forma exhaustiva todos los marcos existentes, sino identificar aquellos elementos que pueden ser útiles para diseñar un espacio de datos aplicable al dominio hídrico.

El bloque incorpora también una revisión del estado del arte y de experiencias previas, tanto europeas como nacionales, relacionadas con espacios de datos, plataformas sectoriales e iniciativas de compartición de información en agua, medioambiente, ciudades inteligentes, energía o industria. Esta revisión permite extraer patrones, lecciones aprendidas y factores de éxito o riesgo que pueden orientar el diseño posterior.

Desde esta perspectiva, el Bloque I actúa como base conceptual del informe. Su aportación principal es establecer qué condiciones normativas, técnicas y estratégicas deben tenerse en cuenta antes de analizar el ecosistema real del dato hídrico. Sobre esta base se podrán valorar, en los bloques posteriores, la madurez del sector, las oportunidades existentes, las barreras de adopción y la viabilidad de casos de uso concretos.

2.1. Marco normativo, técnico e iniciativas de referencia

Marco normativo en materia de datos

El marco normativo aplicable a los espacios de datos no depende de una única norma, sino de la combinación de varios niveles regulatorios. En el caso del agua, confluyen la regulación europea sobre datos, privacidad e interoperabilidad; el despliegue nacional de espacios de datos sectoriales; y las obligaciones propias del dominio hídrico. La figura siguiente sintetiza estos tres planos y permite situar las referencias normativas que se desarrollan en los apartados posteriores.

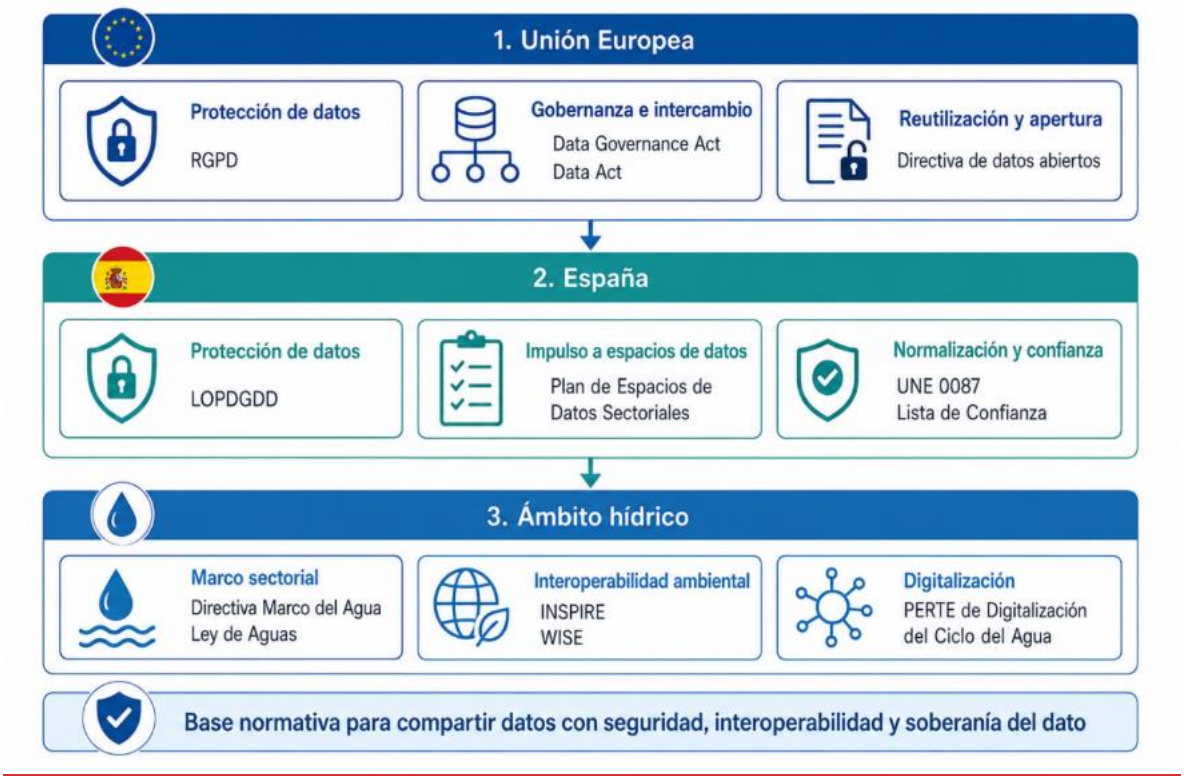


Figura 1. Síntesis del marco normativo aplicable al desarrollo de espacios de datos en el ámbito hídrico, organizado en tres niveles complementarios: Unión Europea, contexto nacional español y sector del agua.

Protección de datos personales en la UE y otros modelos globales

La Unión Europea se caracteriza por un enfoque regulatorio basado en los derechos fundamentales en materia de datos, en contraste con modelos más permisivos como el de Estados Unidos o más controlados por el Estado como el de China [1]. El ejemplo emblemático es el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de 2016 (aplicable desde 2018), que refuerza la protección de datos personales en toda la UE [2]**.** El RGPD consagra el derecho de las personas al control sobre sus datos personales y exige a empresas y organismos obligaciones estrictas de transparencia, seguridad y respeto de la privacidad [2],[3]**.**

Este marco europeo contrasta con la ausencia de una ley federal integral de privacidad en EE.UU., donde predominan leyes sectoriales y un enfoque de autorregulación impulsado

por el mercado [4]. De hecho, Estados Unidos carece de un conjunto unificado de leyes de privacidad y ha dejado amplio margen a las empresas para definir estándares, si bien estados como California han promulgado normas inspiradas en el RGPD (p. ej., la CCPA) [5]. Por su parte, países como China han adoptado recientemente leyes de protección de datos (Ley PIPL de 2021) con ciertas similitudes al modelo europeo, aunque en un contexto de fuerte intervención estatal [6].

En suma, Europa ha asumido un rol pionero regulatorio, situando la protección de datos como derecho fundamental y condicionando la economía digital a esos valores, lo que forma parte de su «modelo basado en derechos» frente al modelo estadounidense "de mercado" y el chino "de Estado". Esta sensibilidad normativa europea influye directamente en cómo se conciben las iniciativas de compartición de datos, buscando siempre salvaguardar la privacidad y autodeterminación informativa.

Estrategia Europea de Datos y regulación para la economía del dato

Más allá de los datos personales, la UE ha desarrollado en los últimos años un ambicioso paquete normativo para facilitar el intercambio de datos entre sectores y países, impulsando lo que denomina la "economía del dato" y la creación de un mercado único de datos. Uno de los hitos clave es la Estrategia Europea de Datos lanzada en febrero de 2020, que trazó la visión de crear espacios comunes europeos de datos en dominios estratégicos (salud, industria, energía, agricultura, movilidad, entre otros) [7]. Para materializar esta visión, la UE aprobó dos reglamentos de gran relevancia: el Reglamento (UE) 2022/868 de Gobernanza de Datos (Data Governance Act, DGA) y el Reglamento (UE) 2023/2854 de Ley de Datos (Data Act).

El Reglamento de Gobernanza de Datos, vigente desde septiembre de 2023, establece mecanismos para facilitar el intercambio de datos que no pueden hacerse abiertos, crea un marco para nuevos intermediarios de datos y promueve la creación de espacios de datos comunes europeos con garantías de confianza [8]. Por su parte, el Reglamento de Ley de Datos, en vigor desde enero de 2024 (aplicable a partir de septiembre de 2025), fija normas armonizadas sobre acceso justo y uso de datos en la UE [9]. Su objetivo es garantizar la equidad en el intercambio de datos, aumentando la transparencia, dando seguridad jurídica a empresas y ciudadanos, e incluso obligando a compartir datos con el sector público en situaciones excepcionales (p. ej. emergencias).

Ambas normas, DGA y Data Act, se complementan para conformar un marco jurídico integral: la DGA habilita la reutilización de ciertos datos públicos (ej. datos altamente sensibles) y regula intermediarios y altruismo de datos; el Data Act se centra en datos del sector privado e IoT, derechos de usuarios sobre datos generados por dispositivos, interoperabilidad y portabilidad entre proveedores de servicios en la nube, etc. Con estas regulaciones, la UE busca equilibrar la libre circulación de datos con la soberanía y confianza, cimentando las bases legales para los espacios de datos europeos [7].

Es importante señalar que este esfuerzo normativo europeo no tiene equivalente a nivel internacional por su alcance: la UE se coloca a la vanguardia regulatoria, mientras que en otras regiones las iniciativas de datos compartidos son más limitadas o fragmentarias. Por ejemplo, en EE.UU. se fomenta la apertura de datos gubernamentales y ciertas colaboraciones público-privadas, pero no existe un programa integral de "espacios de

datos” con respaldo normativo comparable, y en Asia algunas economías exploran “data trusts” o intercambios de datos sectoriales, aunque sin un marco común como el europeo.

Desarrollo normativo en España

A nivel nacional, España ha adaptado e impulsado esta agenda europea con diversas acciones. En cuanto a protección de datos personales, España incorporó plenamente el RGPD a través de la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de derechos digitales, reforzando la tradición protectora española. Adicionalmente, España cuenta con normativa de reutilización de la información del sector público (Ley 37/2007 y su reforma por Ley 18/2015, actualmente actualizadas según la Directiva (UE) 2019/1024 de datos abiertos) que facilita la publicación de datos abiertos.

No obstante, lo más destacado son las iniciativas recientes para promover espacios de datos a nivel nacional. En noviembre de 2024, el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital presentó el Plan de Impulso de los Espacios de Datos Sectoriales, con la misión de desarrollar ecosistemas de compartición y explotación de datos interoperables y seguros en todos los sectores estratégicos de la economía española, asegurando la convergencia con las iniciativas europeas [10]. Este plan se elaboró colaborativamente (incluyendo una consulta pública en forma de Manifestación de Interés) y detectó las necesidades y grado de madurez de distintos sectores respecto a la economía del dato.

En línea con el Plan, España aprobó en 2025 la primera Especificación UNE 0087:2025 “Definición y caracterización de los Espacios de Datos”, un estándar nacional que establece un marco común de principios y requisitos para crear y operar espacios de datos [11]. Esta normativa UNE, impulsada por el Centro de Referencia de Espacios de Datos (CRED) en colaboración con la Asociación Española de Normalización, define tres pilares clave para los espacios de datos: interoperabilidad, gobernanza y creación de valor, proporcionando seguridad jurídica, confianza y un lenguaje técnico común en la economía del dato. La publicación de la UNE 0087 se considera un hito que acelera el despliegue de espacios de datos en todos los sectores, favorece la sostenibilidad de estos ecosistemas, fomenta la colaboración público-privada alineada con Europa, y promueve la soberanía del dato y nuevas oportunidades de negocio en España.

En paralelo, el Gobierno español ha establecido la figura de la “Lista de Confianza de Espacios de Datos”, regulada por la Orden TDF/1207/2025, de 27 de octubre de 2025. Esta lista de confianza –gestionada por la Secretaría de Estado de Digitalización e I.A.– actúa como un registro oficial de espacios de datos que cumplen con unos requisitos mínimos de confiabilidad, interoperabilidad y buen gobierno [12]. Su objetivo es aportar transparencia y certeza al incipiente mercado de espacios de datos, ofreciendo garantías a las empresas que decidan invertir o participar en ellos. Para inscribirse, un espacio de datos debe acreditar su naturaleza, fines y el cumplimiento de criterios objetivos en materia organizativa, técnica y legal.

Estas iniciativas normativas nacionales (Plan sectorial, estándar UNE, lista de confianza) muestran la apuesta de España por liderar, junto a Europa, la transición hacia una economía del dato segura y federada. Cabe mencionar que la Agencia Española de Protección de Datos (AEPD) también ha mostrado interés en este ámbito, publicando guías como “Aproximación a los espacios de datos desde la perspectiva de la normativa

de protección de datos" (2022) [3], para orientar a responsables de datos en cómo compatibilizar los espacios de datos con las exigencias del RGPD. En definitiva, España está desarrollando un marco facilitador (normativo y de apoyo) para que empresas y administraciones compartan datos con confianza, complementando el robusto marco legal europeo.

Normativa específica en el sector del agua

En el dominio hídrico, la regulación ha priorizado tradicionalmente la gestión ambiental y la garantía del derecho humano al agua, pero cada vez cobra más relevancia el tratamiento de los datos asociados. A nivel europeo, el agua es un recurso altamente regulado, con obligaciones de monitoreo y reporte de datos a distintos niveles [13].

La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) obliga a los Estados miembros a recabar y compartir con la Comisión Europea y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) gran cantidad de datos sobre calidad de aguas, caudales, ecosistemas acuáticos, etc., a través del sistema WISE (Water Information System for Europe) [14]. Asimismo, la Directiva INSPIRE (2007/2/CE) estableció estándares para compartir datos espaciales ambientales, incluyendo datos hidrográficos (redes de ríos, cuencas, aguas subterráneas) de forma interoperable [15]. Estos marcos garantizan que una parte significativa de los datos del agua de carácter ambiental se compartan entre administraciones públicas y con el público bajo estándares comunes.

Sin embargo, la gestión del agua también genera datos sensibles: por un lado, datos personales (por ejemplo, consumos de agua a nivel domiciliario o de abonados, que pueden revelar hábitos de los usuarios y por tanto están protegidos por privacidad – se aplicaría RGPD en estos casos); por otro lado, datos industriales y operativos de empresas de agua (eficiencia de redes, averías, calidad del servicio) que a menudo son confidenciales. Esto ha resultado en fragmentación y reticencias en el intercambio de datos en el sector: las empresas y organismos tienden a conservar los datos ("data retention") por motivos comerciales o de seguridad, y suelen considerarlos un activo propio [13].

No existe aún una normativa sectorial específica que obligue a compartir datos entre actores del agua, más allá de requisitos de reporte a reguladores y transparencia limitada. No obstante, se observan tendencias normativas que impulsan la digitalización y la apertura de datos en agua. La reciente Estrategia de Resiliencia del Agua de la UE reconoce la necesidad de aprovechar datos y herramientas digitales para enfrentar el estrés hídrico y el cambio climático [16]. De hecho, la Comisión Europea ha apuntado la creación de un futuro Espacio Europeo de Datos del Agua como parte del paquete de datos y resiliencia climática [17] – una iniciativa que integraría datos dispersos de recursos hídricos, infraestructura hidráulica, calidad, etc., para mejorar la gestión y la innovación.

En España, la Ley de Aguas y normativas derivadas (p. ej. planes hidrológicos) obligan a publicar informes periódicos y ciertos datos abiertos (por ejemplo, datos diarios de embalses, calidad de ríos) a través del Ministerio para la Transición Ecológica y confederaciones hidrográficas. Además, programas como el PERTE de Digitalización del Ciclo del Agua (2022) [18] destinan inversiones para sensorización de redes, sistemas de información integrados (como el futuro Sistema Nacional de Información en el Agua), y

promoción de tecnologías de datos en la gestión hídrica. Como ejemplo de sensibilidad normativa, dicho PERTE incluye componentes para asegurar que los datos generados por nuevos sistemas digitales de agua se compartan entre administraciones y operadores, respetando a la vez la privacidad de los ciudadanos.

En resumen, el marco normativo hídrico está evolucionando para reconocer el valor de los datos: se mantienen las estrictas exigencias ambientales (reporte a AEMA, cumplimiento de estándares de calidad), se incorporan consideraciones de protección de datos personales (p.ej., en telegestión de contadores), y se vislumbra en Europa un impulso hacia un espacio común de datos del agua que aproveche la infraestructura legal general (DGA, Data Act) para facilitar la innovación respetando la soberanía del dato.

Esto plantea desafíos interesantes: combinar la apertura de datos ambientales (que suelen ser públicos) con la protección de datos personales y secretos empresariales, todo dentro de un ecosistema confiable. En lo sucesivo, cualquier espacio de datos hídrico deberá alinearse tanto con la normativa transversal de datos (RGPD, DGA, Data Act) como con las obligaciones sectoriales (ej: garantizar que compartir datos no vulnere la seguridad de infraestructuras críticas de agua, o que cumpla la Directiva NIS2 en ciberseguridad, etc.). La sensibilidad europea hacia los datos –desde la privacidad hasta la sostenibilidad medioambiental– imprime así un carácter muy exigente pero necesario al marco normativo que guiará los espacios de datos del agua.

Marco Técnico de los Espacios de Datos (Arquitectura e Iniciativas)

Concepto y principios fundamentales

Un espacio de datos se define, según la visión europea, como un ecosistema colaborativo en el que distintos participantes pueden compartir, intercambiar y utilizar datos de forma voluntaria, segura y bajo reglas comunes de gobernanza que aseguran la soberanía del dato y la confianza entre las partes [7], [19].

A diferencia de los enfoques centralizados (p. ej. un lago de datos o plataforma única), un espacio de datos es típicamente una infraestructura federada y descentralizada: los datos permanecen en origen bajo el control de sus propietarios, pero pueden ser descubiertos y accedidos por otros miembros del espacio conforme a políticas de uso definidas por los dueños de los datos. En otras palabras, el espacio de datos actúa como un “mercado” o entorno neutral donde se intercambian datos de forma estandarizada y confiable, sin necesidad de ceder completamente el control a un tercero.

Esta diferencia entre centralización y federación es clave para entender la lógica de los espacios de datos. La figura siguiente resume el contraste entre concentrar los datos en una plataforma común y habilitar su intercambio manteniéndolos bajo control de sus titulares.

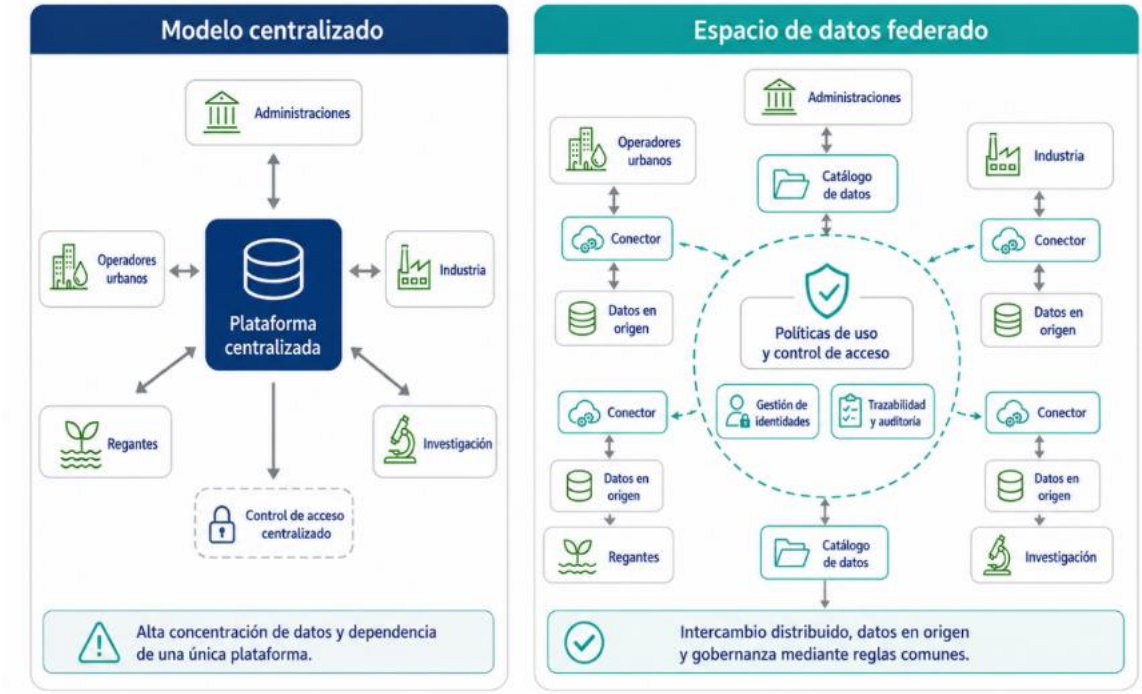


Figura 2. Comparación entre un modelo centralizado, basado en la concentración de datos en una única plataforma, y un espacio de datos federado, en el que los datos permanecen en origen y se comparten mediante conectores, catálogo, políticas comunes, identidad y trazabilidad.

Los principios rectores incluyen la interoperabilidad técnica y semántica, la seguridad en las transacciones de datos, la gestión de identidades y permisos robusta, y mecanismos de trazabilidad y auditoría de quién accede a qué datos bajo qué condiciones. Asimismo, suele enfatizarse la apertura y escalabilidad: un espacio de datos debe permitir la incorporación de nuevos participantes fácilmente y la federación con otros espacios similares, evitando crear silos. Estos principios han sido plasmados en modelos de referencia que guían la arquitectura técnica.

Componentes arquitectónicos comunes

Si bien cada implementación puede variar, típicamente un espacio de datos se compone de varios bloques funcionales fundamentales [20]. La figura siguiente ofrece una visión de conjunto de estos componentes antes de describirlos individualmente.



Figura 3. Componentes arquitectónicos comunes de un espacio de datos y relación con los principios transversales de seguridad, soberanía del dato y trazabilidad.

- **Gestión de Identidad y Confianza**

Este componente ofrece mecanismos para autenticar a las organizaciones y personas participantes y garantizar que solo entidades de confianza formen parte. Esto suele implicar una Autoridad de identidad o Proveedor de identidad federado, que emite credenciales digitales (certificados, tokens) a cada miembro del espacio de datos.

Por ejemplo, en muchos proyectos se utiliza infraestructura de clave pública (PKI) con certificados X.509 para identificar a cada proveedor/consumidor de datos, complementado con listas blancas ("listas de confianza") de participantes aprobados. Iniciativas europeas como eIDAS 2.0 apuntan a facilitar identidades digitales verificables que podrían integrarse en espacios de datos para identificar empresas o ciudadanos con garantías.

La confianza no es solo técnica sino también organizativa: muchos espacios de datos definen un "acuerdo de participación" o *rulebook* que los miembros deben firmar, comprometiéndose a ciertas buenas prácticas y sometiéndose a auditorías/certificaciones. El objetivo es crear un círculo de confianza donde cada actor sabe con quién está tratando (identidad verificada) y que existen políticas comunes que rigen la participación.

- **Conectores de Datos (Data Connectors)**

Es la pieza clave que despliegan los participantes para compartir/consumir datos. Un conector es un componente de software que se instala en la infraestructura de cada proveedor de datos, permitiendo ofrecer conjuntos de datos o servicios de forma estándar al ecosistema.

Los conectores implementan interfaces y protocolos comunes (por ejemplo APIs REST/HTTP, mensajería, etc.) y son capaces de aplicar políticas de uso a los datos que gestionan. Esto significa que un conector no solo transmite datos, sino que incorpora lógica para, por ejemplo, cifrar los datos, anonimizarlos si procede, verificar si el consumidor tiene permiso (chequeando una autorización o contrato) y registrar la transacción para auditoría.

En los espacios de datos inspirados en la arquitectura IDS (International Data Spaces), el conector es un elemento certificado que garantiza un entorno de ejecución confiable; algunos incluso operan con enclaves seguros de hardware para asegurar que los datos no sean mal usados. Ejemplos: El IDS Connector de la IDSA, o el Eclipse Dataspace Connector (de código abierto) son implementaciones de referencia. En esencia, los conectores crean una malla federada donde cada nodo comparte y consume datos bajo condiciones controladas – a diferencia de un repositorio central, aquí cada organización mantiene su conector y con él, el control directo sobre sus datos.

- **Catálogo de Datos y Servicios (Metadata Broker)**

Para que los datos disponibles se puedan encontrar dentro del espacio, suele haber uno o varios *brokers* de metadatos o catálogos federados. Los proveedores registran en el catálogo la descripción de los *datasets* o APIs que ofrecen (metadatos como título, esquema, formato, condiciones de acceso, etc.). Los consumidores pueden buscar en el catálogo qué datos existen en el espacio.

El catálogo no almacena los datos en sí, sino referencias y descripciones, actuando como “páginas amarillas”. Esto requiere acordar estándares semánticos para las descripciones; se usan a menudo vocabularios como DCAT-AP (perfil de catálogo de datos de la UE) para describir conjuntos de datos.

Además, en un entorno descentralizado, puede haber múltiples catálogos interconectados (cada uno mantenido por alguna entidad del espacio, federados entre sí). Un ejemplo práctico es el Catálogo Federado que propone Gaia-X: múltiples nodos de catálogo sincronizan la información de recursos disponibles. La función del broker es esencial para la descubribilidad – sin él, un participante no sabría qué datos existen más allá de sus socios conocidos.

- **Gestor de Políticas y Contratos**

Un componente transversal es la gestión de los contratos de datos o políticas de uso. Esto implica poder asociar a un *dataset* ciertas reglas (por ejemplo “este conjunto solo puede usarse para fines de investigación y debe borrarse después de 1 mes” o “no se puede reenviar a terceros”).

En la práctica, tales reglas pueden expresarse en lenguajes como ODRL (W3C) o mediante *smart contracts* digitales. Los espacios de datos suelen incluir un Servicio de

Contratos que genera acuerdos electrónicos entre proveedor y consumidor cuando se realiza una transacción de datos, incorporando las condiciones de uso acordadas.

El conector del proveedor y del consumidor luego hacen cumplir esas condiciones (*enforcement*). Por ejemplo, el conector del consumidor podría restringir que un usuario copie los datos si así lo estipula la política. Este elemento de "*usage control*" es una de las innovaciones clave respecto a simples APIs: añade capa de derechos de uso automáticamente aplicados.

- **Monitoreo y Auditoría**

Para generar confianza y facilitar aspectos comerciales, los espacios de datos incluyen mecanismos de *logging* de accesos y uso de datos. Cada transacción puede quedar registrada (qué datos, por quién, cuándo) de forma trazable.

Esto permite auditorías posteriores y también habilita, si es el caso, sistemas de remuneración o pago por uso de datos (un proveedor podría cobrar por cada acceso, y el sistema de auditoría junto con un posible módulo de *clearing house* llevar cuenta de esas transacciones). Algunos espacios incorporan también mecanismos de anonimización o calidad de datos como servicios transversales para garantizar que los datos personales compartidos cumplan normativa (por ej., anonimizar antes de compartir) o que los datos sean fiables.

- **Interoperabilidad Semántica**

Aunque no es un componente de software singular, un principio técnico crucial es acordar modelos de datos comunes y ontologías en cada dominio para que los datos intercambiados "hablen el mismo idioma". En un espacio de datos del agua, por ejemplo, sería deseable usar estándares como los de OGC (Open Geospatial Consortium) – p.ej. WaterML2 para series temporales hidrológicas, o el modelo de Observaciones y Mediciones (O&M) para datos de sensores ambientales.

También pueden usarse ontologías sectoriales (por ejemplo, vocabulario INSPIRE Hydro, ontologías de redes de agua potable, etc.). La interoperabilidad semántica evita que cada *dataset* sea un silo comprensible solo por su emisor; en cambio, facilita que aplicaciones de distintos actores puedan integrar datos de múltiples fuentes con menor esfuerzo de traducción. Iniciativas como FIWARE proporcionan normalización en contextos urbanos/IoT que pueden aplicarse al agua (e.g., data models de smart water). En suma, el alineamiento de estándares es parte integral del marco técnico.

Encaje en una arquitectura de referencia

Los componentes anteriores ofrecen una lectura funcional de los elementos que suelen aparecer en un espacio de datos. Sin embargo, estos componentes no operan de forma aislada: se integran sobre una infraestructura distribuida —a menudo basada en tecnologías en la nube, contenedores, APIs y servicios federados— y se articulan mediante una capa lógica común de gobernanza, seguridad e interoperabilidad.

Para situar estos elementos en un marco más formal, puede recurrirse al modelo de arquitectura de referencia IDS-RAM. Este modelo no sustituye la descripción funcional anterior, sino que la ordena en capas —negocio, funcional, procesos, información y

sistemas— e incorpora de forma transversal las perspectivas de seguridad, certificación y gobernanza.

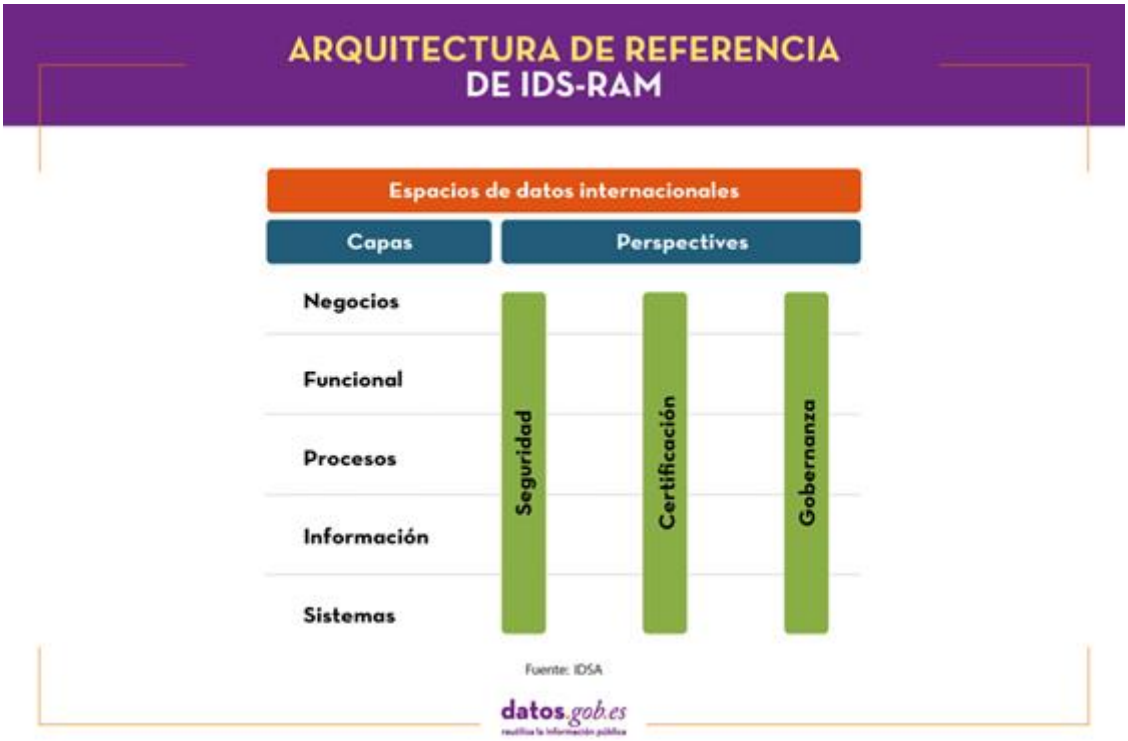


Figura 4. Arquitectura de referencia IDS-RAM para la creación de espacios de datos, estructurada en 5 capas (Negocios, Funcional, Procesos, Información y Sistemas) que se abordan desde las perspectivas transversales de Seguridad, Certificación y Gobernanza, asegurando la confianza y soberanía del dato. Fuente: datos.gob.es / IDSA.

En este modelo (IDS-RAM) reconocido por la Unión Europea, las 5 capas representan distintos niveles: la capa de Negocio define roles de participantes y modelos de negocio (incluyendo contratos y políticas de uso); la capa Funcional describe los servicios y funcionalidades necesarias (como las mencionadas: gestión de identidad, catálogos, etc.); la capa de Procesos refiere a flujos y procesos operativos dentro del espacio; la capa de Información aborda los modelos de datos, ontologías y formatos; y la capa de Sistemas se refiere a la infraestructura de IT subyacente [21].

Todo ello con seguridad, certificación y gobernanza integradas en cada nivel, lo cual garantiza que un espacio de datos opere de forma confiable. De hecho, la certificación es un aspecto novedoso: por ejemplo, los conectores IDS deben certificarse frente al modelo para garantizar que cumplen los requisitos de seguridad y comportamiento (evitando participantes “no confiables”) [22].

Iniciativas y estándares relevantes

Para materializar estos conceptos, en Europa han surgido varias iniciativas punteras que proveen especificaciones, software e incluso infraestructuras de referencia para espacios de datos.

International Data Spaces (IDSA/IDS)

La Asociación International Data Spaces (IDSA), fundada en 2016 en Alemania con apoyo de la UE, fue pionera en desarrollar un marco arquitectónico para intercambiar datos de

forma soberana [22]. Su modelo de referencia IDS-RAM, mencionado arriba, ha influido en muchos proyectos.

La IDSA promueve estándares abiertos: define los roles de Proveedor de datos, Consumidor de datos, Intermediario *(broker*), Proveedor de identidad, etc., así como la interacción entre ellos. También especifica el IDS Connector, que es esencialmente un software que incorpora los principios de soberanía (solo comparte datos según reglas definidas por el propietario).

Un aspecto importante es el uso de una información auto-descriptiva y acuerdos de uso legibles por máquina, de modo que los conectores puedan "entender" cómo pueden usarse los datos (usando por ejemplo la vocabularios de políticas). La IDSA y sus más de 130 organizaciones miembro han creado un ecosistema en torno a esta especificación, con implementaciones prácticas y casos piloto en diversos países. Además, IDSA colabora con otras iniciativas (BDVA, FIWARE, Plattform Industrie 4.0) para unificar visiones [19].

En la actualidad, el estándar IDS se considera una de las bases para los espacios de datos europeos, proporcionando un lenguaje común y componentes reutilizables. Por ejemplo, varios proyectos sectoriales (en automoción, manufactura, logística) han adoptado los conectores IDS. La propia Comisión Europea ha financiado proyectos para evolucionar estos componentes hacia estándares internacionales (ISO/IEC). En resumen, IDSA proporciona los "planos" y ladrillos para construir espacios de datos confiables, y sigue actualizando su modelo (se está preparando IDS-RAM versión 5.0 para reflejar nuevos avances como auto-descubrimiento y escalabilidad mejorada) [23].

Gaia-X

Es una iniciativa europea lanzada en 2019, originalmente enfocada a infraestructura de datos en la nube federada, pero que rápidamente integró el concepto de espacios de datos en su arquitectura. Gaia-X busca desarrollar la próxima generación de infraestructura de datos para Europa, federando proveedores de nube y servicios de datos bajo principios de soberanía, interoperabilidad, transparencia y confianza [24], [25].

La arquitectura de Gaia-X distingue entre el Ecosistema de Infraestructura (proveedores cloud, edge, redes) y el Ecosistema de Datos, conectados mediante servicios federados comunes. En la capa de datos, Gaia-X adopta gran parte de los conceptos IDS: por ejemplo, define roles de Proveedor de datos, Propietario del dato (quien tiene los derechos legales), Consumidor de datos, Proveedores de servicios inteligentes (quienes proveen aplicaciones de valor añadido sobre los datos), y Proveedores de servicios de soberanía (quienes aportan herramientas de identidad, certificación, etc.).

Los servicios federados de Gaia-X incluyen: Federated Catalogue (un catálogo común para descubrir servicios/datos), Federated Identity & Trust (un sistema común de identidad y confianza, por ejemplo usando certificados y una Lista de Participantes), Sovereign Data Exchange (conjunto de componentes para intercambio soberano, como conectores + contratos), Compliance (mecanismos para verificar cumplimiento de normas y código de conducta). Figura 2 muestra esquemáticamente la arquitectura conceptual de Gaia-X, donde se aprecian estos bloques:

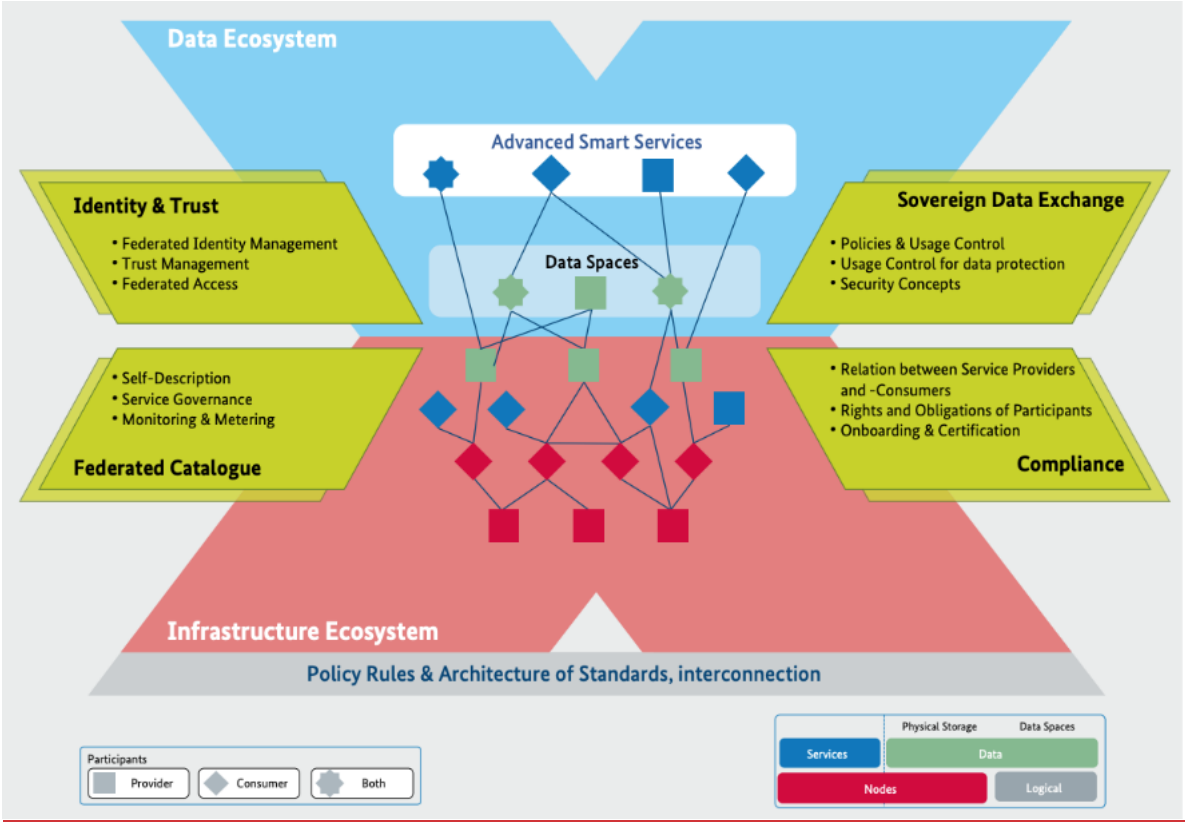


Figura 5. Visión general de alto nivel de la Arquitectura Gaia-X, con el Ecosistema de Datos (arriba) y el Ecosistema de Infraestructura (abajo), conectados por servicios federados como Identidad & Confianza, Catálogo Federado, Servicios Inteligentes avanzados y un Mecanismo de Intercambio Soberano de Datos. Fuente: Gaia-X Technical Architecture 2020.)

Gaia-X en la práctica se ha constituido como una asociación con decenas de empresas europeas (y de otros países) que desarrollan especificaciones técnicas y prototipos. Ha publicado varios documentos de arquitectura detallados (releases 2020, 2021, 2022) y ha fomentado proyectos piloto en sectores como industria 4.0, energía, movilidad, finanzas, salud, etc., para aplicar su modelo.

Aunque inicialmente centrada en infraestructura *cloud* federada (en reacción a la dependencia de proveedores hiperescalas extranjeros), Gaia-X se ha convertido en un facilitador de espacios de datos, proporcionando las capas comunes de identidad, federación y conformidad. Por ejemplo, Catena-X (ecosistema de datos para automoción, descrito más adelante) emplea los principios de Gaia-X para su plataforma.

En resumen, Gaia-X aporta una arquitectura de alto nivel y servicios centrales que pueden ser reutilizados por diversos espacios de datos sectoriales, asegurando que todos siguen unas reglas comunes de interoperabilidad. Es, por así decirlo, la infraestructura de infraestructura: donde IDSA define cómo debe ser un conector o un contrato de datos, Gaia-X define cómo múltiples proveedores e infraestructuras se reconocen mutuamente y operan bajo un paraguas de confianza paneuropeo.

Data Spaces Support Centre (DSSC) y Data Spaces Business Alliance

Reconociendo la necesidad de coordinación, la Comisión Europea estableció en 2022 el Data Spaces Support Centre con participación de asociaciones como IDSA, BDVA (Big Data Value Association), FIWARE, Gaia-X, etc. El DSSC está creando un Blueprint (guía

de diseño) común para los espacios de datos europeos [20], recopilando las mejores prácticas y especificaciones existentes.

Su objetivo es asegurar que los distintos Common European Data Spaces (los 9 o 10 espacios sectoriales promovidos desde la EU: salud, agricultura, movilidad, industria, energía, finanzas, administración pública, competencias, patrimonio cultural, etc.) sigan un núcleo técnico común y sean interoperables entre sí. El Blueprint v2.0 del DSSC define módulos funcionales (building blocks) necesarios y referencia estándares para cada uno [26].

Por ejemplo, recomienda ciertos protocolos para identidad (OAuth2, SSI), para catálogos (DCAT, NGSI-LD), para conectores (IDS Message Protocol), etc. La Data Spaces Business Alliance, por su parte, es una coalición de entidades (IDSA, FIWARE, Gaia-X, TMForum entre otras) que tratan de alinear sus desarrollos y evangelizar el concepto de data *spaces* en la industria.

Todo esto refleja que no partimos de cero: existe ya un *stack* tecnológico emergente para espacios de datos, en gran medida abierto y apoyado por instituciones europeas. Esto incluye *software open source*: la Fundación FIWARE, por ejemplo, ha lanzado componentes para *data spaces* (conector FIWARE, herramientas de gobierno de datos) integrados con Gaia-X e IDSA [27]. Otras empresas europeas (SAP, Siemens, Deutsche Telekom, etc.) también ofrecen implementaciones compatibles. Incluso organizaciones internacionales como ISO/IEC JTC1 trabajan en estándares oficiales inspirados en estos (por ej., ISO 23903 sobre intercambio soberano de datos).

En conjunto, el marco técnico de los espacios de datos está compuesto por una arquitectura lógica bien definida —identidad, conectores, catálogo, políticas de uso, auditoría e interoperabilidad— y por un ecosistema de iniciativas que desempeñan funciones complementarias. IDSA aporta el modelo de referencia y el concepto de conector seguro; Gaia-X refuerza la federación, la confianza y la gobernanza paneuropea; DSSC/DSBA armoniza guías y building blocks; y FIWARE y otras plataformas facilitan implementaciones concretas.

La figura siguiente resume esta complementariedad entre las principales iniciativas europeas de referencia, diferenciando su papel dentro del ecosistema técnico de los espacios de datos.



Figura 6. Papel complementario de IDSA/IDS, Gaia-X y DSSC en el ecosistema europeo de espacios de datos: arquitectura de referencia y reglas de intercambio, infraestructura federada de confianza y armonización de building blocks para facilitar la adopción.

Todos estos enfoques comparten principios de apertura, interoperabilidad y soberanía del dato. Esto facilita que un espacio de datos creado conforme a estas recomendaciones pueda alinearse con otras iniciativas europeas, federarse con mayor facilidad y aprovechar componentes comunes. Por ejemplo, un espacio de datos del agua podría reutilizar conectores o componentes ya existentes, apoyarse en servicios de identidad y confianza compatibles, o adoptar guías de diseño comunes en lugar de desarrollar soluciones aisladas.

Para las organizaciones, este ecosistema reduce barreras de entrada: se está configurando un entorno en el que habrá proveedores de tecnología, certificadores, marketplaces, componentes reutilizables y buenas prácticas disponibles para apoyar la creación de nuevos espacios de datos

Implicaciones específicas para el dominio hídrico

Aplicar este marco técnico al sector del agua trae oportunidades y desafíos particulares. La traslación del enfoque de espacios de datos al ámbito hídrico exige adaptar los componentes técnicos generales a un dominio especialmente heterogéneo, sensible y distribuido, en el que conviven datos ambientales, operativos, personales, industriales y territoriales.

La figura siguiente sintetiza las principales dimensiones que deben considerarse al trasladar el marco técnico de los espacios de datos al sector del agua.



Figura 7. Principales implicaciones técnicas y organizativas de aplicar el enfoque de espacios de datos al dominio hídrico: integración de datos heterogéneos, conexión con infraestructuras existentes, gestión diferenciada de permisos, generación de servicios de valor y construcción de confianza entre actores.

Necesidad de unificar datos de múltiples dominios

El agua involucra datos ambientales, infraestructurales, sanitarios (ej. calidad del agua potable), de consumo ciudadano, económicos (tarifas, costes), etc. Por tanto, un espacio de datos del agua tendría que integrar fuentes heterogéneas y posiblemente aprovechar estándares de varios ámbitos (geoespaciales OGC/INSPIRE, IoT de FIWARE/NGSI, datos abiertos, etc.).

La construcción de un modelo de información común hídrico es fundamental. Iniciativas previas ofrecen base: por ejemplo, la Ontología del Dominio del Agua desarrollada en proyectos europeos, o esquemas de datos usados por la AEMA para reporte (UWWTD, WFD) podrían adoptarse. La armonización semántica permitirá que los datos de una confederación hidrográfica, de una empresa de aguas urbanas y de sensores ciudadanos puedan coexistir comprensiblemente.

Integración de infraestructura existente

Muchas entidades de agua ya tienen sistemas SCADA, telelectura, GIS, etc. El espacio de datos debe conectar con esos sistemas sin comprometer su operación. Aquí los conectores son clave: pueden actuar como puentes entre la base de datos interna de un organismo y el exterior, publicando solo lo autorizado.

Es posible que en entornos sensibles (ej. control de presas) haya reticencia a cualquier conexión externa; en tales casos, se pueden considerar arquitecturas híbridas, con zonas seguras de intercambio donde se replican datos no críticos. También la ciberseguridad es vital: agua es infraestructura crítica, así que los componentes del espacio de datos deben cumplir estándares de seguridad (NIS2, ISO 27001). Afortunadamente, la arquitectura de espacios de datos ya incorpora seguridad por diseño (cifrado extremo a extremo, autenticación mutua, etc.).

Gestión de permisos y privacidad compleja

Algunos datos del agua son públicos por ley (p.ej. datos de calidad ambiental), otros son comerciales o personales. Un espacio de datos hídrico necesitará gestionar distintos niveles de acceso. Por ejemplo, un caso de uso podría ser compartir datos de consumo de agua agregados entre varias empresas para mejorar eficiencia.

Esos datos agregados pueden no ser personales, pero las mediciones individuales sí lo son; entonces, habría que anonimizar u obtener consentimiento. Las políticas de uso en este dominio podrían volverse elaboradas: ciertas partes de un *dataset* accesibles solo a autoridades regulatorias, otras abiertas para investigación, etc. La buena noticia es que las herramientas de políticas pueden manejar estas distinciones, pero requerirán configurar con detalle quién ve qué. La coordinación con la AEPD en España u órganos similares sería recomendable para guiar este proceso, de modo que el espacio de datos se alinee con RGPD en cada flujo de información.

Beneficios potenciales específicos

Si se implementa correctamente, un espacio de datos del agua puede mejorar enormemente la eficiencia y resiliencia del sector. Por ejemplo, permitiría a organismos de cuenca y empresas compartir datos en tiempo real para anticipar sequías o inundaciones (integrando predicciones meteorológicas con datos de embalses y consumos).

También puede facilitar la innovación: startups podrían acceder (con permiso) a ciertos datos para desarrollar soluciones de *smart water*, algo difícil hoy por la fragmentación. Además, habilitaría cumplir con nuevas exigencias regulatorias de forma más sencilla – v.g. el “pasaporte digital del agua” o trazabilidad de calidad desde la captación hasta el grifo. De hecho, ya desde proyectos europeos se vislumbra que un European Water Data Space mejoraría la apertura e integración de datos para la gestión hídrica sostenible [17], [28].

La iniciativa Water4All, por ejemplo, está elaborando recomendaciones para preparar un espacio de datos del agua alineado con los principios FAIR (que los datos sean Localizables, Accesibles, Interoperables y Reutilizables) [28]. Insisten en que “el problema de los datos debe solucionarse, ya que la innovación digital depende de ello”, para lo cual están construyendo un ecosistema de datos compartidos y un Data Sharing Facility específico para proyectos de agua.

Evidencias y confianza entre actores

Tradicionalmente el sector agua es conservador en compartir información – en parte por desconfianza o miedo a mal uso. La introducción de un espacio de datos requerirá generar confianza demostrando el valor. Por ello, se habla de evidenciar con pilotos y casos de éxito que compartir datos de forma controlada beneficia a todos (p. ej. varias *utilities* compartiendo datos de pérdidas pueden descubrir mejores prácticas y reducir las fugas, ahorrando costos).

La gobernanza del espacio de datos hídrico seguramente tendrá que incluir un Consejo de Participantes que represente a empresas, administraciones y usuarios, definiendo reglas claras de cómo se comparten costes y beneficios, cómo se resuelve un incumplimiento, etc.

La experiencia sugiere que factores como un modelo de negocio claro (quién paga por mantener la infraestructura común) y liderazgo institucional (alguna entidad neutral que coordine) serán tan importantes como la tecnología para que el espacio prospere. España cuenta con redes y asociaciones (p. ej.) que podrían jugar un papel articulador.

En resumen, el marco técnico existente proporciona las herramientas genéricas, pero en el dominio del agua habrá que adaptar y concretar: desarrollar ontologías hídricas comunes, determinar niveles de acceso acordes a la sensibilidad de los datos, integrar dispositivos IoT y fuentes *legacy* con conectores, y gobernar la colaboración multi-actor.

Nada de esto supone impedimentos insalvables – de hecho, proyectos como WATERVERSE (Horizon Europe) ya han dado pasos en esa dirección, creando un Water Data Management Ecosystem que extiende componentes FIWARE e IDSA para casos de uso de gestión del ciclo integral del agua [29], [30]. Dicho proyecto busca demostrar en entornos reales de seis países que los espacios de datos pueden resolver la fragmentación y mejorar la gestión del agua, estableciendo indicadores de FAIRness de los datos hídricos y garantizando replicabilidad y escalabilidad.

Los resultados iniciales indican que aplicar los principios de data *spaces* efectivamente ayuda a superar retos del sector, especialmente en lo relativo a compartir datos entre utilidades de forma segura (Waterverse, 2023). Todo lo anterior posiciona al sector del agua para aprovechar las ventajas de los espacios de datos, siempre que se naveguen cuidadosamente los aspectos normativos y técnicos particulares.

Como se explorará en el estado del arte, ya existen experiencias y casos previos que ofrecen lecciones valiosas para diseñar el futuro espacio de datos hídrico.

2.2. Estado del arte y experiencias previas

En esta sección se revisan las experiencias prácticas existentes en el desarrollo de espacios de datos, tanto a nivel europeo como nacional, identificando tipologías, describiendo casos representativos y extrayendo patrones, lecciones aprendidas y factores de éxito.

Dado que el concepto de “espacios de datos” es relativamente reciente (impulsado formalmente desde 2020), muchas experiencias provienen de proyectos piloto o consorcios sectoriales. No obstante, comienzan a emerger también espacios de datos operativos en entornos industriales. A continuación, se clasifican las experiencias en varias tipologías y se presentan algunos ejemplos emblemáticos.

Tipologías de experiencias de espacios de datos

Las experiencias previas pueden agruparse en varias tipologías según su origen, grado de madurez, actores impulsores y finalidad principal. La figura siguiente resume esta clasificación para orientar la lectura de los casos analizados posteriormente.



Figura 8. Tipologías de experiencias previas relacionadas con espacios de datos, organizadas según su orientación principal y el tipo de actores impulsores.

Podemos distinguir al menos cuatro categorías de iniciativas en el estado del arte:

Consorcios industriales sectoriales

Son espacios de datos promovidos por grandes empresas de un mismo sector para resolver problemas comunes de intercambio de información en sus cadenas de valor. Suelen tener un enfoque B2B (business-to-business) y estar liderados por la industria, con apoyo gubernamental ocasional.

Ejemplos: Catena-X en el sector automoción, Manufacturing-X (Alemania) para manufactura, AgriGaia en agricultura, Mobility Data Space en movilidad (Alemania). Estos consorcios buscan principalmente eficiencia operativa, trazabilidad y nuevos modelos de negocio apoyados en datos compartidos entre empresas.

Iniciativas público-privadas piloto a nivel europeo

Proyectos financiados por programas de la UE (H2020, Horizon Europe, Digital Europe) para probar espacios de datos en dominios específicos o transversales. Aquí entran proyectos como HARMONY (salud, hematología), iShare (logística en Países Bajos), Data Spaces for Smart Communities (ciudades inteligentes), Waterverse (agua), etc.

Suelen tener participación de centros de investigación, empresas tecnológicas y usuarios finales, y sirven para desarrollar las tecnologías y demostrar casos de uso concretos. Muchos de estos funcionan a modo de “laboratorios” cuyos resultados alimentan estándares (por ej., HARMONY contribuyó a casos de uso para el Espacio Europeo de Datos de Salud).

Espacios de datos nacionales o regionales

Experiencias promovidas por gobiernos a escala país o subnacional, normalmente alineadas con estrategias digitales nacionales. Pueden ser transversales (no sectoriales).

Por ejemplo, Madrid Green Data Space es un piloto de la Comunidad de Madrid para datos medioambientales/energéticos en ciudad [31]. En Finlandia, existe AuroraAI (plataforma nacional de intercambio de datos para servicios públicos). En Francia, se han hecho pilotos en logística urbana (EVOLUE).

Estas iniciativas suelen involucrar administraciones públicas como facilitadoras, buscan además impacto en políticas públicas (p.ej., mejorar transparencia, servicios ciudadanos) y sirven de “sandbox” regulatorio.

Espacios de datos emergentes en comunidades científicas o de datos abiertos

No siempre se les llama “espacio de datos”, pero comparten principios de federación y estándares. Un ejemplo notable es la European Open Science Cloud (EOSC), que aunque orientada a datos de investigación, constituye un espacio federado donde universidades y centros comparten datos científicos bajo políticas comunes [32].

Asimismo, algunas redes de datos abiertos están evolucionando hacia esquemas más federados e interconectados. Por ejemplo, la red de portales de datos abiertos europeos data.europa.eu y su Observatorio de Casos de Uso ha estudiado proyectos de reutilización que implican intercambio de datos entre múltiples actores (aunque en el contexto open data) [33]. Estos casos, si bien diferentes (datos abiertos vs. controlados), aportan lecciones sobre interoperabilidad y ecosistemas de datos que son relevantes.

Cabe destacar que estas tipologías no son excluyentes; a menudo un proyecto piloto europeo (tipo 2) al madurar da paso a un consorcio industrial estable (tipo 1) o es adoptado a nivel nacional (tipo 3). Por ejemplo, iShare surgió en Países Bajos como proyecto para logística y ahora es una coalición de empresas logísticas europeas adoptando el esquema de confianza creado.

En el estado del arte a continuación, nos centraremos en describir algunos casos europeos y nacionales representativos de espacios de datos, y posteriormente sintetizar las lecciones comunes.

Casos europeos destacados

Una vez identificadas las principales tipologías, resulta útil observar cómo se han materializado en experiencias europeas concretas. La figura siguiente recoge tres casos representativos que ilustran distintos patrones de aplicación: un ecosistema industrial de cadena de valor, una iniciativa vinculada a salud y datos sensibles, y un espacio de datos orientado a movilidad.

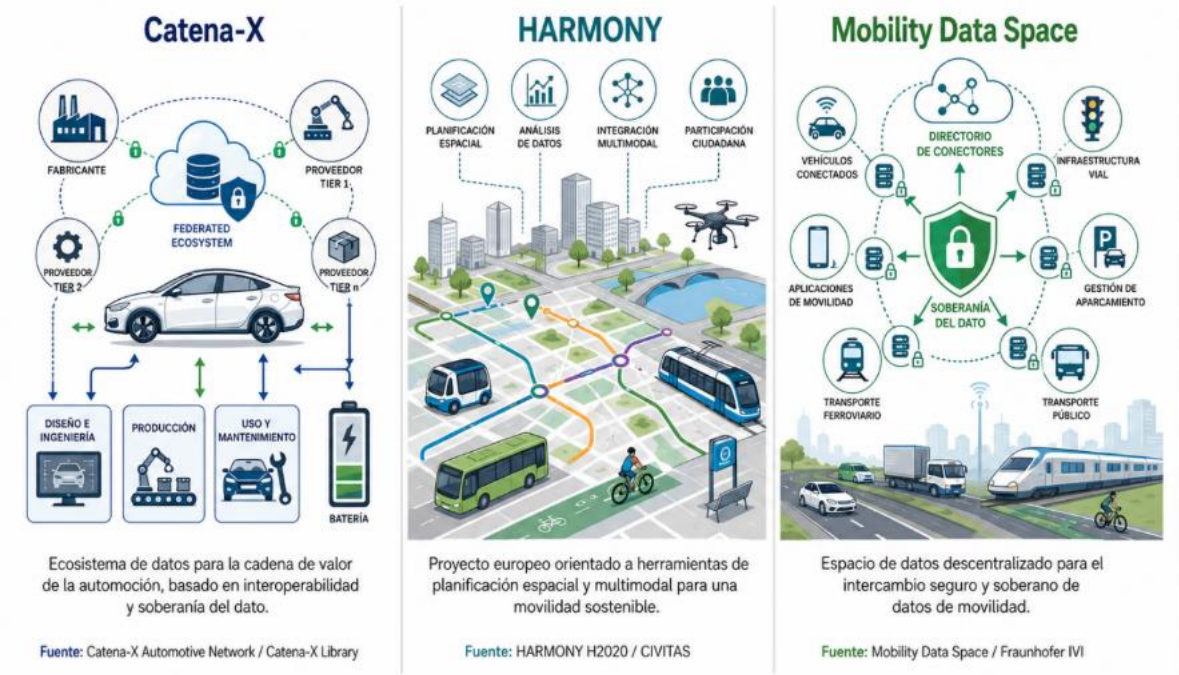


Figura 9. Casos europeos destacados de espacios de datos en sectores con distintos niveles de madurez y complejidad: automoción, salud y movilidad. Fuente: elaboración propia

Catena-X (Automoción)

Es considerado el primer gran ecosistema de datos colaborativo en la industria automotriz. Fundado en 2021 en Alemania, Catena-X reúne a fabricantes de automóviles (BMW, Mercedes, VW, etc.), proveedores de piezas, concesionarios, recicladores y proveedores de tecnología con el objetivo de compartir datos a lo largo de toda la cadena de valor automotriz [34].

Su motivación principal es mejorar la transparencia y eficiencia en la cadena de suministro, así como cumplir con requerimientos regulatorios crecientes (por ejemplo, evidenciar la huella de carbono de cada componente, facilitar un “pasaporte digital de baterías” para reciclaje, etc.) [35]. Catena-X se basa explícitamente en los principios de Gaia-X e IDSA para su arquitectura.

En la práctica, ha desarrollado un estándar de intercambio de datos uniforme para la industria automotriz, donde cada participante instala un conector (compatible IDS) y se registra en un portal Catena-X. Los datos que se comparten incluyen, por ejemplo: datos de diseño y fabricación de piezas, datos de calidad y trazabilidad, certificaciones de proveedores, información de mantenimiento, etc.

Un caso de uso implementado es el de notificación de bloqueos (*blocking notice*): si un proveedor detecta un lote de piezas defectuosas, a través de Catena-X puede notificar rápidamente a todos los clientes relevantes, permitiendo acciones preventivas en las líneas de producción. Esto antes podía demorar días a través de comunicaciones bilaterales; con Catena-X se logra en tiempo casi real, evitando costos de re-trabajo.

Otro logro es la integración con el proceso de compras de BMW: desde 2025, BMW exige que sus nuevos proveedores estén “Catena-X ready”, de modo que puedan intercambiar

certificados y datos de cumplimiento vía el espacio de datos en vez de burocracia tradicional.

Lecciones de Catena-X: (a) La gobernanza compartida es vital – Catena-X se constituyó como asociación sin ánimo de lucro donde cada miembro tiene voz, generando confianza en que no será dominada por un solo actor; (b) Se enfocaron en estándares desde el día uno, lo que facilitó escalar de unas pocas empresas a más de 120 miembros internacionales en 2023; (c) Demostraron valor con casos concretos (ahorros en gestión de calidad, cumplimiento regulatorio más fácil) lo cual incentivó la adopción; (d) El apoyo público (subvención del gobierno alemán) ayudó a arrancar, pero la sostenibilidad viene de que la industria ve beneficio económico claro.

Catena-X se proyecta como "columna vertebral global de datos para automoción", habiendo ya establecido nodos en Norteamérica y China con socios locales [34]. Es un ejemplo de cómo un espacio de datos puede trascender las fronteras europeas y convertirse en referente global, exportando el modelo de soberanía del dato fuera (lo cual también es un objetivo geopolítico de la UE).

European Health Data Space / HARMONY (Salud)

El sector salud es prioritario para la UE en materia de espacios de datos, dadas las posibilidades para investigación médica y mejora de cuidados. La UE ha aprobado el Reglamento (UE) 2025/327 relativo al Espacio Europeo de Datos de Salud (EHDS), que crea un marco legal para el uso primario y secundario de datos sanitarios electrónicos, incluyendo investigación, innovación y elaboración de políticas [36].

Antes de su aprobación, proyectos como HARMONY actuaron como experiencias precursoras. HARMONY Alliance (2017-2022) fue un proyecto público-privado paneuropeo enfocado en enfermedades hematooncológicas (leucemias, linfomas). Reunió a más de 50 centros clínicos, farmacéuticas e investigadores para compartir datos de pacientes con esas enfermedades, con el fin de aplicar Big Data e inteligencia artificial y encontrar patrones que mejoren tratamientos.

HARMONY desarrolló una plataforma segura donde distintos hospitales volcaban datos clínicos anonimizados de miles de pacientes con leucemia, y los investigadores autorizados podían analizarlos en conjunto [37]. Esto requería un modelo de gobernanza complejo: acuerdos legales entre tantos actores, estándares comunes de datos clínicos (usaron ontologías médicas estándar), y fuerte énfasis en cumplimiento de RGPD (los datos estaban seudonimizados y solo accesibles con consentimiento o bajo excepciones de investigación).

Los resultados fueron exitosos en términos de conocimiento médico (descubrimiento de indicadores pronóstico, etc.), pero también sentaron un precedente de espacio de datos de salud federado. La Comisión Europea cita a HARMONY como ejemplo de cómo es posible hacer investigación biomédica a gran escala combinando datos de distintos países.

Lecciones de HARMONY/salud: (a) La interoperabilidad semántica y de formatos es crítica (cada hospital tiene su historia clínica con estructura distinta; estandarizarlas consumió gran parte del esfuerzo); (b) La confianza se logró involucrando desde el inicio a autoridades sanitarias y comités de ética, de modo que todos entendieran las garantías; (c) Se tuvo que invertir en anonimización y seguridad – se desarrollaron herramientas

para asegurar que ningún investigador pudiera identificar pacientes individuales inadvertidamente, lo cual es un aprendizaje técnico importante para otros espacios con datos personales sensibles; (d) Se comprobó que el valor para los participantes (hospitales) era real: al combinar datos podían obtener conclusiones imposibles de alcanzar solos, lo que redundó en mejores prácticas clínicas.

Este tipo de espacio de datos híbrido (con datos personales sensibles) muestra que es posible conjugar protección de datos y compartición si se diseñan bien los procesos. En adelante, el EHDS institucionalizará estas prácticas, creando por ejemplo nodos nacionales de acceso a datos sanitarios que funcionarán federados a nivel europeo (lo que esencialmente será un gran espacio de datos de salud). España, por cierto, participa con proyectos piloto en salud digital que se incorporarán a este espacio europeo en los próximos años.

Mobility Data Space (Transporte)

Otro caso significativo es el Mobility Data Space (MDS) en Alemania, lanzado en 2021. Surge a instancias del gobierno alemán (acción concertada de movilidad de 2019) y está gestionado por una entidad sin ánimo de lucro con apoyo público [38], [39].

El MDS es un mercado de datos soberano para el sector movilidad, que incluye datos de automóviles conectados, tráfico urbano, transporte público, logística, etc. Empresas como BMW, VW, Deutsche Bahn, así como startups de movilidad y ciudades alemanas, participan. El MDS utiliza también conceptos de IDSA – cada participante controla sus datos y decide con quién compartirlos.

Un ejemplo de uso: datos de sensores de coches (como ABS, limpiaparabrisas) se comparten con autoridades de carreteras para detectar puntos peligrosos o climatología adversa en tiempo real, mejorando la seguridad vial. Otro: empresas de transporte público comparten horarios y ocupación en tiempo real con proveedores de apps de movilidad integradas.

El Mobility Data Space enfatiza ser descentralizado y neutral, evitando que unos pocos actores dominen la información. De hecho, es citado como “proyecto faro” para un futuro Espacio Europeo de Datos de Movilidad.

Lecciones del MDS: (a) La importancia de un facilitador neutral, en este caso el gobierno actuó catalizador pero cedió la gestión a un organismo neutral (académico) para generar confianza entre empresas que pueden ser competidoras; (b) Demostrar casos de valor público (seguridad, eficiencia urbana) ha ayudado a justificar la participación incluso de entes públicos celosos de sus datos; (c) En movilidad, la rapidez de los datos es crucial, esto exigió una arquitectura técnica capaz de intercambiar flujos en tiempo real, lo cual extendió un poco las especificaciones base (que inicialmente eran más lotes estáticos); (d) La interoperabilidad con otros espacios: MDS está trabajando con el espacio de datos de automoción (Catena-X) y con iniciativas similares en otros países, anticipando la federación. Así, se asegura que, por ejemplo, estándares de datos de tráfico o formatos de APIs sigan lineamientos comunes europeos.

Otros casos sectoriales

Por brevedad, mencionamos sucintamente otros casos relevantes. En industria/manufactura: además de Catena-X, en España el grupo Innovalia lideró un piloto

de espacio de datos para metrología y gemelos digitales en fabricación (proyecto BOOST 4.0 e IDSA) [40], logrando que pymes compartieran datos de máquinas para optimizar calibraciones.

En agricultura: el proyecto DEMETER (H2020) implementó un espacio de datos agrícola con 20 pilotos (incluyendo uso de sensores en granjas, tractores conectados, etc.), integrando también plataformas FIWARE [41]. Surgen *hubs* nacionales como el Agricultural Data Space en Francia (proyecto AgDataHub). En energía: proyectos como BD4NRG y la iniciativa International Data Space for Energy están probando intercambio de datos de redes eléctricas para mejorar la gestión y flexibilidad.

En sector público: el programa europeo Data4EU está apoyando a gobiernos para compartir datos entre administraciones de distintos países (p.ej. datos fiscales, registros mercantiles) bajo la DGA; por otro lado, la Comisión lanzó en 2023 un piloto del Espacio de Datos para Comunidades Inteligentes que involucra ciudades compartiendo datos urbanos (agua, aire, movilidad) con empresas tecnológicas, donde participan ciudades españolas como Barcelona.

Finalmente, en medio ambiente: el Madrid Green Data Space (2022) integró datos de calidad de aire, energía y ruido en una plataforma federada para ofrecer servicios a ciudadanos y empresas, sirviendo de piloto demostrador de tecnologías de espacios de datos en un contexto de ciudad inteligente [31].

Casos nacionales (España) destacados

Además de Madrid Green, cabe mencionar que España a través de Red.es financió en 2022-2023 proyectos piloto de espacios de datos sectoriales (Convocatoria de “Demostradores y casos de uso”), de los cuales resultaron varios casos: uno en turismo (compartir datos entre operadores turísticos, hoteleros y destinos para personalizar ofertas), otro en energía (datos de redes inteligentes entre empresas eléctricas), uno en agroalimentario (cooperativas compartiendo datos de producción para optimizar cadena de suministro), etc.

Aunque aún en fase inicial, estos casos nacionales ofrecen un laboratorio para identificar obstáculos prácticos (tecnológicos, legales) en contextos locales. Por ejemplo, el caso de turismo detectó la necesidad de armonizar vocabularios de datos turísticos y resolver problemas de propiedad de datos entre empresas competidoras. El aprendizaje de estas experiencias pilotadas con apoyo público alimentará la hoja de ruta del Plan nacional de Espacios de Datos.

En el ámbito específico del agua, esta línea de digitalización pública encuentra una referencia relevante en el Observatorio GOTA,Gestión Operativa y Transparente del Agua, impulsado por el MITECO en el marco del PERTE de Digitalización del Ciclo del Agua [42]. GOTA se plantea como una plataforma pública orientada a integrar, armonizar y difundir información oficial sobre el estado y la gestión de los recursos hídricos, facilitando el acceso a datos hidrológicos, meteorológicos y de seguimiento procedentes de fuentes institucionales.

Aunque GOTA no puede considerarse como un espacio de datos federado en sentido estricto, sí representa un avance relevante hacia la integración pública, la armonización y

la transparencia de la información hídrica oficial. En este sentido, puede actuar como antecedente, fuente de referencia y nodo institucional para futuros desarrollos. Su interés reside en que aborda algunos de los problemas identificados en el ecosistema hídrico (dispersión de fuentes, necesidad de información actualizada, armonización y acceso comprensible), aunque no sustituye a los mecanismos propios de un espacio de datos: soberanía del dato, políticas de acceso diferenciadas, conectores, contratos de uso, trazabilidad de intercambios y participación gobernada de actores públicos y privados.

En consecuencia, un futuro espacio de datos hídrico debería apoyarse en iniciativas como GOTA y evitar duplicar infraestructuras públicas ya existentes. Su aportación diferencial estaría en extender esa lógica de integración hacia modelos de intercambio gobernado entre administraciones, operadores, usuarios agrarios, industria, centros de investigación y empresas tecnológicas, especialmente allí donde los datos no son plenamente abiertos o requieren condiciones específicas de acceso, uso y reutilización.

Patrones, lecciones aprendidas y factores de éxito/riesgo

Analizando en conjunto las experiencias anteriores, se pueden extraer algunos patrones comunes de éxito, así como desafíos a tener en cuenta. La figura siguiente sintetiza estas ideas y sirve como mapa de lectura del apartado: por un lado, recoge los elementos que favorecen la consolidación de un espacio de datos; por otro, identifica los riesgos que deben gestionarse desde el diseño.



Figura 10. Síntesis de patrones recurrentes, lecciones aprendidas, factores de éxito y riesgos a gestionar en el desarrollo de espacios de datos sectoriales.

Importancia de la Gobernanza y Confianza

Tecnológicamente, montar un espacio de datos puede ser complejo pero factible con los estándares actuales. Sin embargo, convencer a los actores de compartir sus datos es el mayor desafío. Los casos exitosos (Catena-X, HARMONY, MDS) dedicaron gran esfuerzo a construir un modelo de gobernanza claro: roles bien definidos, acuerdos legales marco, neutralidad en la gestión, e incluso mecanismos de resolución de disputas.

Un espacio de datos prospera si todos perciben valor y sienten garantías de que no perderán control ni ventaja competitiva. La creación de organizaciones neutrales (asociaciones, fundaciones) para administrar el espacio suele ser una buena práctica. También ayuda establecer reglas de participación equitativas, por ejemplo, Catena-X y MDS prohíben que los datos obtenidos se usen para fines anticompetitivos o fuera del propósito acordado, y prevén expulsión si se viola la confianza. La transparencia en estas reglas y en el funcionamiento (qué se audita, cómo se utilizan los logs, etc.) refuerza la confianza.

Demostración temprana de Valor Añadido

Varios proyectos señalan que un error es centrarse demasiado en la construcción tecnológica sin mostrar pronto “quick wins”. Las iniciativas exitosas identificaron casos de uso concretos, de alto impacto y los implementaron primero. Por ejemplo, Catena-X se focalizó inicialmente en el caso de trazabilidad de calidad (bloqueo de componentes) y en el de pasaporte de batería, mostrando beneficios tangibles (menos costes de *recall*, cumplimiento regulatorio del Reglamento de Baterías).

HARMONY se enfocó en preguntas clínicas muy específicas (eficacia de ciertos fármacos en subtipos de leucemia) y logró publicaciones científicas que dieron prestigio al consorcio. Esto sugiere que acotar el alcance inicial es positivo: un espacio de datos es una infraestructura muy amplia, pero para arrancar conviene centrarse en 2-3 aplicaciones que justifiquen la inversión. Una vez demostrado el valor, es más fácil incorporar más participantes y extender a otros usos.

Estandarización e Interoperabilidad como habilitadores

Muchos proyectos han invertido en desarrollar ontologías, modelos de datos comunes y estándares de interfaz. Aunque puede parecer un esfuerzo menos visible, es crítico para escalar. Si cada nuevo participante debe hacer *mappings* complejos de sus datos al unirse, la adopción sufre. En cambio, disponer de un kit de integración (con estándares ya definidos, esquemas de datos validados en el sector) facilita mucho el *onboarding*.

Un patrón exitoso es apoyarse en estándares existentes de la industria: Catena-X no reinventó todo, adoptó estándares automotrices (por ej. formatos de calidad VDA) incorporándolos al espacio de datos. En salud, usar estándares HL7/FHIR para registros clínicos será clave en el EHDS. Por tanto, conectar el espacio de datos con el ecosistema de estándares preexistentes es una lección clara.

Esto a su vez fomenta la interoperabilidad entre espacios: e.g. si el espacio de turismo y el de movilidad ambos usan ISO 3166 para países y geocódigos comunes, podrían en futuro cruzar datos (como para correlacionar turistas y transporte). La labor de organismos como DSSC precisamente asegura esta alineación transversal.

Infraestructura escalable y federación de federaciones

Un hallazgo es que probablemente no habrá “un único espacio de datos” por sector totalmente centralizado, sino redes de espacios interconectados. Catena-X ya colabora con asociaciones en otros continentes, MDS con otras plataformas nacionales, etc.

Esto conduce a pensar en federación multinivel: por ejemplo, un espacio de datos hídrico europeo podría federar espacios nacionales o regionales del agua, los cuales a su vez

federan organizaciones locales. La arquitectura actual (Gaia-X, IDS) soporta esa federación en capas, siempre y cuando se respeten estándares comunes.

Un riesgo identificado es la fragmentación: que surjan múltiples mini-espacios incompatibles. Para mitigar eso, las alianzas están promoviendo la convergencia tecnológica como hemos visto. La lección es que los diseñadores de nuevos espacios deben intentar reutilizar building blocks existentes en vez de soluciones propietarias, para garantizar la futura interconexión.

Aspectos legales claros

Por ser novedoso, un espacio de datos se mueve en terreno legal a veces incierto. Los casos han resaltado la importancia de desarrollar buenos acuerdos legales multiparte. Muchos consorcios crearon contratos tipo o “Data Sharing Agreements” que definen responsabilidades (p. ej., qué pasa si alguien usa datos indebidamente, o si datos eran erróneos). En salud, se requirieron cláusulas específicas de conformidad con RGPD (bases jurídicas para tratamiento, cesión a terceros países, etc.).

Un factor de éxito es contar con expertos legales desde el inicio y posiblemente apoyo de reguladores. Por ejemplo, en el proyecto iShare (logística), la Autoridad de Protección de Datos holandesa asesoró para asegurarse de que el esquema cumplía privacidad. Otra lección legal es anticipar cómo se gestionarán temas de propiedad intelectual o secretos comerciales: compartir datos no implica transferir propiedad, pero ¿puede un receptor derivar conocimiento que luego patente? Estas cuestiones se tratan en los contratos y políticas de uso.

También aparece la figura de la responsabilidad: si decisiones automatizadas se toman en base a datos compartidos, ¿quién asume responsabilidad por errores? No todas están resueltas, pero los espacios de datos van creando precedentes. Un riesgo es la incertidumbre jurídica, aquí la DGA y Data Act ayudarán mucho al proveer un marco legal uniforme y al reconocer formalmente a los “intermediarios de datos” (que en espacios de datos serían los operadores neutrales) con obligaciones y derechos claros [8]. La alineación con esas leyes es esencial para la legitimidad y para evitar sanciones. En síntesis: marco legal robusto y transparente = confianza = participación.

Sostenibilidad y modelo de negocio

Varias experiencias iniciales subsistieron con financiación pública o de los grandes actores, pero para perdurar un espacio de datos necesita un modelo económico sostenible. Esto implica decidir cómo se financia la infraestructura común (¿cuotas de suscripción de miembros? ¿cobro por transacción? ¿apoyo continuo del Estado?), cómo se reparte el valor generado (¿los dueños de datos cobran por su uso? ¿se monetizan servicios de análisis?).

No hay un modelo único: Catena-X, por ejemplo, planea un esquema de membresías y certificaciones de servicios; el MDS recibió dotación estatal para 5 años pero luego deberá autofinanciarse; en salud es posible que fondos públicos sostengan la infraestructura por el interés general. La lección es que desde la fase de diseño hay que incorporar la perspectiva de viabilidad económica.

Algunos espacios de datos pueden optar por ser *marketplaces* comerciales (con ganancias por comisiones, etc.), otros por ser infraestructuras públicas. Lo crucial es

alinear los incentivos: si aportar datos no reporta nada al que los comparte, el espacio morirá. Las experiencias exitosas encontraron formas de retorno: monetario (venta de datos o servicios), o en especie (acceso recíproco a datos de otros, mejoras operativas, reputación). En resumen, un espacio de datos debe ser más que un proyecto piloto: debe concebirse como un ecosistema económico. Un riesgo es no planificar esto, quedarse sin fondos una vez agotadas las subvenciones iniciales.

Cultura y cambio organizativo

Finalmente, se ha aprendido que implantar un espacio de datos conlleva también un aspecto cultural. Muchas organizaciones no estaban acostumbradas a valorar sus datos como activos para compartir. Ha sido necesario evangelizar internamente, formar perfiles de científicos de datos que sepan aprovechar la información externa, y en general evolucionar hacia una mentalidad de colaboración data-driven.

Aquellos casos donde la alta dirección de las entidades participantes estuvo involucrada y convencida lograron impulsar cambios internos (por ejemplo, empresas que adaptaron sus políticas internas para permitir compartir ciertos datos que antes se prohibía por política corporativa). Por tanto, las personas y la gestión del cambio importan: los espacios de datos son tan fuertes como el compromiso de sus miembros. Iniciativas como la creación de Comunidades de práctica (workshops periódicos entre participantes para intercambiar experiencias) han ayudado a consolidar las redes de confianza.

Riesgos principales a gestionar

En cuanto a riesgos principales observados: además de los ya mencionados (falta de confianza, indefinición legal, sostenibilidad), se identifica el riesgo tecnológico de seguridad (un incidente o brecha en un espacio de datos podría minar la confianza en todos; por ello la ciberseguridad es prioritaria) y el riesgo de excesiva complejidad (querer abarcar demasiado desde el inicio puede hacer fracasar el despliegue; se recomienda enfoque incremental agile).

También un riesgo es la resistencia competitiva: en algunos sectores, empresas dominantes podrían bloquear o querer controlar el espacio de datos para mantener ventaja. Aquí los gobiernos y reguladores podrían jugar un rol asegurando condiciones equitativas (por ejemplo, competencia vigilando que no haya colusión a través de los datos compartidos).

Conclusiones del estado del arte

Los casos analizados muestran que los espacios de datos están pasando de la teoría a la práctica, con resultados prometedores en eficiencia, innovación y resolución de problemas complejos mediante datos compartidos. Europa se posiciona, a través de estas experiencias, como un referente en la creación de ecosistemas de datos confiables, interoperables y orientados a la soberanía del dato.

Para el dominio del agua, estas experiencias ofrecen varias lecciones aprovechables: la necesidad de una gobernanza multi-actor sólida, el valor de comenzar con casos de uso acotados, la importancia de apoyarse en estándares existentes, la atención a la calidad y documentación de los datos, y la conveniencia de generar confianza mediante resultados

tempranos y verificables. Sin embargo, estas lecciones no pueden trasladarse de forma mecánica. El sector hídrico presenta condiciones propias: diversidad institucional, sensibilidad de determinados datos, fuerte presencia de obligaciones públicas, coexistencia de infraestructuras críticas y necesidad de equilibrar valor económico, transparencia e interés general.

En síntesis, el estado del arte apunta a que un espacio de datos hídrico debería plantearse como una construcción progresiva, gobernada y orientada a casos de uso. Su sostenibilidad dependerá de combinar cuatro elementos: actores alineados en torno a una necesidad compartida, reglas jurídicas y de gobernanza claras, infraestructura técnica interoperable y segura, y beneficios reconocibles para quienes aportan, custodian o reutilizan datos. La tecnología proporciona los medios, pero la consolidación del modelo dependerá de la confianza entre participantes y de la capacidad para demostrar valor desde las primeras fases.

3. BLOQUE II – ECOSISTEMA Y REALIDAD DEL DATO

El desarrollo de un espacio de datos hídrico requiere comprender primero la realidad del ecosistema sobre el que se pretende actuar. Antes de plantear arquitecturas, casos de uso o recomendaciones, es necesario identificar qué actores intervienen en la generación, custodia, integración, explotación y uso de datos relacionados con el agua; qué tipos de datos existen; en qué condiciones se encuentran disponibles; y qué barreras limitan actualmente su compartición y reutilización.

El sector del agua presenta una elevada riqueza informativa, pero esta información se distribuye entre múltiples organizaciones, escalas territoriales y finalidades. Organismos de cuenca, administraciones autonómicas y locales, operadores urbanos, comunidades de regantes, industrias usuarias intensivas, centros de investigación, empresas tecnológicas, asociaciones sectoriales y entidades sociales generan o utilizan datos hídricos con distintos niveles de frecuencia, granularidad, sensibilidad y madurez técnica. Esta diversidad constituye una oportunidad para mejorar la gestión del recurso, pero también introduce complejidad institucional, técnica y organizativa.

El análisis del ecosistema debe atender, por tanto, a dos dimensiones complementarias. La primera es la dimensión estructural: qué actores existen, qué papel desempeñan en el ciclo de vida del dato y qué dominios de información resultan relevantes para un espacio de datos del agua. Esta dimensión permite ordenar el ecosistema en torno a perfiles funcionales, identificar familias de datos prioritarias y reconocer las condiciones actuales de acceso e interoperabilidad.

La segunda dimensión es la percepción de los propios actores. Un espacio de datos no puede diseñarse únicamente desde la disponibilidad técnica de información; debe considerar también la disposición real de las organizaciones a compartir datos, las garantías que necesitan, los beneficios que esperan obtener y los riesgos que perciben. La confianza, la reciprocidad, la trazabilidad, la claridad jurídica y la existencia de retornos concretos aparecen como elementos centrales para valorar la viabilidad de cualquier iniciativa de compartición.

Este bloque combina ambas dimensiones. En primer lugar, se caracteriza el ecosistema de datos del agua, identificando actores, roles, dominios de datos, condiciones de acceso y particularidades del contexto de Aragón. En segundo lugar, se incorpora la visión recogida mediante la consulta a actores relevantes, articulada a través de un cuestionario online y entrevistas complementarias con entidades especialmente vinculadas a la gestión urbana del agua y a la aplicación práctica de espacios de datos.

La finalidad no es elaborar un inventario exhaustivo y cerrado de todos los datos y actores existentes, sino construir una lectura operativa del ecosistema. Esta lectura debe permitir distinguir qué datos presentan mayor potencial inicial, qué actores pueden desempeñar un papel tractor, qué información requiere mayores garantías y qué condiciones serían necesarias para avanzar hacia un modelo de intercambio gobernado, útil y progresivo.

Desde esta perspectiva, el Bloque II constituye el puente entre el marco conceptual y normativo del informe y el diagnóstico integrado posterior. Su aportación principal es mostrar que existen datos, actores y necesidades suficientes para explorar un espacio de

datos hídrico, pero que su viabilidad dependerá de cómo se gestionen la fragmentación, la sensibilidad de la información, las asimetrías entre actores y la generación de valor compartido.

3.1. Ecosistema de datos del agua: datos y actores

Planteamiento general del ecosistema de datos hídricos

La gestión del agua depende cada vez más de la disponibilidad, calidad e interoperabilidad de los datos. La planificación hidrológica, la operación de infraestructuras, el control de la calidad del agua, la gestión de sequías e inundaciones, la eficiencia en los usos urbanos, agrarios e industriales, y la evaluación ambiental requieren integrar información procedente de fuentes muy diversas. Sin embargo, el dato hídrico no se genera en un único punto ni responde a una sola finalidad. Se distribuye entre administraciones públicas, organismos de cuenca, operadores urbanos, comunidades de regantes, industrias usuarias intensivas, centros de investigación, empresas tecnológicas, entidades ambientales y ciudadanía.

Esta diversidad convierte al sector del agua en un ecosistema de datos complejo, multiactor y multiescalar. En él conviven datos públicos y privados, datos abiertos y restringidos, observaciones en tiempo real y estadísticas anuales, información geoespacial, series temporales, indicadores agregados y resultados de modelos. Además, cada familia de datos presenta sus propias condiciones de producción, validación, acceso, sensibilidad e interpretación.

En España, este ecosistema presenta una elevada riqueza informativa, pero también una notable fragmentación institucional y técnica. Existen redes consolidadas de observación hidrológica, meteorológica y de calidad, sistemas administrativos de reporte, portales de datos abiertos y plataformas sectoriales. No obstante, estas fuentes se han desarrollado históricamente con lógicas propias, asociadas a competencias, objetivos y sistemas tecnológicos específicos. Como consecuencia, los datos suelen encontrarse dispersos, con formatos heterogéneos, identificadores no siempre compatibles, diferentes niveles de apertura y escasa interoperabilidad semántica [43].

En este contexto, los espacios de datos ofrecen una oportunidad para avanzar desde un modelo basado en silos y acuerdos bilaterales hacia un modelo más federado, interoperable y gobernado. El objetivo no es necesariamente centralizar todos los datos en una única plataforma, más bien al contrario, sino habilitar mecanismos comunes para localizarlos, describirlos, compartirlos y reutilizarlos bajo condiciones conocidas y trazables [23], [44].

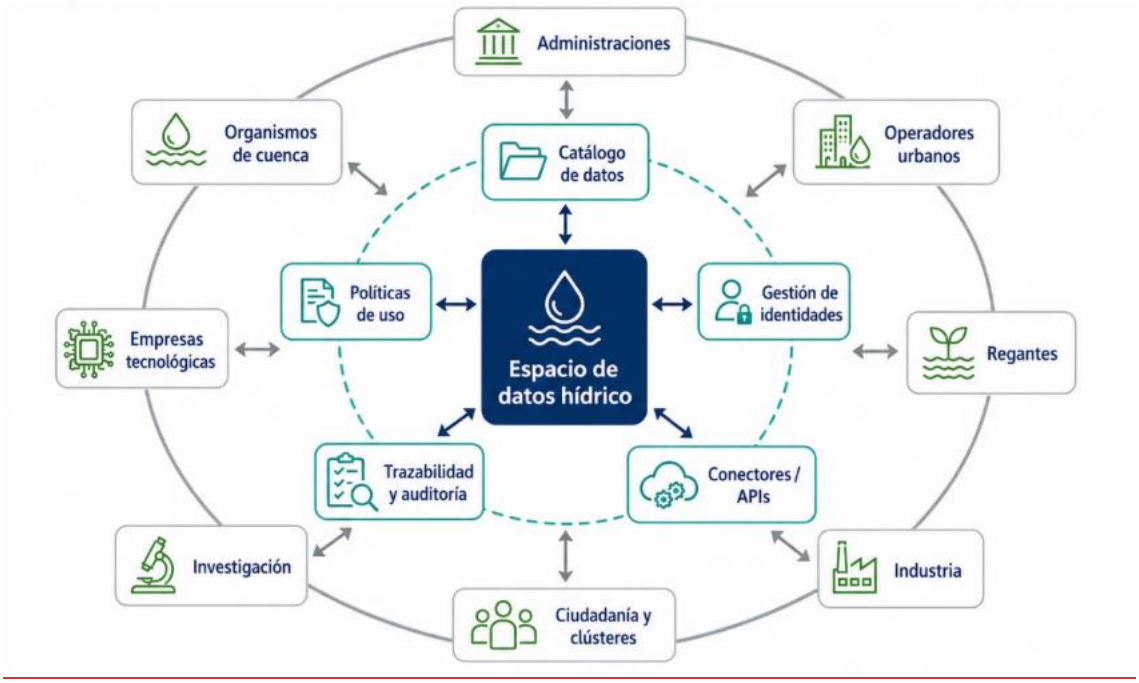


Figura 11. Esquema de un espacio de datos del agua como infraestructura federada de intercambio.

Esta lógica federada permite que distintos actores mantengan el control sobre sus datos, al tiempo que facilita su descubrimiento, acceso y reutilización mediante componentes comunes como catálogos, conectores, políticas de uso, gestión de identidades, trazabilidad y auditoría.

Para valorar esta posibilidad, resulta necesario comprender primero qué actores intervienen en el ecosistema hídrico, qué datos generan o consumen, cuáles son las condiciones actuales de acceso y qué barreras deben superarse.

La caracterización del ecosistema debe partir, por tanto, de una lectura conjunta de actores, roles, datos disponibles, condiciones de acceso y barreras de interoperabilidad. Solo desde esa visión integrada es posible valorar qué información puede circular en un espacio de datos, qué actores deberían participar y qué condiciones mínimas serían necesarias para que la compartición de datos resulte útil, segura y sostenible.

Mapa de actores del ecosistema hídrico-digital

El ecosistema de datos del agua está formado por actores que intervienen en diferentes fases del ciclo del dato: generación, custodia, validación, integración, explotación, regulación, comunicación y uso final. Algunos actores son productores primarios de información, porque operan sensores, redes, infraestructuras o sistemas de medida. Otros actúan como agregadores, integradores o usuarios avanzados, transformando datos de terceros en modelos, indicadores, servicios o conocimiento aplicado. También existen actores cuya función principal no es técnica, pero que resultan esenciales para la gobernanza, la transparencia, la movilización sectorial o la generación de confianza.

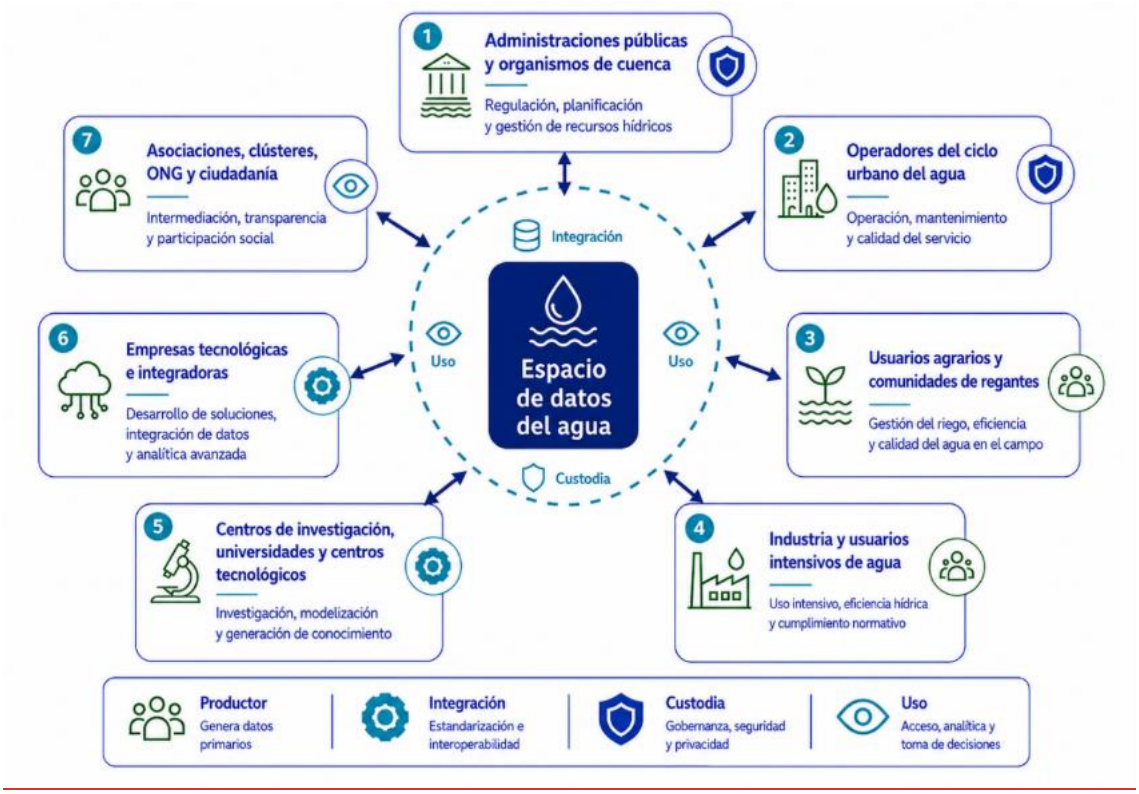


Figura 12. Mapa conceptual de los principales actores del ecosistema hídrico-digital y de sus relaciones con el dato, distinguiendo funciones de producción, custodia, integración y uso de información para la gestión del agua.

Administraciones públicas y organismos de cuenca

Los organismos públicos ocupan una posición central en el ecosistema de datos hídricos. A nivel estatal, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Dirección General del Agua, coordina la política hídrica nacional y mantiene sistemas de información relevantes para la planificación, seguimiento y evaluación de los recursos. Bajo este marco operan las confederaciones hidrográficas, responsables de la gestión de las demarcaciones intercomunitarias y de una parte esencial de los datos hidrológicos, de calidad y de usos del agua.

Las confederaciones hidrográficas gestionan redes de observación como los Sistemas Automáticos de Información Hidrológica, que proporcionan datos sobre caudales, niveles, precipitaciones, embalses y otras variables relevantes para la gestión ordinaria y la respuesta ante episodios extremos [45]. También mantienen redes de calidad de aguas, estaciones de aforo, información sobre masas de agua, concesiones, vertidos, infraestructuras hidráulicas y planificación hidrológica. Son, por tanto, nodos críticos tanto por la cantidad de datos que generan como por su función reguladora y de coordinación.

Junto a los organismos de cuenca, otras administraciones estatales producen información de alto valor. La Agencia Estatal de Meteorología constituye la fuente principal de datos meteorológicos y climáticos oficiales, incluidos observaciones, predicciones, radar, satélite y productos climáticos, accesibles en formatos reutilizables a través de AEMET OpenData [46]. El Instituto Geológico y Minero de España, integrado en el CSIC, aporta información hidrogeológica, redes piezométricas, caracterización de acuíferos y datos relativos a aguas subterráneas. El Instituto Nacional de Estadística, por su parte, genera estadísticas

sobre suministro, saneamiento, consumo urbano, costes y otros indicadores socioeconómicos vinculados al agua [47].

Las comunidades autónomas también desempeñan un papel relevante. Sus competencias abarcan, entre otras materias, el abastecimiento y saneamiento urbanos, la calidad del agua de consumo, la depuración, determinadas cuencas intracomunitarias, la salud pública, la planificación ambiental y la gestión de datos territoriales. A ello se suman portales autonómicos de datos abiertos, infraestructuras de datos espaciales y sistemas estadísticos regionales que publican información hídrica con distinto grado de detalle y reutilización.

Finalmente, las entidades locales son actores esenciales en el ciclo urbano del agua. Ayuntamientos, diputaciones, comarcas, consorcios y empresas públicas o mixtas gestionan redes de abastecimiento, alcantarillado, depuración, telelectura, calidad del agua y atención al usuario. En muchas ocasiones, estos datos se utilizan para la operación interna y el cumplimiento de obligaciones de reporte, pero no se publican en formatos abiertos o reutilizables. Esto convierte al ámbito local en uno de los espacios con mayor potencial de generación de datos y, al mismo tiempo, con mayores retos de integración.

Operadores del ciclo urbano del agua

Los operadores urbanos, tanto públicos como privados o mixtos, gestionan datos operacionales de gran valor. Entre ellos se encuentran volúmenes captados y distribuidos, consumos sectorizados, lecturas de contador, presiones, caudales, indicadores de agua no registrada, incidencias, calidad del agua potable, funcionamiento de estaciones de tratamiento y datos de depuración.

La digitalización del ciclo urbano está incrementando la granularidad y frecuencia de estos datos. La implantación de telelectura, sensores IoT, sistemas SCADA, gemelos digitales, plataformas de gestión de activos y herramientas de analítica permite disponer de información cada vez más detallada sobre el comportamiento de las redes. Esta tendencia se ha visto reforzada en España por el PERTE de Digitalización del Ciclo del Agua, orientado a mejorar la gestión, aumentar la eficiencia y reducir pérdidas en las redes de suministro [18]. No obstante, estos datos suelen estar vinculados a infraestructuras críticas, servicios esenciales, contratos concesionales o información comercialmente sensible. Por ello, su compartición requiere políticas claras de agregación, anonimización, control de acceso y contextualización.

En un espacio de datos del agua, los operadores urbanos podrían actuar como productores de datos de operación y consumo, pero también como usuarios de información externa. Su interés potencial se relaciona con la predicción de demanda, la anticipación de riesgos, la optimización energética, la reducción de fugas, la planificación de inversiones, el benchmarking y el cumplimiento normativo.

Usuarios agrarios y comunidades de regantes

El regadío es el principal uso consuntivo del agua en España y, por tanto, uno de los ámbitos más relevantes para cualquier estrategia de datos hídricos. Las comunidades de regantes y otras entidades de gestión agraria manejan información sobre dotaciones, turnos, consumos por sector o toma, caudales derivados, estado de infraestructuras,

eficiencia de riego, energía asociada, humedad del suelo y necesidades hídricas de los cultivos.

La modernización del regadío ha impulsado la incorporación de telecontrol, caudalímetros, sensores de humedad, estaciones agroclimáticas y plataformas digitales. Sin embargo, los datos de consumo agrario siguen siendo, en general, poco accesibles para terceros. Las razones son diversas: sensibilidad territorial, privacidad de usuarios, heterogeneidad tecnológica, falta de incentivos y ausencia de canales estandarizados para compartir información [43].

Para un espacio de datos, el sector agrario plantea una cuestión crítica: cómo obtener información suficiente para mejorar balances, planificación y eficiencia sin exponer de forma indebida datos individuales de explotaciones, parcelas o usuarios. Esto apunta a modelos de agregación por comunidad, sector de riego, campaña o zona, así como a mecanismos de retorno que aporten valor directo a los regantes, como predicciones de disponibilidad, recomendaciones de riego, alertas tempranas o indicadores comparativos.

Industria y usuarios intensivos de agua

Determinadas industrias disponen de datos de captación, consumo, reutilización, vertido, calidad, continuidad de suministro, eficiencia hídrica y cumplimiento ambiental. En sectores como alimentación y bebidas, papel, química, minería, energía, agroindustria o centros de datos, el agua puede ser un recurso crítico para la continuidad operativa y la competitividad.

Estos actores pueden beneficiarse de un espacio de datos a través de información sobre disponibilidad, riesgo de sequía, restricciones de uso, calidad del recurso, huella hídrica, cumplimiento ESG o previsiones hidrológicas. Sin embargo, sus datos internos suelen considerarse estratégicos, sensibles desde el punto de vista comercial o vinculados a autorizaciones y obligaciones ambientales. Por ello, es previsible que su participación se produzca inicialmente mediante datos agregados, indicadores ya publicados, información anonimizada o casos piloto con acuerdos de confidencialidad.

La incorporación de usuarios intensivos resulta relevante porque permite conectar la gestión del agua con la planificación económica, la sostenibilidad empresarial y la adaptación al cambio climático. No obstante, exige una propuesta de valor clara y condiciones jurídicas robustas.

Centros de investigación, universidades y centros tecnológicos

El sistema científico y tecnológico actúa simultáneamente como consumidor, productor y transformador de datos. Universidades, organismos públicos de investigación y centros tecnológicos utilizan datos hídricos para desarrollar modelos, indicadores, simulaciones, sistemas de alerta, metodologías de evaluación y herramientas de apoyo a la decisión. También generan datos propios en proyectos de investigación, pilotos, redes experimentales, campañas de campo o plataformas demostrativas.

Su papel en un espacio de datos puede ser especialmente relevante en tres dimensiones. En primer lugar, como usuarios avanzados que demandan datos con mayor granularidad, trazabilidad, metadatos, información sobre incertidumbre y series históricas completas. En segundo lugar, como proveedores de servicios derivados, tales como modelos predictivos, validación de datos, indicadores de riesgo, estimaciones de demanda o análisis de

tendencias. En tercer lugar, como actores neutrales capaces de contribuir a la curación semántica, la evaluación de calidad y la verificación metodológica.

La investigación puede, por tanto, aportar valor al ecosistema si el espacio de datos facilita un acceso gobernado a datos relevantes y permite devolver al sector resultados reutilizables.

Empresas tecnológicas e integradoras

Las empresas tecnológicas, integradores de sistemas, consultoras especializadas y startups de *smart water* son actores clave para hacer operativa la compartición de datos. Desarrollan plataformas IoT, sistemas de telecontrol, soluciones de analítica, gemelos digitales, herramientas GIS, sensores, conectores, APIs y servicios de ciberseguridad. En muchos casos, no son titulares de los datos que gestionan, pero sí diseñan los sistemas a través de los cuales esos datos se capturan, procesan y visualizan.

Su papel es esencial para resolver problemas de conectividad, interoperabilidad, escalabilidad, ciberseguridad, integración con sistemas heredados y explotación avanzada. También pueden actuar como proveedores de servicios derivados dentro del espacio de datos. No obstante, su participación debe diseñarse evitando dependencias tecnológicas excesivas, soluciones propietarias cerradas o situaciones de bloqueo de proveedor. Para ello, resultan importantes los estándares abiertos, APIs documentadas, modelos federados y reglas claras sobre titularidad y uso de los datos.

Asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía

Las asociaciones sectoriales, clústeres, ONG ambientales y entidades ciudadanas desempeñan una función de intermediación, movilización y vigilancia. Pueden facilitar acuerdos entre actores, promover la transparencia, identificar necesidades sociales, impulsar la sensibilización y contribuir a que el espacio de datos no se limite a una infraestructura técnica, sino que responda a objetivos de sostenibilidad, gobernanza y confianza pública.

Los clústeres y asociaciones empresariales pueden actuar como nodos de conexión entre operadores, administraciones, tecnológicas, industria e investigación. Las ONG ambientales y entidades sociales pueden aportar una mirada orientada a la rendición de cuentas, la protección del recurso, la prevención de asimetrías de poder y la apertura de determinados datos de interés público. La ciudadanía, aunque no siempre participe como productora directa de datos, es destinataria de parte de los beneficios esperados: transparencia, mejor información, resiliencia, calidad ambiental y confianza institucional.

Particularización al contexto de Aragón

Aragón constituye un territorio especialmente adecuado para analizar el potencial de un espacio de datos del agua. En él confluyen una gran cuenca intercomunitaria, una administración autonómica con competencias relevantes, grandes sistemas de regadío, ciudades con necesidades de gestión urbana, industria usuaria de agua, centros de investigación, empresas tecnológicas y un clúster sectorial consolidado.

La Confederación Hidrográfica del Ebro ocupa una posición central. Su sede en Zaragoza y su papel en la gestión de la cuenca del Ebro la convierten en un actor clave para datos

hidrológicos, embalses, caudales, calidad, planificación, concesiones y seguimiento de eventos extremos. Sus sistemas de información constituyen una fuente esencial para cualquier caso de uso vinculado a disponibilidad, riesgo, calidad o gestión del recurso [48].

El Instituto Aragonés del Agua y el Gobierno de Aragón aportan la perspectiva autonómica sobre abastecimiento, saneamiento, depuración, planificación, calidad y coordinación con entidades locales [49]. A través de Aragón Open Data, IAEST e IDEAragón existen además canales de publicación de información estadística y geoespacial que podrían conectarse con un futuro espacio de datos.[50]

Las entidades locales y operadores urbanos representan otro bloque fundamental. Zaragoza, Huesca, Teruel, diputaciones, consorcios y empresas gestoras generan datos de abastecimiento, saneamiento, calidad, depuración, consumos y operación de redes. La digitalización impulsada por el PERTE puede aumentar sustancialmente la disponibilidad de datos urbanos, aunque será necesario definir qué información puede compartirse, con qué nivel de agregación y bajo qué condiciones [18].

El regadío aragonés constituye un actor estratégico por su peso territorial y económico. Comunidades como Riegos del Alto Aragón, el Canal Imperial de Aragón o la Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña disponen de información relevante sobre dotaciones, consumos, turnos, telecontrol e infraestructuras. Su participación requerirá abordar privacidad, confianza, retorno útil y representación en la gobernanza.

La industria aragonesa y otros usuarios intensivos pueden aportar una visión orientada a seguridad de suministro, restricciones, eficiencia, sostenibilidad y reporte. Su disposición a compartir datos será previsiblemente selectiva, pero pueden ser usuarios relevantes de servicios predictivos, indicadores de riesgo o herramientas de planificación.

Aragón cuenta además con un ecosistema de innovación articulado en torno a ZINNAE, empresas tecnológicas, centros tecnológicos y la Universidad de Zaragoza. Este entorno puede facilitar la identificación de casos de uso, el desarrollo de pilotos, la conexión entre actores y la transferencia de conocimiento [51]. En este sentido, el territorio ofrece condiciones favorables para explorar un enfoque progresivo de espacio de datos, basado en casos concretos y gobernanza colaborativa.

Roles de los actores en el ciclo de vida del dato

Más allá de su clasificación institucional, los actores del ecosistema pueden analizarse según el rol que desempeñan respecto al dato. Esta lectura es útil porque un mismo actor puede ocupar varias posiciones a la vez: producir datos propios, consumir datos de terceros, integrarlos en sus sistemas, transformarlos en indicadores y reportarlos a administraciones o usuarios.

Esta lectura funcional permite pasar del mapa institucional de actores a una visión basada en roles dentro del ciclo de vida del dato

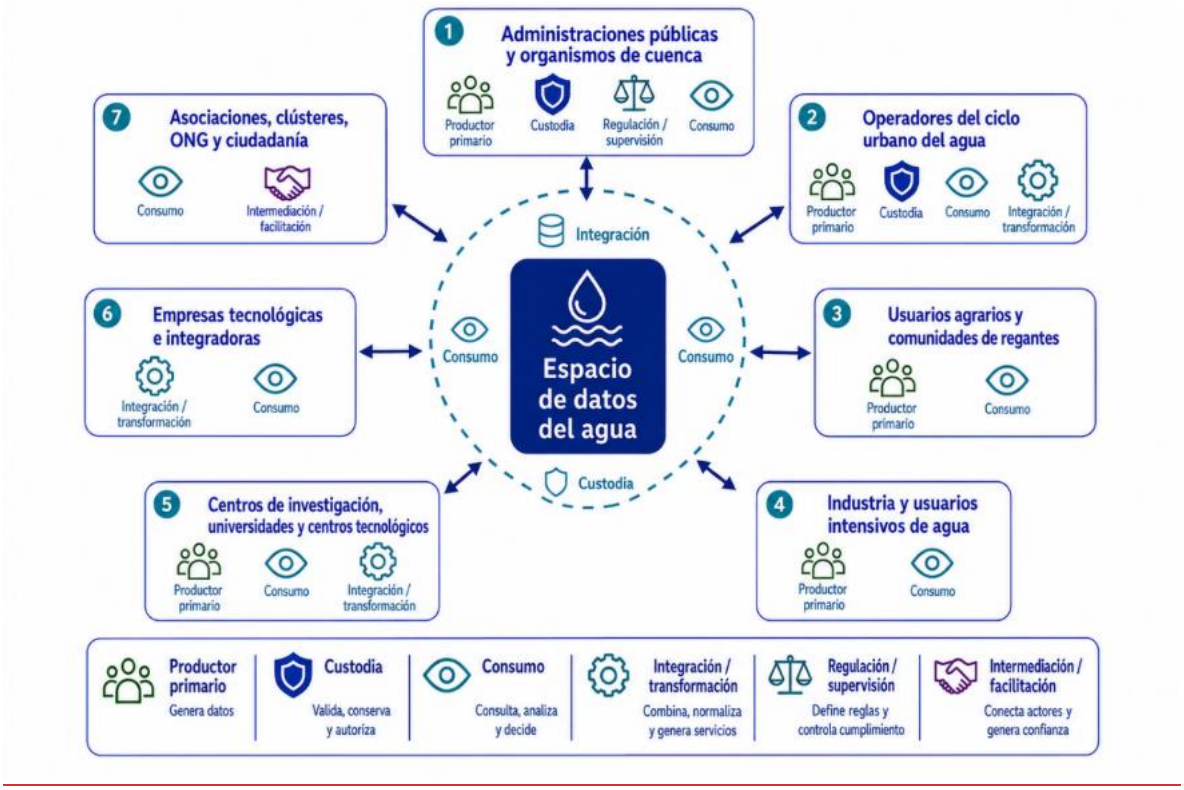


Figura 13. Roles funcionales de los actores en el ciclo de vida del dato hídrico, desde la producción primaria hasta la custodia, integración, regulación, intermediación y reutilización en servicios o decisiones.

A partir de esta lógica, se pueden distinguir, al menos, seis roles principales:

1. **Productores primarios de datos**. Son los actores que generan datos directamente a partir de sensores, mediciones, redes, infraestructuras, campañas de campo, laboratorios, contadores o sistemas administrativos. Incluyen organismos de cuenca, AEMET, IGME-CSIC, operadores urbanos, comunidades de regantes, administraciones, industrias y centros de investigación.
2. **Custodios o responsables del dato.** Son entidades que conservan, validan y autorizan el uso de determinados conjuntos de datos, aunque no siempre los hayan generado directamente. Este rol es especialmente relevante cuando existen obligaciones normativas, responsabilidad pública o implicaciones de seguridad.
3. **Consumidores de datos.** Son actores que necesitan datos externos para planificar, operar, investigar, desarrollar servicios, cumplir obligaciones o tomar decisiones. En el sector del agua, prácticamente todos los actores son consumidores de datos de algún tipo.
4. **Integradores y transformadores.** Son entidades que combinan fuentes heterogéneas, normalizan formatos, resuelven identificadores, aplican modelos, generan indicadores o construyen servicios digitales. Aquí se sitúan tecnológicas, centros de investigación, consultoras, operadores avanzados y administraciones con capacidad analítica.
5. **Reguladores y supervisores.** Definen obligaciones, criterios de reporte, condiciones de calidad, seguridad, acceso o cumplimiento. Incluyen

administraciones competentes en agua, salud pública, medio ambiente, protección de datos, infraestructuras críticas y contratación pública.

6. **Intermediarios y facilitadores.** Generan confianza, conectan actores, ayudan a articular casos de uso, promueven acuerdos y trasladan el valor del dato a comunidades más amplias. Clústeres, asociaciones y ONG pueden desempeñar este papel.

Esta diversidad de roles implica que un espacio de datos hídrico no puede diseñarse como una relación simple entre proveedores y usuarios. Debe contemplar cadenas de valor del dato en las que un dato primario puede convertirse en dato validado, indicador, predicción, alerta, servicio o evidencia de cumplimiento. También debe evitar relaciones extractivas en las que algunos actores aporten datos sin recibir beneficios claros.

Principales dominios de datos hídricos

El ecosistema de datos del agua integra múltiples dominios de información. Cada uno presenta distinta madurez, fuentes, sensibilidad, estructura y potencial de reutilización. Estos dominios no deben interpretarse como compartimentos aislados, sino como capas de información que se combinan para describir el estado del recurso, sus usos, las infraestructuras que lo gestionan, los riesgos asociados y el contexto socioeconómico en el que se toman decisiones.

La figura siguiente ofrece una visión de conjunto de estos dominios y permite ordenar el análisis posterior. Su lectura anticipa una idea clave para el espacio de datos: el valor no procede solo de cada dominio por separado, sino de su integración bajo condiciones comunes de acceso, calidad e interoperabilidad.

DOMINIO DE DATOS HÍDRICOS	¿QUÉ ABARCA?	EJEMPLOS DE DATOS	ACTORES PRINCIPALES
1. Datos meteorológicos y climáticos	Variables atmosféricas y proyecciones climáticas que condicionan el ciclo del agua.	Precipitación, temperatura, humedad, viento, radiación solar, evapotranspiración, predicciones meteorológicas, escenarios climáticos.	AEMET, SIAR, redes agroclimáticas, confederaciones, centros de investigación.
2. Recursos hidrológicos superficiales	Disponibilidad y dinámica de aguas superficiales en cauces y embalses.	Caudales, niveles, volúmenes embalsados, aportaciones, caudales derivados, caudales turbinados, aforos.	Confederaciones hidrográficas, SAIH, MITECO, empresas hidroeléctricas.
3. Calidad de aguas superficiales	Estado químico, biológico y ecológico de ríos, embalses y otras masas de agua.	pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, temperatura, nitratos, fósforo, DQO, contaminantes específicos, índices biológicos.	MITECO (redes de seguimiento), SAICA, confederaciones, laboratorios y centros de análisis.
4. Aguas subterráneas	Estado cuantitativo y químico de acuíferos y dinámica del agua subterránea.	Niveles piezométricos, calidad química, nitratos, conductividad, extracciones, recarga.	IGME-CSIC, confederaciones, CCAA, proyectos de investigación.
5. Usos y consumos del agua	Extracciones y consumos por sectores y su eficiencia.	Volúmenes extraídos, suministrados, consumidos o retornados, dotaciones, agua no registrada, eficiencia de riego, vertidos, reutilización.	INE, operadores urbanos, comunidades de regantes, industrias, confederaciones, administraciones.
6. Calidad del agua de consumo humano	Datos sanitarios y operativos sobre el agua destinada a consumo humano.	Cloro residual, turbidez, microbiología, metales, subproductos de desinfección, incidencias de no conformidad.	SINAC, gestores y operadores de abastecimiento, autoridades sanitarias.
7. Infraestructuras hidráulicas y operación	Activos e infraestructuras hidráulicas y su estado operativo.	Presas, embalses, redes de abastecimiento y saneamiento, ETAP, EDAR, pozos, depósitos, válvulas, sensores, estado operativo de infraestructuras.	MITECO (inventarios), operadores de infraestructuras, entidades locales, confederaciones.
8. Predicción, modelos y escenarios	Resultados de modelos para anticipar eventos y apoyar la toma de decisiones.	Predicción de lluvia, caudal previsto, riesgo de crecida, evolución de sequía, escenarios de demanda, modelos hidrológicos e hidrogeológicos.	AEMET, centros de investigación, confederaciones, empresas tecnológicas.
9. Datos socioeconómicos, tarifarios y de gobernanza	Dimensión social, económica e institucional de la gestión del agua.	Población servida, tarifas, costes, inversiones, cánones, indicadores ESG, huella hídrica, participación pública, indicadores de gobernanza.	INE, administraciones públicas, operadores, organismos reguladores, entidades sociales.

Figura 14. Principales dominios de datos hídricos y ejemplos de información asociada.
Fuente: elaboración propia

Datos meteorológicos y climáticos

Los datos meteorológicos y climáticos constituyen un insumo básico para la gestión hídrica. Incluyen precipitación, temperatura, humedad, viento, radiación solar, evapotranspiración, nieve, predicciones meteorológicas y escenarios climáticos. Son esenciales para estimar disponibilidad de recursos, demanda de riego, sequías, avenidas, balances hidrológicos y riesgos asociados al cambio climático.

Este dominio presenta una madurez relativamente alta, especialmente por la existencia de AEMET OpenData y redes agroclimáticas como SIAR [46], [52]. No obstante, persisten retos de integración asociados a límites de acceso, diferencias de unidades, desalineación temporal, heterogeneidad semántica y coexistencia de observaciones, predicciones y productos derivados.

Recursos hidrológicos superficiales

Este dominio incluye caudales de río, niveles, aforos, volúmenes embalsados, aportaciones, caudales derivados, caudales turbinados y otros datos de disponibilidad superficial. Las fuentes principales son las confederaciones hidrográficas, los SAIH, el MITECO y, en algunos casos, empresas hidroeléctricas u operadores de infraestructuras [45].

Son datos de alto valor para la planificación, la asignación de recursos, la gestión de sequías e inundaciones y la operación de embalses. La principal dificultad reside en la fragmentación por cuencas, la diversidad de sistemas de acceso, la ausencia de una API nacional unificada y la heterogeneidad de identificadores, frecuencias y formatos.

Calidad de aguas superficiales

Los datos de calidad de aguas superficiales incluyen parámetros físico-químicos, biológicos y ecológicos de ríos, embalses y otras masas de agua. Entre ellos se encuentran pH, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, temperatura, nitratos, fósforo, demanda química de oxígeno, contaminantes específicos e índices biológicos.

Este dominio es crítico para la evaluación ambiental, el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua, la detección de contaminación y la protección de ecosistemas. En España, el MITECO estructura esta información en el marco del seguimiento del estado y calidad de las aguas, incluyendo redes como SAICA para alerta de calidad de aguas superficiales [53], [54]. Sin embargo, presenta importantes retos de interoperabilidad debido a la diversidad de parámetros, métodos analíticos, unidades, límites de detección, frecuencias de muestreo y formatos de publicación. La publicación en tiempo real o casi real de determinados datos exige, además, mecanismos de validación y contextualización para evitar interpretaciones incorrectas.

Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas requieren datos de niveles piezométricos, calidad química de acuíferos, nitratos, conductividad, estado cuantitativo y químico, extracciones y recarga. Las fuentes principales son el IGME-CSIC, las confederaciones hidrográficas, comunidades autónomas y proyectos de investigación.

Este dominio es especialmente relevante en zonas con presión agrícola, sobreexplotación, contaminación difusa o riesgo de intrusión salina. Los retos principales

se relacionan con la dispersión de datos históricos, la frecuencia irregular de medición, la diferencia entre niveles expresados como profundidad o cota absoluta, la sensibilidad de ubicaciones de pozos y la baja adopción de estándares específicos como GroundWaterML2.

Usos y consumos del agua

Los datos de usos y consumos comprenden volúmenes extraídos, suministrados, facturados, consumidos o retornados en usos urbanos, agrarios, industriales, energéticos y otros. Incluyen también dotaciones, agua no registrada, consumos por habitante, eficiencia de riego, captaciones, vertidos y reutilización.

Se trata de uno de los dominios de mayor valor estratégico para la planificación y la gestión de la demanda, pero también uno de los más sensibles. A nivel agregado existen estadísticas del INE, información de planes hidrológicos, memorias sectoriales y reportes administrativos. En cambio, los datos granulares de operadores urbanos, regantes o industrias suelen permanecer en sistemas internos o sujetos a acuerdos específicos. La sensibilidad puede ser personal, comercial, reputacional, territorial o vinculada a la gestión de concesiones.

Calidad del agua de consumo humano

Este dominio recoge datos sanitarios y operativos sobre el agua destinada a consumo humano, como cloro residual, turbidez, microbiología, metales, subproductos de desinfección, incidencias de no conformidad y parámetros regulados. El sistema nacional de referencia es SINAC, alimentado por gestores, municipios y autoridades sanitarias [55].

La calidad del agua de consumo presenta un alto nivel de regulación y exigencia de validación, por su relación directa con la salud pública. Aunque existen informes y datos agregados, el acceso a datos crudos y georreferenciados suele ser limitado. Un espacio de datos podría mejorar la trazabilidad y el reporte, pero debe extremar las garantías de validación, interpretación y gestión de alarmas.

Infraestructuras hidráulicas y operación

Este dominio incluye presas, embalses, canales, redes de abastecimiento y saneamiento, estaciones de bombeo, ETAP, EDAR, pozos, depósitos, compuertas, válvulas, sensores, activos críticos y estado operativo de infraestructuras. En el caso de presas y embalses, el MITECO mantiene un inventario oficial con información cartográfica y descriptiva [56]. De forma complementaria, HISPAGUA, Sistema Español de Información sobre el Agua gestionado por el CEDEX, actúa como portal de referencia para el acceso a documentación, normativa, bases de datos y recursos informativos sobre el agua continental en España, incluyendo contenidos relacionados con infraestructuras hidráulicas [57]. Este dominio combina datos estáticos de catálogo con datos dinámicos de operación.

Tiene gran valor para la eficiencia, el mantenimiento, la resiliencia y la gestión de incidencias, pero plantea restricciones de seguridad. Los planos detallados de redes, la ubicación de activos críticos o el estado operativo en tiempo real pueden no ser aptos para apertura pública. La solución pasa por diferenciar niveles de detalle, agregación espacial, acceso restringido y políticas específicas para infraestructuras críticas.

Predicción, modelos y escenarios

Los modelos meteorológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos y de demanda generan datos orientados a anticipar eventos futuros: predicción de lluvia, caudal previsto, riesgo de crecida, evolución de sequía, extensión de inundaciones, demanda esperada, presión sobre acuíferos o escenarios climáticos.

Estos datos tienen alto potencial para servicios avanzados dentro de un espacio de datos, pero presentan retos específicos: incertidumbre, versiones de modelo, horizontes temporales, datos probabilísticos, formatos complejos y responsabilidad sobre el uso de resultados. Es fundamental distinguir entre datos observados y datos modelizados, así como documentar fuentes, métodos, supuestos e incertidumbre.

Datos socioeconómicos, tarifarios y de gobernanza

La gestión del agua requiere también datos sobre población servida, tarifas, costes, inversiones, cánones, recuperación de costes, asequibilidad, empleo, indicadores ESG, huella hídrica, participación pública y gobernanza. Estos datos permiten conectar la dimensión física del agua con su sostenibilidad económica, social e institucional.

Aunque suelen tener menor frecuencia temporal que los datos operativos, resultan esenciales para interpretar decisiones, evaluar políticas públicas y diseñar incentivos. Su integración puede apoyarse en estándares estadísticos, pero exige armonizar definiciones, escalas territoriales y criterios de cálculo.

Condiciones actuales de acceso e interoperabilidad

El análisis de actores y dominios de datos muestra que el sector del agua dispone de una base informativa amplia, pero difícil de integrar. La situación actual puede caracterizarse por cinco rasgos principales interoperabilidad semántica limitada, sensibilidad de determinados datos y predominio de acuerdos bilaterales o peticiones ad hoc. Estos factores no impiden avanzar hacia un espacio de datos, pero sí condicionan su diseño y aconsejan una implantación progresiva.



Figura 15. Condiciones actuales de acceso e interoperabilidad en el ecosistema de datos del agua.

La fragmentación institucional responde a la propia gobernanza del agua. Los datos se distribuyen entre organismos estatales, confederaciones hidrográficas, comunidades autónomas, entidades locales, operadores, usuarios sectoriales, centros de investigación y empresas privadas. Cada actor genera y conserva información de acuerdo con sus competencias, necesidades operativas y sistemas propios. Esta distribución no es necesariamente negativa, pero dificulta obtener una visión integrada del sistema hídrico.

A esta fragmentación se suma una fuerte heterogeneidad técnica. Los mecanismos de acceso son muy variados: APIs abiertas, APIs con clave, descargas CSV o XLS, servicios GIS, visores web, informes PDF, portales internos, solicitudes formales o convenios bilaterales. Esta diversidad obliga a realizar integraciones caso por caso, elevando el coste de reutilización y limitando la automatización.

La interoperabilidad semántica constituye otra barrera relevante. Aunque existen estándares como INSPIRE, OGC Observations & Measurements, WaterML2, GroundWaterML2, SensorThings, SDMX u ontologías climáticas y ambientales, su adopción es desigual [15], [58], [59], [60], [61]. En la práctica, muchas organizaciones utilizan esquemas propios, códigos internos, unidades distintas o vocabularios no documentados. Por ello, el reto no es solo conectar sistemas, sino asegurar que las variables, unidades, métodos, frecuencias, identificadores y criterios de calidad se interpretan de forma coherente.

La sensibilidad de los datos obliga además a diferenciar niveles de acceso. No todos los datos hídricos pueden ni deben ser abiertos: algunos están vinculados a infraestructuras críticas, datos personales, secreto comercial, salud pública, cumplimiento ambiental o posiciones negociadoras en torno al uso del recurso. Esto exige distinguir entre datos abiertos, datos compartidos bajo condiciones, datos agregados, datos anonimizados, indicadores públicos y datos restringidos.

Finalmente, cuando los datos no están abiertos, el acceso suele depender de convenios, solicitudes específicas, relaciones previas o acuerdos bilaterales. Este modelo permite resolver necesidades puntuales, pero no escala bien. Genera tiempos largos, asimetrías entre actores, duplicación de esfuerzos y dependencia de contactos institucionales. Un espacio de datos debería reducir esta fricción mediante catálogos, políticas comunes, licencias, control de acceso y trazabilidad.

Lectura integrada del ecosistema

El ecosistema de datos del agua en España y Aragón dispone de una base informativa amplia, diversa y de gran valor potencial. Existen redes consolidadas de observación meteorológica, hidrológica y de calidad; sistemas administrativos de reporte; operadores con datos operativos cada vez más detallados; usuarios sectoriales con información crítica sobre consumos y demandas; y un tejido tecnológico y científico capaz de transformar datos en servicios avanzados.

Sin embargo, esta riqueza informativa se encuentra fragmentada. Los datos están distribuidos entre múltiples actores, con formatos, frecuencias, identificadores, niveles de apertura y criterios de validación diferentes. La interoperabilidad técnica y semántica sigue siendo limitada, y muchos flujos de datos dependen de acuerdos bilaterales, peticiones ad

hoc o sistemas internos. Además, una parte importante de los datos hídricos es sensible, por lo que la apertura indiscriminada no constituye una solución realista.

El análisis sugiere que un futuro espacio de datos del agua debería construirse sobre varios principios: enfoque federado, soberanía del dato, clasificación por niveles de sensibilidad, interoperabilidad progresiva, estándares abiertos, trazabilidad, control de acceso, retorno para los productores y selección de casos de uso concretos. La experiencia de Aragón permite explorar esta lógica en un ecosistema territorial donde confluyen actores públicos, operadores, regantes, industria, investigación, tecnología y entidades de intermediación.

3.2. Visión del ecosistema por parte de actores relevantes

Enfoque de la consulta a actores

La caracterización del ecosistema de datos del agua se complementó con una consulta dirigida a actores relevantes del sector. Su finalidad fue contrastar el diagnóstico documental y técnico con la percepción de organizaciones que generan, gestionan, integran, utilizan o facilitan datos hídricos. La consulta permitió recoger información sobre el valor potencial de un espacio de datos del agua, las barreras percibidas, las condiciones necesarias para participar y los posibles retornos esperados por los distintos perfiles.

La consulta se diseñó a partir del mapa de actores identificado en el ecosistema, manteniendo como referencia siete grandes grupos funcionales: administraciones públicas y organismos de cuenca, operadores del ciclo urbano, usuarios agrarios y comunidades de regantes, industria y usuarios intensivos de agua, centros de investigación y tecnológicos, empresas tecnológicas e integradoras, y asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía.

Para trasladar este mapa a un instrumento de consulta operativo, se diseñó una estructura con un bloque común de preguntas, aplicable al conjunto de participantes, y módulos específicos adaptados a funciones y responsabilidades concretas. Esta estructura permitió mantener una base comparable de respuestas y, al mismo tiempo, profundizar en aspectos diferenciados según el tipo de actor: datos gestionados, condiciones de compartición, barreras percibidas, necesidades de retorno y posible papel dentro de un espacio de datos.

La modularidad resultaba especialmente necesaria porque algunos perfiles agrupan realidades muy distintas. Dentro de las administraciones públicas, por ejemplo, no desempeñan el mismo papel un organismo de cuenca, una administración autonómica o una entidad local. Del mismo modo, dentro del ecosistema técnico y de innovación, una empresa tecnológica, un centro de investigación o una entidad facilitadora pueden compartir objetivos generales, pero presentar necesidades, capacidades y relaciones con el dato diferentes.

El procedimiento de consulta se articuló mediante un cuestionario online estructurado. La invitación se remitió por correo electrónico a una selección de contactos representativos de los distintos perfiles del ecosistema, acompañada de un breve resumen ejecutivo que contextualizaba el proyecto, explicaba el concepto de espacio de datos y presentaba sus posibles beneficios y retos en el ámbito del agua. La selección de contactos buscó cubrir la diversidad de actores identificados, aunque no todos los invitados completaron finalmente el formulario.

En la propia invitación se ofrecía también la posibilidad de mantener reuniones individuales para ampliar información con aquellas entidades que tuvieran especial interés en el proceso o pudieran aportar una visión más cualitativa. A partir de esta invitación, se mantuvieron entrevistas individuales con DAQUAS y Elliot Cloud. DAQUAS, como asociación española del agua urbana, aportó una visión sectorial vinculada a los operadores responsables de la gestión del agua en los municipios. Elliot Cloud, por su experiencia específica en espacios de datos, permitió contrastar el grado de madurez práctica de este tipo de iniciativas y evitar una aproximación excesivamente teórica.

Ambas entrevistas fueron especialmente útiles para enriquecer la interpretación de los resultados y orientar la definición posterior de casos de uso representativos, al aportar información sobre necesidades reales, condiciones de adopción, barreras prácticas y posibles retornos para los actores participantes.

El cuestionario completo y el informe de resultados se incorporan como anexos, con el fin de preservar el detalle metodológico y la sistematización de las respuestas obtenidas

Perfil de actores participantes

La consulta buscó cubrir la diversidad de posiciones existentes dentro del ecosistema de datos del agua. El interés no se limitaba a identificar grandes productores de información, sino a recoger la visión de actores con roles distintos en el ciclo de vida del dato: generación, custodia, validación, integración, explotación, regulación, intermediación y uso final.

Desde esta perspectiva, los perfiles considerados permiten aproximarse a tres dimensiones complementarias. En primer lugar, la dimensión institucional y reguladora, vinculada a administraciones, organismos de cuenca y entidades públicas responsables de planificación, seguimiento, control o prestación de servicios. En segundo lugar, la dimensión operativa y sectorial, representada por operadores urbanos, regantes, industria y usuarios intensivos. En tercer lugar, la dimensión tecnológica, científica y de intermediación, en la que se sitúan empresas tecnológicas, centros de investigación, universidades, centros tecnológicos, asociaciones, clústeres y entidades sociales.

La siguiente tabla (Tabla 1) muestra los principales perfiles participantes y su papel esperado en un espacio de datos:

Tabla 1. Perfil de actores considerados en la consulta

Perfil agregado del ecosistema	Subperfiles o módulos considerados en la consulta	Papel esperado en un espacio de datos
Administraciones públicas y organismos de cuenca	Organismos de cuenca, administraciones autonómicas, entidades locales y diputaciones	Custodia, regulación, planificación, coordinación y provisión de datos públicos
Operadores del ciclo urbano del agua	Operadores de abastecimiento, saneamiento y depuración	Producción de datos operativos, consumo de información externa y reporte
Usuarios agrarios y comunidades de regantes	Comunidades de regantes y entidades de gestión agraria	Datos de dotaciones, consumos, eficiencia y necesidades de retorno operativo
Industria y usuarios intensivos de agua	Empresas usuarias intensivas, sectores productivos y actividades con riesgo hídrico	Datos de consumo, reutilización, vertido, riesgo hídrico y reporte ESG
Centros de investigación, universidades y centros tecnológicos	Investigación, modelización, validación y transferencia	Consumo avanzado de datos, generación de modelos, indicadores y servicios derivados
Empresas tecnológicas e integradoras	Proveedores de sensores, plataformas, IoT, GIS, analítica y ciberseguridad	Integración técnica, conectores, interoperabilidad y servicios digitales
Asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía	Clústeres, asociaciones sectoriales, entidades ambientales y facilitadores	Intermediación, confianza, movilización, transparencia y articulación de casos de uso

La consulta recogió respuestas de dieciséis organizaciones, cubriendo siete tipologías del ecosistema hídrico. El grupo más numeroso fue el de ONG, asociaciones y clústeres sectoriales, con cinco entidades, seguido de las empresas tecnológicas e integradoras, con cuatro. Los centros de investigación y las administraciones públicas estuvieron representados por dos entidades cada uno, mientras que la comunidad de regantes, el operador del ciclo urbano y la industria usuaria intensiva contaron con una respuesta cada uno.



Figura 16. Distribución de las 16 organizaciones que respondieron al cuestionario por tipología de actor.

Esta composición debe interpretarse como una muestra cualitativa y exploratoria, no como una representación estadística del conjunto del sector. Su valor reside en aportar una lectura contrastada de patrones, tensiones, oportunidades y condiciones de viabilidad identificadas por actores con conocimiento directo del ecosistema hídrico y digital.

Relación actual de los actores con los datos hídricos

Las respuestas recogidas confirman que la relación de los actores con los datos hídricos es heterogénea. Algunos perfiles generan datos de forma sistemática como parte de su actividad ordinaria; otros los consumen para planificación, análisis o toma de decisiones; y otros actúan como integradores, transformadores o facilitadores. Esta diversidad confirma que el espacio de datos no puede concebirse únicamente como un repositorio de información pública, sino como una infraestructura de intercambio entre organizaciones con funciones, capacidades e incentivos distintos.

En términos funcionales, las respuestas muestran que el consumo y la integración de datos de terceros tienen más peso que la producción primaria. Nueve organizaciones se identifican como consumidoras de datos, ocho como integradoras de fuentes externas y seis como productoras. Este patrón es coherente con la lógica de un espacio de datos: alrededor de un conjunto limitado de actores capaces de generar datos relevantes aparece un número mayor de organizaciones interesadas en acceder, integrar, validar o transformar esa información.

Los actores públicos se sitúan en una posición central por su responsabilidad en la planificación, seguimiento, control y prestación de servicios. Gestionan datos hidrológicos, ambientales, administrativos, territoriales y estadísticos, pero también reciben información de operadores, entidades locales, usuarios y otros organismos. Su papel combina producción, custodia, validación y regulación, lo que los convierte en actores clave para la gobernanza de cualquier iniciativa de compartición de datos.

En el caso de los organismos de cuenca, su papel resulta estructural en el ecosistema por sus competencias en planificación hidrológica, seguimiento del recurso, calidad de las aguas y gestión de información de cuenca.

Los operadores urbanos y entidades gestoras del ciclo integral del agua generan datos operativos de alto valor, especialmente en abastecimiento, saneamiento, depuración, calidad, consumos, redes e infraestructuras. La digitalización y la telelectura están incrementando la granularidad de estos datos, pero su explotación externa sigue condicionada por cuestiones de seguridad, confidencialidad, titularidad, reputación y contexto interpretativo.

Las comunidades de regantes y usuarios agrarios disponen de información esencial para comprender la demanda real de agua, la eficiencia de riego, las dotaciones, los consumos por campaña y el funcionamiento de infraestructuras. Sin embargo, la posibilidad de compartir estos datos depende en gran medida de la confianza, de la agregación adecuada y de la existencia de retornos claros para los usuarios.

La industria y otros usuarios intensivos muestran una relación con el dato más vinculada a continuidad operativa, eficiencia, cumplimiento ambiental, sostenibilidad y riesgo hídrico. En este perfil, la información puede tener carácter estratégico o comercialmente sensible, por lo que la disposición a compartirla tiende a asociarse a datos agregados, indicadores, compromisos de confidencialidad o servicios que aporten valor directo.

Las empresas tecnológicas, centros de investigación y centros tecnológicos ocupan una posición transversal. No siempre son titulares de los datos, pero los integran, procesan, modelizan o transforman en herramientas de decisión. Su visión resulta especialmente relevante para identificar barreras técnicas, necesidades de interoperabilidad, condiciones de calidad y oportunidades de servicios avanzados.

Las asociaciones, clústeres, ONG y entidades de intermediación pueden contribuir a conectar actores, identificar intereses compartidos, facilitar la confianza y trasladar la utilidad del espacio de datos a objetivos de sostenibilidad, eficiencia, transparencia y colaboración sectorial.

Datos potencialmente compartibles y condiciones de apertura

La consulta muestra que la compartición de datos no puede plantearse como una apertura indiscriminada. Los actores distinguen, de forma explícita o implícita, entre datos públicos, datos ya publicados, datos agregados, datos anonimizados, indicadores derivados, datos operativos bajo condiciones y datos no compartibles o de acceso muy restringido.

Esta diferenciación es especialmente importante en el sector del agua, donde conviven datos de interés público con información sensible asociada a infraestructuras críticas,

usuarios individuales, actividad económica, salud pública, cumplimiento ambiental o situaciones de escasez. La viabilidad de un espacio de datos depende, por tanto, de establecer niveles de acceso y uso compatibles con la naturaleza de cada dato.

Tabla 2. Tratamiento posible de los datos según nivel de apertura

Tipo de dato	Posible tratamiento en el espacio de datos	Consideraciones principales
Datos abiertos o ya publicados	Integración, catalogación y mejora de interoperabilidad	Requieren metadatos, licencias claras e identificadores estables
Datos agregados	Compartición por zona, sistema, campaña, sector o periodo	Reducen riesgos de privacidad, competencia o exposición individual
Datos anonimizados	Uso condicionado para análisis, modelos o indicadores	Necesitan garantías de anonimización y prevención de reidentificación
Indicadores derivados	Publicación o compartición bajo reglas acordadas	Requieren metodología transparente y contexto interpretativo
Datos operativos bajo condiciones	Acceso restringido para casos de uso concretos	Exigen trazabilidad, control de acceso y finalidad definida
Datos sensibles o críticos	Exclusión, acceso excepcional o entornos controlados	Afectan a seguridad, salud pública, datos personales o secreto comercial

Los resultados del cuestionario apuntan a que los datos de calidad del agua y los datos de usos y consumos constituyen los ámbitos más extendidos entre los actores consultados, con presencia en trece organizaciones en ambos casos. También aparecen con fuerza los datos de infraestructuras y operación, presentes en nueve entidades, y los datos hidrológicos y de predicción, en siete.

En cuanto a la naturaleza del dato compartible, predominan los datos derivados, señalados por nueve organizaciones, frente a cinco que podrían compartir tanto datos primarios como derivados y dos que indican exclusivamente datos primarios. Esta pauta refuerza la conveniencia de iniciar la colaboración a partir de datos transformados, agregados, anonimizados o expresados como indicadores, más que desde la apertura directa de datos brutos sensibles.

Esta clasificación puede representarse como una escala de tratamiento del dato, desde los datos abiertos o ya publicados hasta los datos sensibles o críticos que requieren exclusión, acceso excepcional o entornos controlados.



Figura 17. Síntesis visual de los niveles de acceso y tratamiento de los datos del agua.

La disposición a compartir datos aumenta cuando existe una finalidad clara, reglas de acceso comprensibles, control sobre los usos, trazabilidad, garantías jurídicas y un retorno identificable. En ausencia de estas condiciones, los actores tienden a percibir la compartición como una carga, un riesgo o una pérdida de control.

Beneficios percibidos del espacio de datos

Los actores consultados reconocen un conjunto amplio de beneficios potenciales asociados a la creación de un espacio de datos del agua. La percepción positiva se concentra especialmente en aquellos usos que permiten mejorar la planificación, anticipar riesgos, optimizar recursos, simplificar flujos de información o generar servicios de valor añadido.

La valoración media de los beneficios fue alta en todas las dimensiones analizadas. La mejora de la planificación y la toma de decisiones obtuvo la puntuación más elevada, con una media de 4,8 sobre 5. Le siguieron la transparencia y la confianza, con 4,4, y la gestión del riesgo ante sequías, inundaciones o problemas de calidad, con 4,3. La eficiencia operativa y la innovación en nuevos servicios se situaron en torno a 4,0, mientras que el cumplimiento normativo y el reporte fue la dimensión menos valorada, con 3,7. Este resultado sugiere que los actores no perciben el espacio de datos principalmente como una obligación regulatoria, sino como una herramienta para mejorar decisiones, anticipar riesgos y generar valor operativo.

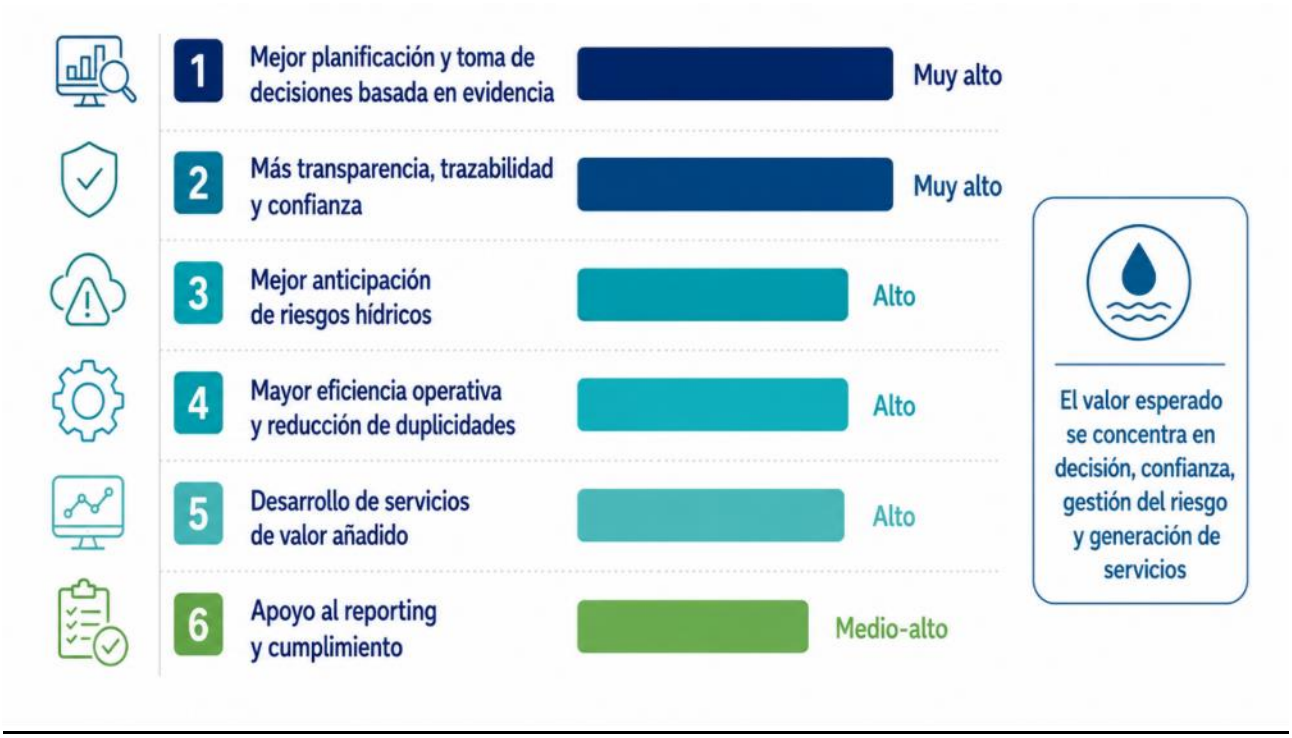


Figura 18. Principales beneficios percibidos de un espacio de datos hídrico.

Uno de los beneficios más claros es disponer de una visión integrada del recurso hídrico. La fragmentación actual dificulta cruzar datos meteorológicos, hidrológicos, de consumo, calidad, infraestructuras y demanda. Un espacio de datos podría facilitar esa integración y permitir una lectura más completa de la situación hídrica en una cuenca, territorio o sistema de abastecimiento.

También se identifica valor en la anticipación de riesgos, la mejora de la planificación y la eficiencia operativa. La integración de datos podría apoyar la gestión de sequías, la predicción de demanda, la detección de riesgos de inundación o contaminación, la planificación de inversiones, la reducción de fugas, la optimización energética y la priorización de actuaciones.

La innovación, la transparencia y la confianza aparecen como beneficios transversales. La disponibilidad de datos interoperables permitiría desarrollar modelos predictivos, sistemas de alerta, cuadros de mando, indicadores de eficiencia, servicios de apoyo al riego, aplicaciones de reporte ESG o herramientas de gestión del riesgo hídrico. Al mismo tiempo, una información mejor documentada, comparable y trazable puede reforzar la toma de decisiones basada en evidencia y facilitar distintos niveles de acceso para administraciones, empresas, entidades sociales y ciudadanía.

La siguiente tabla (Tabla 3) sintetiza los principales beneficios identificados y su posible traducción en valor para el ecosistema.

Tabla 3. Beneficios potenciales del espacio de datos hídrico

Beneficio potencial	Valor para el ecosistema
Integración de información dispersa	Mejora la visión conjunta de recurso, demanda, calidad e infraestructuras
Anticipación de riesgos	Facilita alertas y planificación frente a sequías, inundaciones, contaminación o restricciones
Eficiencia operativa	Permite optimizar redes, riegos, consumos, energía, mantenimiento e inversiones
Simplificación del reporte	Reduce duplicidades y mejora trazabilidad de datos comunicados a administraciones
Innovación y servicios digitales	Habilita modelos, indicadores, predicciones, benchmarking y herramientas de decisión
Transparencia y confianza	Refuerza la rendición de cuentas y la comprensión compartida del estado del recurso
Cumplimiento y sostenibilidad	Apoya obligaciones regulatorias, ESG, huella hídrica y gestión de riesgos

Barreras y riesgos percibidos

La valoración positiva del potencial de los espacios de datos convive con una percepción clara de barreras. Estas barreras no son solo técnicas: afectan también a la confianza, la seguridad jurídica, la titularidad del dato, las capacidades internas, la financiación y los incentivos para participar.

Las barreras identificadas pueden agruparse en tres grandes dimensiones: el marco legal, la confianza y el control sobre los datos; la integración técnica y la interoperabilidad; y la existencia de incentivos o retornos claros para quienes comparten información. Esta agrupación no debe interpretarse como un ranking, sino como una forma de ordenar los obstáculos que deberían abordarse en el diseño del espacio de datos.

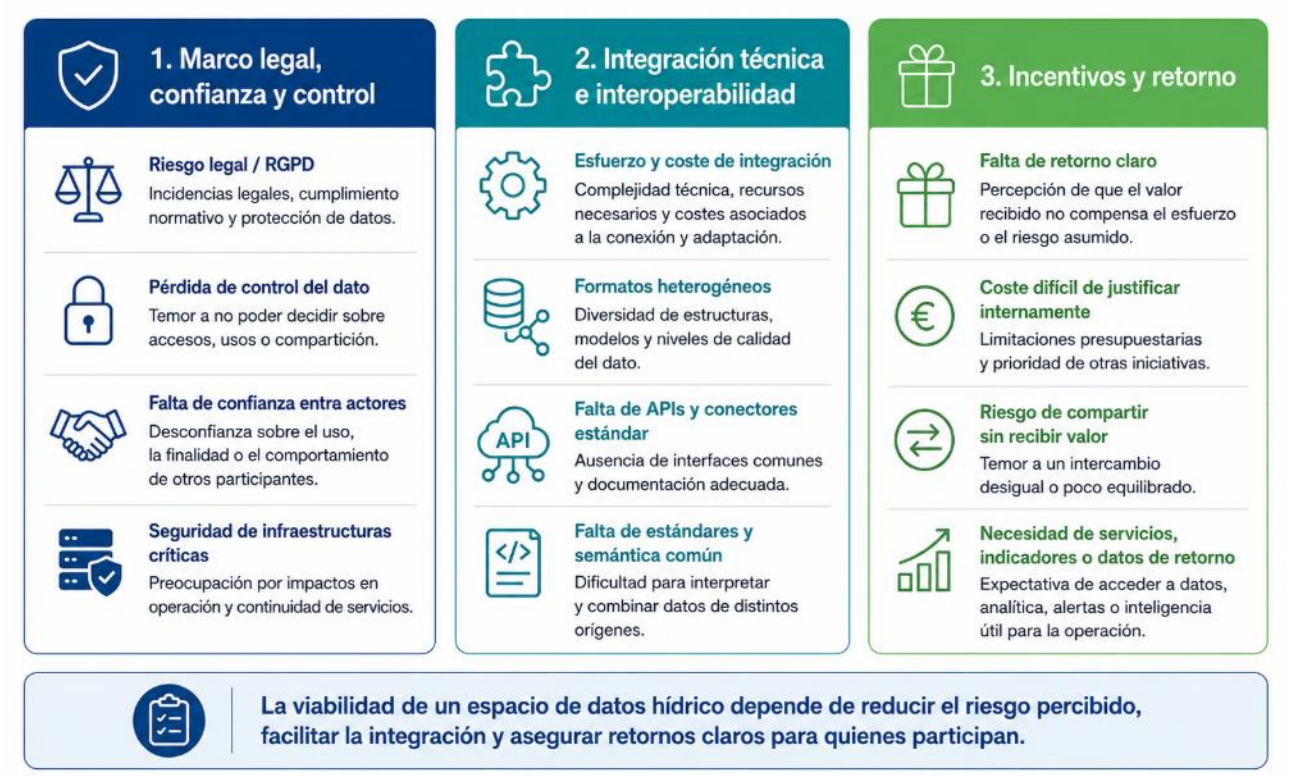


Figura 19. Principales barreras percibidas para la participación en un espacio de datos hídrico, agrupadas por dimensión de diseño.

En términos cuantitativos, las barreras más citadas fueron el riesgo legal, RGPD o confidencialidad, y el esfuerzo o coste de integración, ambas con diez menciones. A continuación, aparece la falta de incentivos o retorno claro, con ocho menciones. La pérdida de control del dato, la falta de confianza entre actores y la falta de estándares o semántica común se sitúan en un segundo nivel, mientras que la seguridad de infraestructuras críticas aparece también como una preocupación relevante. Esta distribución muestra que la viabilidad del espacio de datos no depende solo de resolver problemas tecnológicos, sino de reducir el riesgo percibido, facilitar la integración y asegurar retornos visibles para los participantes.

La primera dimensión agrupa las barreras asociadas al marco legal, la confianza y el control. Los actores expresan dudas sobre la aplicación del RGPD, la confidencialidad empresarial, la titularidad de los datos, la responsabilidad sobre usos posteriores y la posible exposición de información sensible. En el ámbito hídrico, esta sensibilidad no se limita a los datos personales: también puede afectar a infraestructuras críticas, información comercial, datos operativos, salud pública, reputación institucional o posiciones negociadoras en situaciones de escasez. Por ello, el espacio de datos debe ofrecer reglas claras de acceso, finalidad, licencia, trazabilidad, auditoría y protección frente a usos no autorizados o descontextualizados.

La segunda dimensión se refiere a la integración técnica y la interoperabilidad. Muchos actores trabajan con plataformas internas, hojas de cálculo, sistemas SCADA, GIS, APIs propias, visores web o informes en PDF. Esta diversidad dificulta automatizar flujos, comparar datos entre fuentes y mantener procesos actualizados. Las fricciones técnicas detectadas en el cuestionario refuerzan esta lectura: la heterogeneidad de formatos

aparece como la fricción más transversal, seguida de la calidad y validación de los datos y de la falta de APIs. La fragmentación de identificadores, la heterogeneidad semántica y la insuficiencia de metadatos confirman que el problema no es solo de conexión técnica, sino también de significado, calidad y comparabilidad de la información.

La tercera dimensión se relaciona con los incentivos y el retorno. Para muchos actores, preparar datos para su reutilización exige tiempo, conocimiento técnico, documentación, limpieza, validación, mantenimiento y soporte. Si el retorno no es claro, este esfuerzo puede percibirse como una carga adicional. Por ello, el espacio de datos debe evitar una lógica extractiva en la que algunos participantes aporten información sin recibir valor a cambio. Los retornos pueden adoptar distintas formas: acceso a datos de terceros, indicadores agregados, servicios de analítica o predicción, simplificación del reporte, alertas, mejora de eficiencia, reconocimiento o apoyo técnico.

Estas barreras tienen una dimensión práctica y organizativa. La participación requiere recursos, capacidades internas y procedimientos estables. Para entidades pequeñas, actores con baja capacidad digital o perfiles con alta carga operativa, la incorporación al espacio de datos puede resultar inviable si no se plantean mecanismos de acompañamiento, conectores sencillos, perfiles mínimos de datos, documentación clara y pilotos acotados.

La siguiente tabla (Tabla 4) sintetiza las principales barreras identificadas y la respuesta de diseño que debería ofrecer un futuro espacio de datos hídrico.

Tabla 4. Barreras percibidas y respuestas de diseño del espacio de datos

Dimensión de barrera	Manifestación habitual	Respuesta que debería ofrecer el espacio de datos
Marco legal, confianza y control	Riesgo legal, RGPD, confidencialidad, titularidad, responsabilidad, pérdida de control, usos no autorizados o mala interpretación	Gobernanza clara, licencias, contratos, finalidad definida, control de acceso, trazabilidad y auditoría
Seguridad y sensibilidad del dato	Datos vinculados a infraestructuras críticas, salud pública, información comercial, reputación o datos personales	Clasificación de datos, niveles de acceso, agregación, anonimización y entornos controlados
Integración técnica e interoperabilidad	Formatos heterogéneos, falta de APIs, sistemas internos, identificadores distintos, metadatos insuficientes y semántica común limitada	Catálogos, estándares, conectores, APIs documentadas, vocabularios compartidos y criterios de calidad
Capacidades organizativas	Falta de recursos, tiempo, conocimiento técnico o procedimientos para preparar y mantener datos	Soporte técnico, plantillas, perfiles mínimos, acompañamiento y procesos simples de incorporación
Incentivos y retorno	Percepción de que compartir datos no compensa el esfuerzo o el riesgo asumido	Servicios derivados, acceso recíproco, indicadores útiles, reporte simplificado y retornos visibles
Riesgo estratégico o dependencia	Temor a perder ventaja competitiva, quedar expuesto o depender de soluciones propietarias	Soberanía del dato, estándares abiertos, neutralidad de la gobernanza y prevención del bloqueo tecnológico

Condiciones de participación

La consulta apunta a que la participación de los actores dependerá de la existencia de condiciones claras y equilibradas. El interés por compartir o reutilizar datos aumenta cuando los participantes identifican una finalidad concreta, conocen las reglas de uso y perciben un retorno proporcional al esfuerzo o riesgo asumido.

Las respuestas permiten identificar seis condiciones principales para favorecer la participación en un futuro espacio de datos hídrico: gobernanza clara, control de acceso y trazabilidad, existencia de un piloto previo, licencias y contratos definidos, esfuerzo técnico asumible y reciprocidad entre aportaciones y retornos.



Figura 20. Elementos mínimos que favorecen la incorporación de actores a un espacio de datos hídrico.

La primera condición es una **gobernanza clara**. Los actores necesitan saber quién promueve el espacio de datos, qué papel desempeña cada participante, cómo se toman decisiones, qué mecanismos de supervisión existen y cómo se resuelven conflictos. La gobernanza debe ser comprensible, proporcional y adaptada a la diversidad de actores, evitando tanto una excesiva complejidad como una indefinición que genere inseguridad.

Esta prioridad aparece con claridad en las valoraciones del cuestionario: la gobernanza clara alcanza una media de 4,8 sobre 5, seguida del control de acceso y la trazabilidad, con 4,6. El caso piloto previo alcanza también una valoración elevada, con 4,1, lo que apunta a una preferencia por avanzar mediante experiencias acotadas que permitan demostrar valor antes de escalar el modelo.

La segunda condición es el **control de acceso y la trazabilidad**. Los actores necesitan mecanismos que permitan determinar quién accede a qué información, bajo qué permisos, en qué momento y para qué finalidad. La trazabilidad no solo permite auditar accesos, sino que refuerza la soberanía del dato y reduce la percepción de pérdida de control.

La tercera condición es la existencia de un **piloto previo**. Los casos de uso acotados permiten probar reglas, tecnologías, retornos e incentivos sin exigir una integración completa desde el inicio. Esta aproximación puede ser especialmente adecuada para generar confianza, demostrar valor práctico y ajustar el modelo antes de ampliar el número de actores, datos o servicios.

La cuarta condición es contar con **licencias y contratos de datos definidos**. La participación requiere establecer para qué finalidad se utilizan los datos, bajo qué licencia o acuerdo, durante cuánto tiempo, con qué restricciones y con qué responsabilidades para proveedores y consumidores. Esta claridad resulta especialmente importante cuando los datos pueden tener implicaciones jurídicas, comerciales, operativas o reputacionales.

La quinta condición es que el **esfuerzo técnico sea asumible**. No todos los actores tienen la misma capacidad técnica ni gestionan datos con el mismo nivel de madurez. Por ello, el espacio de datos debería facilitar herramientas, conectores, documentación, criterios comunes y acompañamiento para reducir la carga de integración y evitar que la participación resulte inviable para entidades con menos recursos.

La sexta condición es la **reciprocidad**. La participación será más viable si existe un equilibrio claro entre lo que cada actor aporta y lo que recibe del espacio de datos. Esta reciprocidad puede adoptar distintas formas: acceso a datos de terceros, indicadores agregados, servicios de analítica y predicción, alertas, información integrada o simplificación de cargas administrativas. De hecho, los modelos de retorno más citados fueron los servicios de analítica y predicción, el acceso a datos de otros actores y los indicadores agregados

La siguiente tabla (Tabla 5) resume estas condiciones y su alcance operativo para el diseño del espacio de datos.

Tabla 5. Condiciones necesarias para la participación de los actores

Condición	Alcance
Gobernanza clara	Reglas, roles, toma de decisiones, supervisión y resolución de conflictos
Control de acceso y trazabilidad	Capacidad de definir quién accede a qué datos, cuándo, para qué y bajo qué registro
Piloto previo	Experiencias acotadas para demostrar funcionamiento, valor y confianza antes de escalar
Licencias y contratos definidos	Condiciones jurídicas, límites de uso, responsabilidades y reutilización permitida
Esfuerzo técnico asumible	Herramientas, conectores, documentación y soporte para reducir la carga de integración
Reciprocidad	Equilibrio entre lo que cada actor aporta y lo que recibe del espacio de datos

Lectura diferenciada por perfiles

La consulta muestra que la posición de cada actor dentro del ecosistema condiciona su forma de valorar el espacio de datos. No todos los perfiles se aproximan al intercambio de información desde la misma lógica: algunos lo interpretan principalmente como una herramienta de planificación y coordinación; otros como una vía para mejorar la operación o reducir cargas; y otros como una oportunidad para desarrollar servicios, modelos o indicadores de valor añadido.

Esta diferencia es relevante porque el espacio de datos no puede construirse sobre una propuesta única de participación. Los actores que generan o custodian datos sensibles tienden a priorizar garantías de control, trazabilidad, agregación y confidencialidad. En cambio, los actores que integran, modelizan o reutilizan información ponen más énfasis en la calidad, la interoperabilidad, los metadatos, las APIs y las condiciones de reutilización. Las entidades de intermediación, por su parte, tienden a situar el valor en la confianza, la transparencia, la articulación sectorial y la utilidad pública del dato.

La siguiente tabla (Tabla 6) sintetiza esta lectura diferenciada, relacionando para cada perfil su interés principal, las preocupaciones más relevantes y las condiciones que facilitarían su incorporación a un espacio de datos hídrico.

Tabla 6. Lectura diferenciada de intereses, riesgos y condiciones por perfil

Perfil	Interés principal	Riesgo o preocupación principal	Condición crítica de participación
Administraciones públicas	Mejor planificación, coordinación, trazabilidad, reporte y seguimiento de servicios	Complejidad institucional, responsabilidad sobre datos sensibles y carga de gestión	Gobernanza clara, alineación competencial y reglas de uso bien definidas
Operadores urbanos	Mejora del servicio, eficiencia operativa, modelos de demanda, alertas tempranas y reporte	Seguridad, reputación, interpretación fuera de contexto, datos de usuarios e infraestructuras críticas	Control de acceso, agregación/anonimización y contexto interpretativo
Regantes y usuarios agrarios	Predicción de disponibilidad, conocimiento en tiempo real del sistema, optimización de riego y reducción de cargas	Uso sancionador, pérdida de control o exposición de consumos por toma, parcela o usuario	Retorno operativo claro, anonimización suficiente y estandarización de campos y unidades
Industria y usuarios intensivos	Seguridad hídrica, previsión de restricciones, eficiencia, cumplimiento y reporte ESG	Confidencialidad comercial, reputación y exposición competitiva de datos operativos	Finalidad definida, acuerdo de confidencialidad y valor empresarial tangible

Perfil	Interés principal	Riesgo o preocupación principal	Condición crítica de participación
Centros de investigación y tecnológicos	Acceso a datos fiables para modelos, validación, simulación, indicadores y servicios avanzados	Acceso limitado, falta de metadatos, restricciones de uso, incertidumbre y calidad desigual	Calidad, trazabilidad, calibración, licencias claras y condiciones de reutilización
Empresas tecnológicas e integradoras	Desarrollo de servicios, conectores, interoperabilidad, catálogos federados y explotación avanzada	Ciberseguridad, conectividad, falta de estándares, dependencia de sistemas cerrados y ambigüedad sobre titularidad del dato	APIs documentadas , estándares abiertos, conectores comunes y reglas sobre titularidad
Asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía	Transparencia, sostenibilidad, colaboración, sensibilización y articulación sectorial	Opacidad, asimetrías de poder, usos indebidos de la información y mala interpretación pública	Representación equilibrada, reglas claras, auditoría asequible y comunicación comprensible

La tabla pone de manifiesto dos tensiones principales. La primera es la tensión entre valor y riesgo: quienes poseen datos más sensibles necesitan garantías más estrictas antes de compartirlos, mientras que quienes podrían reutilizarlos demandan mayor accesibilidad, calidad y continuidad. La segunda es la tensión entre capacidad y expectativa: no todos los actores disponen de los mismos recursos técnicos para preparar, documentar o mantener datos reutilizables, aunque sí puedan generar información de alto valor para el conjunto del ecosistema.

Por ello, la participación debería plantearse de forma diferenciada. No todos los perfiles tienen que incorporarse con el mismo nivel de exigencia ni mediante el mismo tipo de datos. Para algunos actores puede ser suficiente empezar con datos agregados, indicadores o resultados derivados; para otros, el valor estará en acceder a datos de terceros bajo condiciones claras; y para los perfiles tecnológicos o científicos, la aportación principal puede estar en transformar datos dispersos en servicios, modelos o herramientas de decisión.

Esta lectura refuerza una idea central del diagnóstico: la viabilidad del espacio de datos no depende únicamente de disponer de información, sino de articular un equilibrio razonable entre garantías, capacidades y retornos. Las administraciones pueden actuar como impulsoras y garantes; operadores, regantes e industrias como productores o custodios de datos críticos; tecnológicas y centros de investigación como integradores y transformadores; y asociaciones o clústeres como facilitadores de confianza, movilización y articulación sectorial.

Lectura integrada de la consulta

La consulta muestra una percepción favorable hacia el valor potencial de un espacio de datos del agua, pero condicionada por la existencia de reglas claras, retornos identificables y garantías sobre el uso de la información. El interés no se formula tanto en términos de apertura generalizada de datos, sino de compartición gobernada, trazable y orientada a casos de uso concretos.

Los actores reconocen que el sector dispone de datos abundantes, pero dispersos, heterogéneos y con niveles de calidad, sensibilidad y accesibilidad muy diferentes. También identifican que la digitalización está aumentando la disponibilidad de información, especialmente en redes urbanas, regadío, sensores, plataformas IoT y sistemas de predicción. Sin embargo, esta mayor disponibilidad no se traduce automáticamente en interoperabilidad, confianza ni reutilización efectiva.

El espacio de datos se percibe como una oportunidad si permite resolver problemas reales: integrar información dispersa, anticipar riesgos, mejorar decisiones, reducir cargas de reporte, generar servicios útiles y reforzar la transparencia. En cambio, puede generar rechazo si se percibe como una obligación adicional, un mecanismo de control, una exposición de información sensible o una infraestructura tecnológica sin retorno claro.

La lectura conjunta de las respuestas apunta a la conveniencia de avanzar de forma progresiva, mediante casos de uso concretos y pilotos capaces de demostrar valor. Los primeros pasos deberían centrarse en datos de sensibilidad gestionable, actores con capacidad e interés, reglas de acceso claras y retornos visibles para quienes participan. Esta lógica permitiría validar no solo la arquitectura técnica, sino también la gobernanza, los incentivos y la confianza entre actores antes de ampliar el alcance del espacio de datos.

La consulta confirma, en definitiva, que la viabilidad de un espacio de datos del agua depende tanto de la arquitectura técnica como de la arquitectura institucional y relacional. La confianza, la gobernanza, los incentivos y el retorno para los participantes son condiciones tan importantes como los estándares, APIs o conectores tecnológicos.

4. BLOQUE III - DIAGNÓSTICO INTEGRADO

El análisis realizado en los bloques anteriores ofrece una base sólida para valorar la viabilidad de un espacio de datos hídrico desde una perspectiva integrada. El marco normativo y técnico disponible, la riqueza del ecosistema de datos del agua y la visión recogida de los actores permiten avanzar desde una caracterización descriptiva hacia una lectura aplicada: identificar qué capacidades ya existen, qué condiciones deben reforzarse y qué elementos resultan necesarios para orientar una primera implementación útil, gobernada y escalable.

El contexto europeo y nacional resulta especialmente favorable para este tipo de aproximaciones. La Estrategia Europea de Datos, el Reglamento de Gobernanza de Datos, el Data Act, el impulso a los espacios de datos sectoriales y las iniciativas de estandarización proporcionan un marco de referencia que legitima y ordena el intercambio confiable de datos. En el ámbito hídrico, esta orientación se ve reforzada por la digitalización del ciclo del agua, la necesidad de mejorar la planificación, las obligaciones crecientes de reporte y la demanda de sistemas de información más interoperables.

El sector del agua dispone, además, de una base de información amplia, diversa y de alto valor para la planificación, la operación, la transparencia y la innovación. Existen fuentes públicas consolidadas, redes de observación hidrológica y meteorológica, sistemas de información administrativa, datos operativos generados por operadores urbanos, comunidades de regantes e industrias, así como capacidades tecnológicas y científicas para transformar esos datos en servicios de valor añadido. Esta riqueza informativa constituye una oportunidad evidente, pero se encuentra distribuida entre múltiples actores, sistemas y escalas territoriales, con distintos niveles de apertura, calidad, sensibilidad, frecuencia de actualización y madurez técnica. La consulta a actores refuerza, además, que el ecosistema no se organiza únicamente en torno a productores primarios de datos, sino también alrededor de organizaciones que consumen, integran, validan o transforman información de terceros. Por ello, el espacio de datos debe concebirse como una infraestructura de reutilización y generación de valor, y no solo como un mecanismo de publicación de información.

El diagnóstico integrado parte, por tanto, de una premisa positiva: existen datos, actores, necesidades y marcos de referencia suficientes para avanzar hacia un espacio de datos hídrico. La cuestión clave no es justificar la existencia de datos, sino establecer las condiciones que permitan compartirlos y reutilizarlos de forma confiable, proporcionada y orientada a valor. Para ello, resulta necesario distinguir entre datos abiertos, agregados, anonimizados, restringidos o sensibles, y definir niveles diferenciados de acceso, uso y control.

La confianza aparece como una condición estructural. Los actores necesitan garantías técnicas, pero también seguridad jurídica, claridad sobre la finalidad del uso, capacidad de mantener el control sobre sus datos y certeza sobre los beneficios esperados. Por ello, la viabilidad del espacio de datos depende tanto de elementos técnicos —interoperabilidad, metadatos, conectores, APIs o trazabilidad— como de factores organizativos, jurídicos y culturales: gobernanza, reglas claras, reparto equilibrado de beneficios y capacidades suficientes para mantener el sistema en el tiempo.

Desde esta perspectiva, el desarrollo de un espacio de datos hídrico debe plantearse de forma progresiva. La primera implementación no tiene que cubrir todo el sector ni integrar todos los datos disponibles, sino validar en un entorno acotado la utilidad del enfoque, las reglas de participación, los mecanismos técnicos y la generación de confianza entre actores. Esta lógica permite reducir riesgos, aprender con datos y organizaciones reales, y escalar posteriormente hacia escenarios de mayor complejidad.

4.1. Diagnóstico integrado de viabilidad de un espacio de datos hídrico

Diagnóstico de madurez del ecosistema

La madurez del ecosistema puede analizarse en cinco dimensiones complementarias: madurez del dato, madurez técnica, madurez organizativa, madurez jurídica y de confianza, y madurez de valor. Estas dimensiones no deben interpretarse como compartimentos aislados, sino como capacidades interdependientes que condicionan conjuntamente la viabilidad de un espacio de datos hídrico. Un ecosistema puede disponer de datos abundantes, pero no estar preparado para reutilizarlos si faltan metadatos, interoperabilidad, reglas de acceso, capacidades organizativas o una propuesta de valor clara para los participantes.



Dimensión	Síntesis diagnóstica
1. Madurez del dato	Muchas fuentes y datos relevantes, pero con carencias de metadatos, trazabilidad y condiciones homogéneas de reutilización.
2. Madurez técnica	Existen capacidades avanzadas en algunos actores, pero persisten sistemas heterogéneos y déficits de interoperabilidad.
3. Madurez organizativa	La capacidad para preparar y mantener datos reutilizables es desigual entre organizaciones.
4. Madurez jurídica y de confianza	Es la dimensión más crítica: existe un marco normativo favorable, pero la compartición exige reglas claras, control del dato y garantías verificables.
5. Madurez de valor	El valor potencial está claramente identificado, pero debe traducirse en retornos concretos para cada actor.

Diagnóstico global: madurez intermedia, con mayor avance en disponibilidad de datos y en la percepción de valor, y mayores brechas en interoperabilidad, organización y, especialmente, en el ámbito jurídico y de confianza.

Figura 21. Dimensiones de madurez del ecosistema para el desarrollo de un espacio de datos hídrico.

En conjunto, el ecosistema presenta una madurez intermedia: cuenta con una base significativa de datos, capacidades técnicas relevantes y una percepción clara del valor potencial, pero todavía muestra déficits importantes en interoperabilidad, metadatos, capacidades organizativas, reglas de acceso y mecanismos de confianza. La madurez es mayor en la disponibilidad de datos y en la identificación de oportunidades de valor, mientras que resulta más limitada en las dimensiones técnica, organizativa y, especialmente, en la dimensión jurídica y de confianza. Esta asimetría aconseja plantear una primera implementación progresiva, centrada en datos de sensibilidad gestionable, reglas simples, actores comprometidos y beneficios verificables.

Madurez del dato

Grado de madurez estimado: media. La madurez del dato en el sector hídrico es desigual, aunque existe una base informativa suficiente para plantear una primera implementación de espacio de datos. Existen dominios con un grado relativamente alto de disponibilidad y estructuración, como los datos meteorológicos, hidrológicos superficiales, datos de embalses, estadísticas públicas o determinada información geoespacial. También existen datos operativos de gran valor generados por operadores urbanos, comunidades de regantes, industrias, infraestructuras hidráulicas, sistemas de telecontrol, sensores IoT y plataformas de gestión. Sin embargo, estos últimos suelen presentar mayores restricciones de acceso, mayor heterogeneidad y una dependencia más fuerte del contexto en el que se producen.

Desde la perspectiva de un espacio de datos, la principal limitación no es únicamente la falta de datos, sino la falta de condiciones homogéneas para describirlos, interpretarlos y reutilizarlos. Muchos conjuntos de datos carecen de metadatos suficientes, identificadores estables, información clara sobre calidad, frecuencia de actualización, licencia, responsable, método de validación o restricciones de uso. Esta situación dificulta la automatización de flujos y reduce la confianza del consumidor de datos.

También existe una diferencia importante entre datos disponibles y datos reutilizables. Un dato publicado en un visor, en un PDF o en una tabla descargable puede ser útil para consulta humana, pero no necesariamente para su integración automática en servicios digitales. Por tanto, una mejora sustancial de madurez pasa por avanzar desde la mera disponibilidad hacia la reutilización gobernada: datos documentados, trazables, con formatos estables, condiciones claras de acceso y mecanismos de actualización previsibles.

Madurez técnica

Grado de madurez estimado: media-baja. La madurez técnica del ecosistema es heterogénea y constituye uno de los principales factores limitantes para avanzar hacia un espacio de datos operativo. Conviven infraestructuras avanzadas de sensorización, SCADA, GIS, plataformas IoT, gemelos digitales, APIs y sistemas de analítica con procedimientos manuales, hojas de cálculo, informes estáticos, portales poco interoperables o sistemas heredados. Esta coexistencia no impide desarrollar un espacio de datos, pero obliga a plantear una arquitectura inicial flexible, capaz de integrar fuentes con distintos niveles de digitalización.

Desde el punto de vista técnico, los principales retos se concentran en la interoperabilidad, la normalización semántica, la gestión de identidades, el control de

acceso y la trazabilidad. Un espacio de datos hídrico no necesita necesariamente centralizar la información, pero sí requiere mecanismos comunes para descubrir *datasets*, conocer sus condiciones de uso, solicitar acceso, registrar transacciones y garantizar que los datos se intercambian bajo reglas conocidas.

La existencia de estándares, arquitecturas de referencia y componentes tecnológicos reutilizables reduce la incertidumbre técnica. No obstante, la adopción de estos componentes debe ser proporcional al grado de madurez de los actores participantes. En una primera fase, puede ser más efectivo avanzar con un catálogo bien definido, APIs documentadas, conectores ligeros o mecanismos controlados de intercambio que intentar desplegar desde el inicio una arquitectura completa con todos los elementos de un espacio de datos plenamente federado.

Madurez organizativa

Grado de madurez estimado: media-baja. La madurez organizativa presenta diferencias relevantes entre actores y puede condicionar la participación efectiva en un espacio de datos. La participación no depende solo de disponer de información, sino de contar con capacidades internas para prepararla, mantenerla y compartirla. Muchos actores del ecosistema hídrico, especialmente entidades locales, pequeñas comunidades de usuarios, operadores de menor tamaño o entidades con recursos limitados, pueden generar datos valiosos pero no disponer de personal, procedimientos o sistemas suficientes para convertirlos en activos reutilizables.

La madurez organizativa incluye la existencia de responsables del dato, procedimientos de validación, criterios de calidad, documentación, soporte técnico, capacidad de respuesta ante incidencias y procesos de autorización. En ausencia de estas capacidades, la participación en un espacio de datos puede percibirse como una carga adicional. Esto es especialmente relevante si el esfuerzo de preparación y mantenimiento del dato recae sobre actores que no perciben un retorno claro.

Por tanto, el diseño del espacio de datos debe contemplar mecanismos de acompañamiento, simplificación y reparto equilibrado de cargas. No todos los participantes deberían asumir el mismo nivel de complejidad desde el inicio. La incorporación gradual, los modelos de participación diferenciados y la existencia de entidades facilitadoras pueden ser decisivos para ampliar la base de actores sin excluir a aquellos con menor capacidad técnica.

Madurez jurídica y de confianza

Grado de madurez estimado: baja. La madurez jurídica y de confianza constituye la dimensión más crítica del diagnóstico. Aunque existe un marco normativo europeo y nacional favorable al desarrollo de espacios de datos, este marco todavía debe traducirse en reglas operativas, acuerdos de participación, políticas de acceso y mecanismos de garantía aplicables al ecosistema hídrico. La dificultad no reside tanto en la ausencia de referencias legales, sino en su concreción práctica para facilitar la participación de actores que gestionan datos sensibles, estratégicos o sujetos a restricciones de uso.

En el sector del agua, la información puede estar vinculada a competencias públicas, obligaciones de reporte, contratos concesionales, datos personales, seguridad de infraestructuras, salud pública, intereses comerciales o sensibilidad territorial. Esta

diversidad exige definir con claridad la titularidad de los datos, la finalidad del uso, las responsabilidades asociadas, las condiciones de confidencialidad, las licencias, los plazos de conservación, las posibilidades de reutilización y los mecanismos de auditoría.

La consulta a actores muestra que la disposición a compartir aumenta cuando se conoce quién accede a los datos, para qué finalidad, bajo qué condiciones y con qué garantías. En cambio, disminuye cuando existe riesgo de usos sancionadores, comparaciones descontextualizadas, exposición reputacional, pérdida de ventaja competitiva o falta de control sobre usos posteriores. Esta percepción no debe interpretarse como una resistencia al intercambio, sino como una condición de diseño: el espacio de datos debe ofrecer mecanismos verificables de confianza.

La confianza debe construirse en tres niveles complementarios. En primer lugar, confianza institucional, mediante una gobernanza neutral, roles claros y reglas transparentes. En segundo lugar, confianza jurídica, mediante acuerdos, licencias, políticas de uso y responsabilidades comprensibles para los participantes. En tercer lugar, confianza técnica, mediante control de acceso, trazabilidad, autenticación, registro de transacciones y mecanismos de auditoría. La ausencia de cualquiera de estos niveles puede comprometer la participación de actores clave, incluso cuando exista interés en el valor potencial del espacio de datos.

Madurez de valor

Grado de madurez estimado: media-alta. La madurez de valor es una de las dimensiones más avanzadas del ecosistema, en la medida en que los actores reconocen con claridad el potencial de los datos compartidos para mejorar la planificación, la toma de decisiones, la transparencia, la confianza y la gestión anticipada de riesgos. Sin embargo, esta percepción positiva debe traducirse en retornos concretos para cada perfil de participante. Un espacio de datos no será sostenible si se percibe únicamente como una obligación de aportar información. Debe ofrecer retornos reconocibles: reducción de cargas administrativas, mejora de la planificación, acceso a información externa, servicios predictivos, indicadores comparativos, apoyo al cumplimiento normativo, eficiencia operativa, visibilidad, financiación o capacidad de innovación.

En el ecosistema hídrico existe una percepción positiva sobre el potencial de los datos compartidos, pero esa percepción debe traducirse en beneficios concretos para cada perfil de actor. La consulta muestra que los beneficios más claramente reconocidos se relacionan con la mejora de la planificación y la toma de decisiones, la transparencia y la confianza, y la gestión anticipada de riesgos.

Desde una lectura funcional del ecosistema, las administraciones y entidades con responsabilidades de planificación pueden encontrar valor en la mejora de la coordinación, la trazabilidad y la toma de decisiones; los operadores, en la eficiencia y la comparación contextualizada; los regantes, en información útil para la gestión de dotaciones y riesgos; la industria, en indicadores de disponibilidad y sostenibilidad; los centros de investigación, en el acceso gobernado a datos de calidad; y las empresas tecnológicas, en oportunidades para desarrollar servicios.

El reporte y el cumplimiento normativo siguen siendo relevantes, pero deben presentarse como una vía práctica de simplificación y mejora de la calidad de los flujos de información, más que como el principal argumento de valor para el conjunto de actores.

El diagnóstico sugiere que la madurez de valor será mayor cuando el espacio de datos se vincule a finalidades concretas, medibles y comprensibles. Por ello, la implantación debe evitar un enfoque excesivamente abstracto. La infraestructura solo tendrá sentido si permite resolver problemas reales y si los actores perciben que el esfuerzo de participación está justificado por un retorno proporcional.

Oportunidades priorizadas para avanzar

Las oportunidades identificadas no tienen el mismo horizonte temporal ni el mismo grado de complejidad. Para evitar una lectura genérica de beneficios, conviene distinguir entre oportunidades inmediatas, oportunidades intermedias y oportunidades estructurales.

Esta clasificación permite ordenar el avance desde actuaciones de preparación del dato y reducción de fricciones actuales, hacia mecanismos de intercambio más automatizados y, finalmente, hacia modelos de colaboración más avanzados basados en gobernanza federada, servicios derivados y trazabilidad.

La figura siguiente sintetiza esta progresión. Su finalidad es mostrar que el desarrollo de un espacio de datos hídrico no debería comenzar por los escenarios de mayor complejidad, sino por oportunidades que permitan generar confianza, mejorar la calidad de la información disponible y demostrar valor de forma incremental.

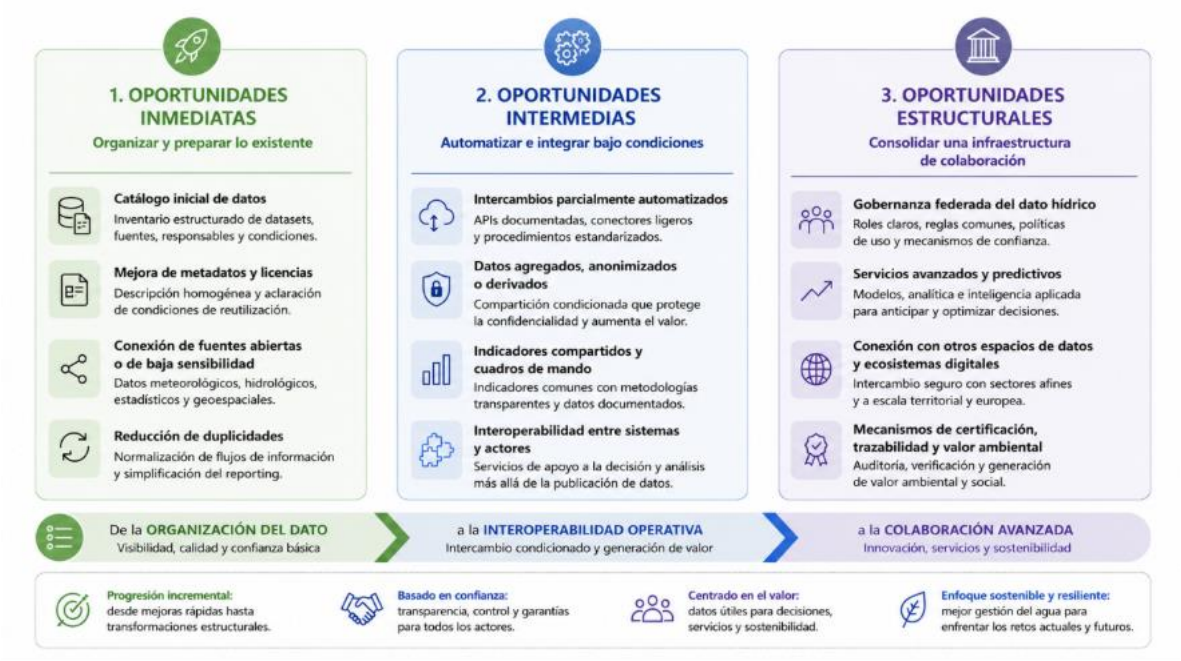


Figura 22. Priorización de oportunidades para avanzar hacia un espacio de datos hídrico, estructurada en tres niveles de madurez: inmediatas, intermedias y estructurales.

Oportunidades inmediatas

Las oportunidades inmediatas se sitúan en ámbitos donde ya existen datos, actores identificables y necesidades claras de mejora. No requieren una transformación completa del ecosistema, sino una mejor organización de recursos existentes.

Una primera oportunidad es la catalogación de datos disponibles. El simple hecho de disponer de un inventario estructurado de *datasets*, fuentes, responsables, formatos, frecuencia, calidad, condiciones de acceso y sensibilidad ya supondría un avance relevante. Esta catalogación permitiría visibilizar datos dispersos, detectar duplicidades, identificar huecos y facilitar la priorización de actuaciones.

Una segunda oportunidad es la mejora de metadatos y licencias. Muchos datos públicos o semiabiertos podrían ganar valor si se describieran de forma más homogénea y se aclararan sus condiciones de reutilización. Esta mejora no exige necesariamente modificar los sistemas de origen, pero sí establecer criterios comunes de documentación.

Una tercera oportunidad es la conexión de fuentes ya abiertas o de baja sensibilidad. Los datos meteorológicos, hidrológicos, estadísticos, geoespaciales o agregados pueden servir como base inicial para validar mecanismos de búsqueda, integración y visualización sin entrar todavía en datos especialmente sensibles.

Una cuarta oportunidad es la reducción de duplicidades en flujos de información. Aunque el cumplimiento normativo y el reporte no aparecen como el beneficio más valorado por los actores consultados, la simplificación de estos flujos puede generar valor temprano si se vincula a menor carga administrativa, mayor trazabilidad y mejora de la calidad de los datos. Muchos actores remiten información similar a distintas administraciones o entidades en formatos diferentes, por lo que la normalización progresiva de estos procesos puede facilitar la aceptación práctica del enfoque de espacio de datos.

Oportunidades intermedias

Las oportunidades intermedias requieren mayor coordinación entre actores y cierto grado de automatización, pero no necesariamente una arquitectura completa. Se sitúan en el tránsito entre la mejora de la información disponible y el desarrollo de servicios operativos.

Una oportunidad relevante es la automatización parcial de intercambios de datos. APIs documentadas, conectores ligeros o procedimientos estandarizados pueden sustituir flujos manuales, reducir errores y mejorar la trazabilidad. Esto es especialmente útil cuando existen obligaciones recurrentes de actualización o reporte.

Otra oportunidad es el intercambio condicionado de datos agregados, anonimizados o derivados. Este enfoque resulta especialmente coherente con la visión de los actores consultados, que identifican los datos derivados, los indicadores y las agregaciones como fórmulas más viables de compartición que la apertura directa de datos primarios sensibles. Permite incorporar información de mayor valor sin exponer datos individuales, comerciales o críticos. La agregación territorial, temporal o funcional puede ser una vía adecuada para equilibrar utilidad, protección y confianza.

También existe oportunidad en la generación de indicadores comunes. Indicadores de disponibilidad, eficiencia, presión, riesgo, calidad, resiliencia o sostenibilidad pueden

facilitar la comparación, la planificación y la toma de decisiones si se calculan con metodologías transparentes y datos suficientemente documentados.

Finalmente, la interoperabilidad entre sistemas públicos, operadores y agentes tecnológicos puede habilitar servicios de apoyo a la decisión, cuadros de mando compartidos o herramientas de análisis que vayan más allá de la publicación pasiva de datos.

Oportunidades estructurales

Las oportunidades estructurales corresponden a escenarios de mayor madurez, donde el espacio de datos se convierte en una infraestructura estable de colaboración, innovación y gobernanza.

Una primera oportunidad estructural es la creación de un modelo federado de gobernanza del dato hídrico. Este modelo permitiría mantener los datos en origen, respetando la soberanía de cada actor, pero habilitando su descubrimiento, acceso y reutilización bajo reglas comunes.

Una segunda oportunidad es el desarrollo de servicios avanzados basados en datos compartidos. Modelos predictivos, sistemas de alerta, herramientas de planificación, indicadores ESG, evaluación de riesgos o soluciones de optimización pueden construirse sobre una base de datos interoperable y confiable.

Una tercera oportunidad es la conexión con otros espacios de datos sectoriales. El agua se relaciona directamente con energía, agricultura, industria, territorio, clima, biodiversidad y ciudades. Un espacio de datos hídrico podría ganar valor si se diseña desde el inicio con criterios que permitan su federación futura con otros dominios.

Una cuarta oportunidad es la creación de mecanismos de colaboración económica y ambiental basados en datos. La medición, verificación y trazabilidad de impactos hídricos puede facilitar modelos de financiación, compensación, certificación o acción colectiva, siempre que existan reglas sólidas y metodologías compartidas.

Barreras críticas y grado de bloqueo

Las barreras identificadas en el ecosistema no tienen todas el mismo efecto sobre la viabilidad de un espacio de datos hídrico. Algunas pueden bloquear la participación de actores clave si no se resuelven desde el inicio; otras condicionan el diseño del MVP y obligan a plantearlo con prudencia; otras pueden resolverse mediante decisiones prácticas en la primera fase; y, finalmente, algunas capacidades pueden diferirse a etapas posteriores sin comprometer la viabilidad inicial.

Esta clasificación permite priorizar esfuerzos y evitar que la complejidad del objetivo final paralice la primera implementación. La figura siguiente sintetiza esta lectura, ordenando las barreras según su grado de bloqueo: desde aquellas que afectan directamente a la legitimidad y la confianza del espacio de datos, hasta las que forman parte de una evolución futura hacia mayor madurez técnica, organizativa y funcional. A partir de esta lectura, los apartados siguientes desarrollan cada tipo de barrera y sus implicaciones para el diseño progresivo del espacio de datos.

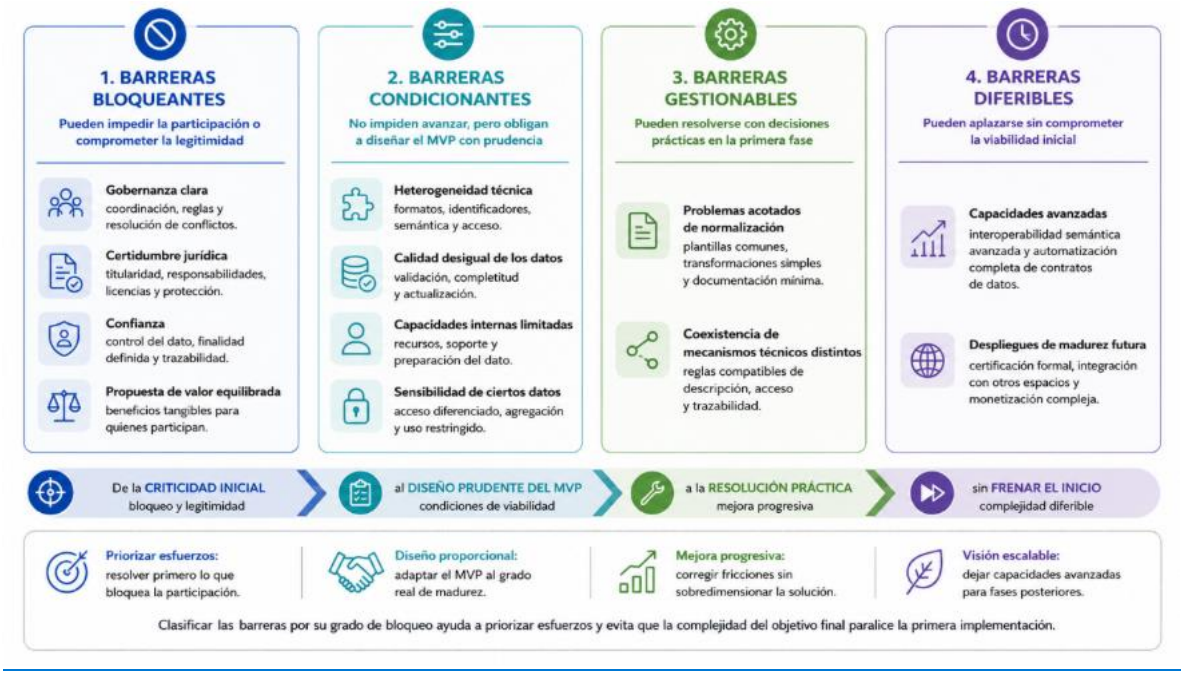


Figura 23. Clasificación de barreras para la implantación progresiva de un espacio de datos hídrico según su grado de bloqueo.

Barreras bloqueantes

Las barreras bloqueantes son aquellas que pueden impedir la participación de actores clave o comprometer la legitimidad del espacio de datos.

La primera es la ausencia de una gobernanza clara. Si no se define quién coordina, quién decide, cómo se incorporan los participantes, qué reglas se aplican y cómo se resuelven conflictos, el espacio de datos difícilmente generará confianza suficiente. La gobernanza debe ser comprensible, neutral y proporcional al alcance inicial.

La segunda es la incertidumbre jurídica. Dudas sobre titularidad, responsabilidad, licencias, protección de datos, confidencialidad o uso posterior pueden frenar la compartición incluso cuando existe interés técnico. Esta barrera exige reglas explícitas y acuerdos de participación desde fases tempranas.

La tercera es la falta de confianza. El temor a usos sancionadores, reputacionales, comerciales o descontextualizados puede afectar especialmente a actores que gestionan datos sensibles o que operan en entornos sometidos a presión social, regulatoria o económica. Sin mecanismos de control del dato, finalidad definida y trazabilidad, esta barrera puede resultar determinante.

La cuarta es la ausencia de una propuesta de valor equilibrada. Si algunos actores aportan datos sin recibir beneficios tangibles, el espacio puede percibirse como extractivo. Esto compromete su sostenibilidad y limita la participación voluntaria.

Barreras condicionantes

Las barreras condicionantes no impiden necesariamente avanzar, pero obligan a diseñar el MVP con prudencia y proporcionalidad.

La heterogeneidad técnica es una de las fricciones más transversales identificadas en la consulta. La diversidad de formatos, plataformas, frecuencias, unidades, identificadores, sistemas de acceso y significados semánticos dificulta la integración automática y la comparación entre fuentes. Esta barrera no se limita a un problema de conversión técnica: afecta también a la calidad, validación e interpretación de los datos. Sin embargo, puede abordarse por fases, comenzando por un subconjunto limitado de datos, perfiles mínimos de metadatos, vocabularios compartidos y criterios comunes de documentación.

La calidad desigual de los datos también condiciona la reutilización. No todos los datos tienen el mismo grado de validación, completitud o actualización. Por ello, el espacio debe incorporar información sobre calidad, incertidumbre y método de obtención, evitando que los datos se interpreten fuera de contexto.

La falta de capacidades internas en algunos actores es otra barrera relevante. Preparar datos para compartir requiere recursos técnicos y organizativos. Para no excluir a participantes valiosos, el modelo debe prever acompañamiento, herramientas sencillas y niveles de participación adaptados.

Finalmente, la sensibilidad de determinados datos condiciona el grado de apertura. La respuesta no debe ser excluir todos los datos sensibles, sino clasificarlos adecuadamente y definir niveles de acceso, agregación, anonimización o uso restringido.

Barreras gestionables

Las barreras gestionables son aquellas que pueden resolverse con decisiones prácticas en la primera fase.

Entre ellas se encuentran problemas acotados de normalización, la ausencia de plantillas comunes de metadatos, la existencia de procesos manuales, la baja automatización inicial o la falta de documentación completa. A diferencia de la heterogeneidad estructural de formatos, identificadores o semánticas, que condiciona transversalmente la viabilidad técnica, estas barreras pueden abordarse mediante decisiones prácticas de diseño: plantillas compartidas, transformaciones simples, documentación mínima, procedimientos comunes y criterios claros de mejora progresiva. Aunque limitan la eficiencia, no impiden necesariamente una primera implementación si se trabaja con un alcance acotado.

También puede considerarse gestionable la coexistencia de mecanismos técnicos distintos, siempre que se establezca una capa común de descripción, acceso y trazabilidad. En una fase inicial, no todos los actores necesitan desplegar la misma solución tecnológica, pero sí deben poder operar bajo reglas compatibles.

Barreras diferibles

Algunas barreras pueden diferirse a fases posteriores sin comprometer la viabilidad inicial. Es el caso de la interoperabilidad semántica avanzada, la automatización completa de contratos de datos, la certificación formal de todos los componentes, la integración plena

con otros espacios sectoriales o el despliegue de mecanismos complejos de monetización.

Estas capacidades son importantes para la madurez futura, pero no deberían convertirse en requisitos previos para iniciar un MVP. Exigirlas desde el comienzo podría elevar innecesariamente la complejidad, retrasar la validación práctica y dificultar la participación de actores con menor madurez digital.

Requisitos para implementar un MVP escalable de espacio de datos hídrico

Un MVP de espacio de datos hídrico debe entenderse como una primera implantación controlada, útil y ampliable, orientada a validar simultáneamente la propuesta de valor, la gobernanza, los mecanismos técnicos y la disposición de los actores a compartir y reutilizar datos bajo condiciones acordadas.

Su finalidad no es desplegar desde el inicio una infraestructura completa para todo el sector del agua, sino crear un entorno operativo acotado que permita aprender con datos, organizaciones y reglas de participación reales.

La escalabilidad debe incorporarse desde el diseño. El MVP debe poder crecer en número de participantes, tipos de datos, niveles de automatización, capacidades de control y complejidad de servicios sin tener que replantear sus fundamentos. Para ello, resulta necesario combinar alcance limitado, gobernanza explícita, catálogo de datos bien descrito, reglas de sensibilidad y uso, arquitectura técnica proporcional, trazabilidad, seguridad, indicadores de valor y criterios claros de evolución.

La figura siguiente sintetiza estos requisitos como un conjunto de capacidades interdependientes. No deben interpretarse como componentes aislados, sino como condiciones que se refuerzan mutuamente: la propuesta de valor facilita la participación, la gobernanza genera confianza, los metadatos permiten reutilización, las reglas de uso reducen riesgos, la arquitectura hace viable el intercambio, la trazabilidad permite control y los indicadores justifican la escalabilidad posterior.



Figura 24. Requisitos clave para implementar un MVP escalable de espacio de datos hídrico.

Alcance y propuesta de valor

El primer requisito es definir un alcance acotado y una finalidad verificable. El MVP debe responder a una necesidad concreta del ecosistema, con beneficios identificables para los participantes. Un planteamiento excesivamente amplio, (por ejemplo, integrar todos los datos del ciclo del agua desde el inicio) aumentaría la complejidad y dificultaría la evaluación de resultados.

La propuesta de valor debe formularse de forma explícita: qué problema se quiere resolver, qué datos son necesarios, qué actores participan, qué decisiones o procesos se mejoran y qué indicadores permitirán medir el éxito. Esta claridad es esencial para evitar que el espacio de datos se perciba como una infraestructura abstracta o como una obligación adicional sin retorno.

Actores y gobernanza inicial

El MVP requiere un conjunto limitado pero equilibrado de actores. Deben estar representadas, al menos, las funciones de provisión de datos, consumo o reutilización, integración técnica, coordinación y facilitación. Esta composición es importante porque la consulta muestra que el ecosistema no se reduce a una relación lineal entre productores y consumidores: existen actores que generan datos, otros que los consumen para tomar decisiones, otros que los integran o transforman en servicios, y otros que facilitan confianza y articulación sectorial. No es imprescindible incorporar desde el inicio a todos los perfiles del ecosistema, pero sí contar con actores capaces de validar el ciclo completo de intercambio: publicación, descubrimiento, acceso, uso, trazabilidad, transformación y retorno.

La gobernanza inicial debe ser ligera, pero explícita. Debe definir roles, responsabilidades, reglas de incorporación, criterios de validación de datos, mecanismos de autorización, gestión de incidencias, resolución de conflictos y revisión de condiciones. También debe establecer quién actúa como entidad facilitadora o coordinadora y cómo se garantiza la neutralidad del proceso.

Datos y metadatos

El MVP debe partir de un catálogo inicial de datos. Este catálogo no tiene que ser exhaustivo, pero sí suficientemente estructurado para permitir la búsqueda, comprensión y reutilización de los datos incluidos. Cada conjunto de datos debería describirse, como mínimo, mediante responsable, descripción, cobertura territorial, periodo temporal, frecuencia de actualización, formato, método de obtención, nivel de calidad, condiciones de acceso, sensibilidad y posibles restricciones de uso.

Los metadatos son un requisito central. Sin metadatos adecuados, el espacio de datos corre el riesgo de limitarse a una agregación de fuentes difícilmente reutilizables. La prioridad inicial no debería ser integrar muchos datos, sino integrar datos bien descritos, con contexto suficiente y condiciones claras.

Clasificación de sensibilidad y reglas de uso

Un requisito básico para generar confianza es clasificar los datos según su sensibilidad y definir reglas de acceso proporcionales. Una posible clasificación inicial podría distinguir entre datos abiertos, datos públicos con necesidades de normalización, datos agregados, datos anonimizados, indicadores derivados, datos restringidos bajo condiciones y datos excluidos del MVP.

Esta clasificación debe ir acompañada de reglas de uso. Para cada tipo de dato debe quedar claro quién puede acceder, con qué finalidad, durante cuánto tiempo, si puede reutilizarse, si puede combinarse con otras fuentes, si puede publicarse de forma derivada y qué responsabilidades asume el usuario. Estas reglas no tienen que ser complejas en la primera versión, pero sí deben ser comprensibles y auditables.

Arquitectura técnica inicial

La arquitectura técnica del MVP debe ser proporcional. No es necesario desplegar todos los componentes de un espacio de datos maduro desde el inicio, pero sí garantizar unas capacidades mínimas: catálogo, identificación de participantes, control de acceso, mecanismo de intercambio, registro de actividad y documentación técnica.

El intercambio puede apoyarse inicialmente en APIs existentes, conectores ligeros, descargas controladas, servicios interoperables o mecanismos de transferencia segura. Lo relevante es que el sistema permita operar bajo reglas comunes y que pueda evolucionar posteriormente hacia una arquitectura más federada, automatizada y alineada con estándares europeos.

La arquitectura debe evitar dependencias propietarias innecesarias y favorecer estándares abiertos, documentación clara y posibilidad de integración con sistemas existentes. La escalabilidad técnica dependerá de que los componentes iniciales no bloqueen evoluciones futuras.

Trazabilidad, seguridad y cumplimiento

El MVP debe incorporar desde el inicio mecanismos básicos de trazabilidad. Debe ser posible conocer qué datos se han compartido, entre qué actores, cuándo, bajo qué condiciones y para qué finalidad. Esta trazabilidad es esencial para generar confianza, responder ante incidencias y evaluar el uso real del espacio.

La seguridad debe adaptarse al nivel de sensibilidad de los datos. Para datos abiertos o agregados pueden bastar mecanismos sencillos de acceso y registro. Para datos restringidos será necesario reforzar autenticación, autorización, confidencialidad, control de descarga, anonimización o agregación previa. En todos los casos, el cumplimiento normativo debe formar parte del diseño, no añadirse al final.

Indicadores de valor y aprendizaje

El MVP debe incorporar indicadores de seguimiento que permitan evaluar su utilidad. Estos indicadores pueden medir tanto la actividad del espacio como el valor generado. Algunos ejemplos son: número de *datasets* catalogados, calidad de metadatos, número de actores participantes, accesos realizados, reducción de procesos manuales, mejora en tiempos de reporte, reutilizaciones efectivas, servicios generados, incidencias resueltas o satisfacción de los participantes. Además, dado que los beneficios más valorados por los actores se relacionan con la mejora de la planificación, la toma de decisiones, la transparencia, la confianza y la gestión de riesgos, conviene incorporar indicadores que reflejen estos ámbitos: decisiones apoyadas por datos integrados, reducción de incertidumbre, mejora en la trazabilidad de la información, uso de indicadores compartidos o capacidad de anticipar situaciones de riesgo.

También es importante medir el aprendizaje organizativo. Un MVP no solo debe producir resultados operativos, sino ayudar a entender qué reglas funcionan, qué datos generan más valor, qué barreras aparecen en la práctica y qué capacidades deben reforzarse antes de escalar.

Criterios de escalabilidad

La escalabilidad debe contemplarse en varias dimensiones.

En primer lugar, escalabilidad de actores: el MVP debe permitir incorporar nuevos participantes sin rediseñar completamente la gobernanza ni la arquitectura. Para ello, son necesarios procesos claros de alta, validación, asignación de roles y aceptación de reglas.

En segundo lugar, escalabilidad de datos: el catálogo y los metadatos deben poder ampliarse a nuevas fuentes, dominios y niveles de sensibilidad. Esto exige perfiles de metadatos estables, criterios de clasificación y mecanismos de documentación reutilizables.

En tercer lugar, escalabilidad técnica: la arquitectura inicial debe poder evolucionar hacia mayor automatización, conectores más robustos, políticas de uso más sofisticadas, interoperabilidad semántica y federación con otros espacios de datos.

En cuarto lugar, escalabilidad de gobernanza: las reglas iniciales deben poder adaptarse a escenarios más complejos sin perder claridad. A medida que se incorporen más actores y datos más sensibles, será necesario reforzar procedimientos, auditoría, mecanismos de resolución de conflictos y representación de intereses.

En quinto lugar, escalabilidad de valor: el MVP debe demostrar utilidad suficiente para justificar nuevas fases. La ampliación no debería basarse solo en disponibilidad tecnológica, sino en evidencia de beneficios, demanda real y disposición de los actores a continuar participando.

Implicaciones para la hoja de ruta

El diagnóstico integrado apunta a una estrategia de implantación progresiva. La primera fase debería centrarse en datos de menor sensibilidad o sensibilidad gestionable, especialmente datos abiertos, agregados, anonimizados, derivados o expresados mediante indicadores, junto con actores comprometidos, reglas simples y beneficios verificables. El objetivo no debe ser maximizar el alcance inicial, sino reducir incertidumbre, generar confianza y demostrar retornos visibles para quienes aportan, integran o reutilizan datos.

La segunda fase debería ampliar la automatización, incorporar datos de mayor valor y sensibilidad gestionable, reforzar la gobernanza y consolidar indicadores de retorno. En este punto, el espacio de datos podría pasar de ser un entorno de intercambio controlado a una infraestructura estable de servicios y colaboración.

La tercera fase debería orientarse a escenarios de mayor complejidad: integración con otros dominios, servicios avanzados, modelos predictivos, mecanismos de certificación, trazabilidad reforzada, conexión con iniciativas europeas y posibles modelos de mercado o financiación basados en datos.

Por otra parte, esta hoja de ruta debe evitar dos riesgos opuestos. El primero es sobredimensionar la arquitectura inicial, exigiendo desde el comienzo capacidades que solo serán necesarias en fases posteriores. El segundo es construir una solución demasiado limitada, sin reglas, trazabilidad ni criterios de escalabilidad, que no pueda evolucionar hacia un verdadero espacio de datos.

La viabilidad de un espacio de datos hídrico depende, por tanto, de encontrar un equilibrio entre ambición y pragmatismo. El ecosistema cuenta con datos, actores, necesidades y marcos de referencia suficientes para avanzar. Sin embargo, el éxito dependerá de comenzar por una implementación acotada, confiable y orientada a valor, capaz de demostrar utilidad práctica y de evolucionar gradualmente hacia una infraestructura más amplia de gobernanza colaborativa del dato hídrico.



Figura 25. Hoja de ruta progresiva para la implantación de un espacio de datos hídrico.

5. BLOQUE IV – CASOS DE USO Y PROPUESTA

El análisis desarrollado en los bloques anteriores permite avanzar desde la caracterización del ecosistema y el diagnóstico de viabilidad hacia una propuesta aplicada. El marco normativo y técnico muestra que existen referencias suficientes para articular espacios de datos confiables, interoperables y gobernados. El análisis del ecosistema confirma que el sector del agua dispone de una base de datos amplia, diversa y de alto valor, aunque fragmentada entre actores, sistemas, escalas territoriales y condiciones de acceso. El diagnóstico integrado, por su parte, señala que la viabilidad de un espacio de datos hídrico no depende únicamente de disponer de información o tecnología, sino de establecer reglas, roles, garantías, incentivos y mecanismos de confianza.

Este bloque parte de esa premisa. La pregunta ya no es solo si existen datos o si hay capacidades técnicas para compartirlos, sino cómo podría organizarse su intercambio en torno a necesidades concretas de gestión hídrica. Un espacio de datos no se justifica por la infraestructura en sí misma, sino por su capacidad para resolver problemas reales: mejorar flujos de reporte, facilitar la supervisión pública, habilitar servicios analíticos, reducir barreras de integración, generar información útil para la toma de decisiones o abrir nuevas formas de colaboración entre actores.

Por ello, el bloque se estructura en torno a casos de uso representativos. Estos casos no pretenden agotar todas las aplicaciones posibles, ni deben entenderse como proyectos cerrados de implementación. Su función es ilustrar diferentes formas de materializar el enfoque de espacios de datos en situaciones reales o plausibles del sector del agua. Cada caso permite observar qué actores participan, qué datos podrían compartirse, qué condiciones de acceso serían necesarias, qué componentes técnicos mínimos habría que considerar y qué barreras de gobernanza, confianza o interoperabilidad podrían aparecer.

La selección sigue una lógica progresiva. Se parte de un caso relativamente acotado, vinculado al reporte regulatorio de captaciones y vertidos, donde el valor principal se sitúa en la trazabilidad, la validación y la reutilización controlada de flujos ya existentes. A continuación, se analiza la compartición gobernada de datos de redes urbanas de abastecimiento, un escenario más complejo por la sensibilidad de los datos y por la separación entre titularidad pública, custodia operativa y acceso por terceros. El tercer caso aborda los servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico, donde el reto principal es integrar fuentes heterogéneas y transformar datos en información derivada para apoyar decisiones. Finalmente, se incorpora como caso exploratorio un mercado de compensación hídrica verificada, que permite visualizar un escenario más avanzado basado en evidencias, certificación, auditoría y trazabilidad de transacciones.

La sección 7 desarrolla estos casos con un análisis técnico sintético, suficiente para comprender sus implicaciones sin desplazar al cuerpo principal el nivel de detalle propio de una ficha operativa. Ese detalle se recoge en el Anexo G, donde cada caso se desarrolla mediante fichas ampliadas. La sección 8 formula recomendaciones y una hoja de ruta para orientar un despliegue progresivo del espacio de datos hídrico, a partir de los aprendizajes derivados del diagnóstico y de los casos analizados.

5.1. Casos de uso representativos y análisis técnico

Los casos de uso se presentan como escenarios representativos para aterrizar el valor de un espacio de datos hídrico en situaciones concretas. La finalidad no es agotar todas las aplicaciones posibles ni plantear proyectos cerrados de implementación, sino mostrar distintos patrones de intercambio, niveles de complejidad y requisitos de gobernanza que ayudan a orientar la propuesta posterior.

Los casos se han planteado a partir del mapa de actores, de la consulta realizada a organizaciones relevantes y de la identificación de flujos de datos que ya existen actualmente, aunque no siempre bajo un modelo interoperable, trazable o gobernado. El análisis adopta una posición realista: no todos los casos requieren la misma arquitectura, ni todos los problemas se resuelven por el simple despliegue de conectores o plataformas. El valor del espacio de datos aparece cuando permite ordenar identidades, contratos, políticas, metadatos, trazabilidad y modelos comunes alrededor de flujos de datos concretos.

El enfoque propuesto distingue tres casos principales y un caso adicional exploratorio. Los tres casos principales se organizan como una progresión de complejidad creciente: primero, un flujo de reporte regulatorio; segundo, un escenario de compartición multi-actor en una red urbana de abastecimiento; y tercero, una cadena de valor basada en servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico. El caso adicional explora un escenario más avanzado: un mercado de compensación hídrica verificada basado en datos, modelos, certificación y trazabilidad de transacciones.

Criterios de selección de los casos

La selección se ha realizado atendiendo a cinco criterios principales.

En primer lugar, los casos debían responder a **necesidades reales del ecosistema hídrico**. Se han priorizado escenarios vinculados a reporte, supervisión, eficiencia operativa, predicción, reducción de riesgos, trazabilidad, transparencia y generación de valor a partir de datos. Estos ámbitos aparecen de forma recurrente en el análisis documental, en la caracterización del ecosistema y en la consulta a actores.

En segundo lugar, se ha buscado que los casos cubran **configuraciones de actores distintas**. Un espacio de datos no plantea los mismos retos cuando resuelve un intercambio bilateral entre una entidad reportante y un organismo público, cuando articula el acceso diferenciado a datos sensibles custodiados por un operador urbano, o cuando permite integrar múltiples fuentes para generar predicciones y servicios derivados. Esta diversidad permite evitar una lectura excesivamente tecnológica u homogénea del espacio de datos.

En tercer lugar, los casos debían **apoyarse en datos existentes o razonablemente disponibles**. No se han elegido escenarios puramente especulativos, sino situaciones en las que ya existen datos, aunque estén dispersos, se compartan mediante mecanismos convencionales, presenten barreras de interoperabilidad o requieran reglas específicas de acceso y reutilización.

En cuarto lugar, se ha tenido en cuenta la **relación entre valor aportado y barreras de adopción**. Los casos permiten analizar algunas de las barreras identificadas en el diagnóstico integrado: pérdida de control del dato, sensibilidad de la información, coste de integración, falta de incentivos, incertidumbre jurídica, riesgo de mala interpretación y necesidad de trazabilidad.

Finalmente, se ha buscado que los casos tengan **valor explicativo y de transferencia**. Cada caso permite comunicar de forma comprensible una dimensión distinta del espacio de datos: mejorar flujos existentes, compartir datos sensibles sin abrirlos indiscriminadamente, convertir datos dispersos en servicios predictivos o, en una fase más avanzada, transformar evidencias hídricas en certificados verificables.

Progresión de complejidad y patrones de intercambio

Los casos seleccionados se ordenan según una progresión de complejidad técnica y organizativa. Esta progresión no implica que un caso sea necesariamente más importante que otro, sino que cada uno permite analizar un patrón diferente de intercambio de datos.

Tabla 7. Progresión de complejidad y patrones de intercambio de los casos de uso

Nivel	Caso	Patrón de intercambio	Qué permite analizar
Inicial	Reporte regulatorio de captaciones y vertidos	Productor de datos → consumidor institucional	Evolución de flujos existentes hacia un intercambio trazable, validado y reutilizable.
Intermedio	Compartición gobernada de datos de redes urbanas	Productor/custodio principal → múltiples consumidores	Separación entre titularidad, custodia, acceso técnico, sensibilidad y servicios de transparencia.
Avanzado	Servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico	Productores múltiples → integrador analítico → consumidor de información derivada	Integración de fuentes heterogéneas, semántica común, trazabilidad de modelos e información derivada.
Exploratorio	Mercado de compensación hídrica verificada	Productores de evidencias → certificador → compradores → auditoría	Certificación, adicionalidad, doble cómputo, trazabilidad de certificados y reglas de mercado.

El primer patrón corresponde a un flujo relativamente acotado, vinculado a obligaciones de reporte. En este caso, el intercambio puede existir ya, pero el espacio de datos puede mejorar su robustez, calidad y trazabilidad. El segundo patrón introduce un ecosistema de múltiples consumidores, en el que no todos los actores pueden acceder al mismo nivel de información. El tercer patrón incorpora una cadena de valor del dato, donde un actor

consume datos de varias fuentes, los transforma y genera información derivada para apoyar decisiones. El caso exploratorio añade una capa adicional de confianza, certificación y transacción económica.

Esta clasificación ayuda a evitar un error habitual: presentar el espacio de datos como una solución única y homogénea. En la práctica, cada caso exige priorizar componentes distintos. En el reporte regulatorio, la prioridad está en perfiles de reporte, validación y auditoría. En la red urbana, el elemento central es la gobernanza del acceso. En los servicios predictivos, la clave está en la interoperabilidad técnica y semántica. En el mercado de compensación, el reto principal es convertir datos y modelos en certificados verificables y transaccionables con garantías.

Forma de acceso y persistencia de los datos

La filosofía de un espacio de datos no debe confundirse con la creación de un repositorio centralizado al que todos los actores suben sus datos. En términos generales, el enfoque más coherente es federado: los datos permanecen en la infraestructura del productor o custodio, mientras el espacio de datos proporciona mecanismos comunes para descubrirlos, describirlos, solicitar acceso, aplicar políticas de uso, registrar transacciones y, cuando proceda, consumirlos mediante APIs, conectores o servicios controlados.

No obstante, la federación no excluye que determinados casos requieran transferencia efectiva, copia persistente o conservación de resultados. La cuestión no es si los datos se centralizan o no, sino qué parte del ciclo de vida del dato necesita persistirse, por qué motivo, durante cuánto tiempo, bajo qué responsabilidad y con qué garantías. En algunos escenarios, la persistencia puede limitarse a metadatos, registros de auditoría, acuses de recibo, indicadores agregados o servicios derivados. En otros, puede justificarse conservar una copia de los datos aceptados, especialmente cuando existe una obligación administrativa, una necesidad de supervisión, una evidencia de cumplimiento o un certificado verificable.

Esta distinción es relevante para los casos analizados. En el reporte regulatorio, puede tener sentido que el organismo competente conserve una base de datos persistente con los reportes aceptados, ya que estos forman parte de un procedimiento de supervisión y cumplimiento. El flujo podría articularse como entrega periódica del productor al consumidor institucional, como consulta del organismo a los sistemas del productor, o como un modelo mixto. Desde un punto de vista operativo, la consulta distribuida a cada productor puede preservar mejor la lógica federada, pero introduce complejidad de disponibilidad, rendimiento, continuidad y mantenimiento. Por ello, en este caso puede estar justificada una transferencia controlada de los datos reportados y aceptados, sin que ello contradiga el enfoque de espacio de datos.

En cambio, en redes urbanas, servicios predictivos o mercados de compensación hídrica resulta más defendible mantener los datos sensibles o primarios en origen y compartir únicamente accesos, consultas, datos agregados, indicadores, evidencias o resultados derivados. Esta aproximación reduce riesgos, evita duplicaciones innecesarias y permite que cada actor conserve el control sobre la información que custodia.

Estructura de análisis aplicada a los casos

Cada caso se analiza en tres niveles complementarios.

El primer nivel es **funcional**. Describe el problema que se quiere abordar, los actores implicados, los datos relevantes y el valor esperado. Su objetivo es que el caso sea comprensible para actores no especializados en tecnología.

El segundo nivel es **lógico**. Identifica el patrón de intercambio, los roles sobre el dato, los niveles de información, las condiciones de uso y las decisiones de gobernanza que deben resolverse. Este nivel es especialmente importante porque permite separar el diseño del intercambio de la selección de una tecnología concreta.

El tercer nivel es **técnico**. Describe los componentes mínimos que harían posible el caso en un espacio de datos: catálogo, conectores o APIs, gestión de identidad, políticas de acceso, perfiles de datos, validadores, adaptadores, trazabilidad, auditoría o publicación de servicios derivados. Este análisis se mantiene en un nivel de diseño razonado. La especificación detallada de flujos, políticas, fases de piloto e indicadores se remite al Anexo G.

Caso de uso 1. Reporte regulatorio de captaciones y vertidos

Finalidad del caso

El primer caso analiza cómo un flujo existente de reporte regulatorio podría evolucionar hacia un intercambio de datos más trazable, validado y reutilizable. Determinadas entidades que realizan captaciones o vertidos de agua están obligadas a registrar y comunicar periódicamente información a los organismos competentes. En función del tipo de autorización o requerimiento, esta información puede incluir caudales de captación, caudales de vertido, temperatura, identificación de puntos de medida, incidencias o periodos sin dato.

En muchos casos, estos flujos ya se encuentran parcialmente digitalizados. Puede existir instrumentación local, registros periódicos, generación de ficheros estructurados y envío mensual a un servidor o plataforma del organismo receptor. Sin embargo, que un flujo esté digitalizado no significa que esté gobernado como un espacio de datos. Puede cumplir la obligación básica de entrega, pero carecer de trazabilidad completa, validación homogénea, gestión explícita de incidencias o capacidad de reutilización posterior.

El interés del caso reside precisamente en esa situación intermedia. No parte de una necesidad abstracta, sino de un flujo real o plausible que ya existe. La cuestión no es sustituir un canal por otro, sino añadir reglas, metadatos, evidencias, validaciones y trazabilidad para convertir el reporte en un proceso más robusto.

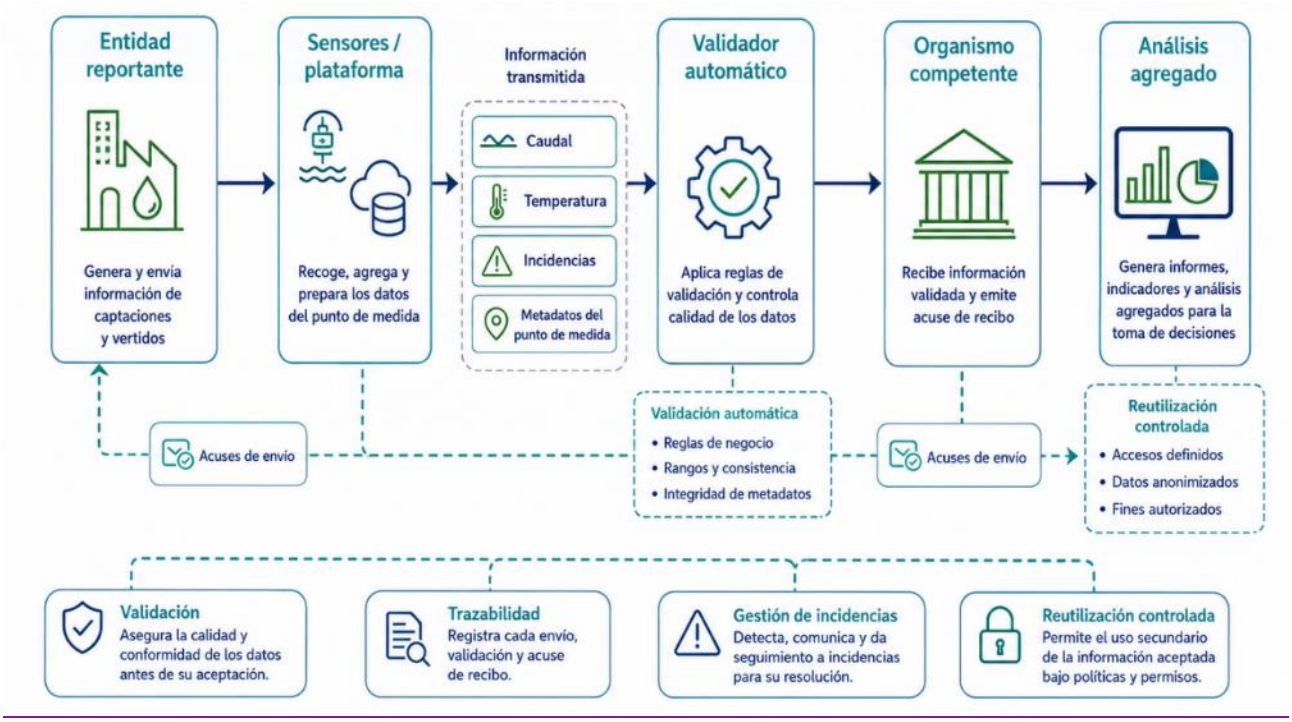


Figura 26. Esquema del flujo de información entre una entidad reportante, sus sistemas de medida, los mecanismos de validación automática, el organismo competente y los posibles usos agregados posteriores, incorporando trazabilidad, control de calidad, gestión de incidencias y reutilización controlada.

Actores y roles principales

Tabla 8. Actores y roles en el caso de reporte regulatorio

Actor	Rol	Función en el caso
Entidad obligada al reporte	Productor de datos	Registra datos asociados a captaciones, vertidos u otros parámetros exigidos.
Organismo de cuenca o administración competente	Consumidor institucional	Recibe los datos para seguimiento, control, supervisión y análisis agregados.
Proveedor tecnológico	Custodio técnico o integrador	Despliega sensores, dataloggers, plataformas de adquisición y mecanismos de envío.
Administraciones o centros de investigación	Reutilizadores potenciales	Podrían acceder a datos validados o agregados para análisis hidrológico, planificación o estudios.

El patrón principal es bilateral: una entidad genera datos y los remite a un organismo competente. No obstante, el espacio de datos permite introducir un segundo nivel de valor: la reutilización controlada de datos validados o agregados para análisis posteriores.

Datos implicados

Los datos principales podrían incluir caudal de captación o vertido, temperatura de captación o vertido, metadatos del punto de medida, estado del equipo, incidencias, huecos de datos, paquetes de reporte y datos aceptados por la administración. La frecuencia de adquisición puede ser alta, por ejemplo, cada quince minutos, aunque el envío o consolidación administrativa se realice de forma diaria, mensual o conforme a la obligación establecida.

Desde la perspectiva del espacio de datos, resulta fundamental distinguir entre varios estados del dato: dato bruto capturado por el equipo, dato consolidado por la plataforma, paquete de reporte generado por la entidad, dato recibido, dato aceptado, dato corregido e indicador agregado. Cada estado tiene un valor y unas condiciones de uso diferentes.

Aportación del espacio de datos

El espacio de datos aportaría valor en cinco dimensiones principales.

Primero, trazabilidad. Permitiría registrar qué se ha enviado, cuándo, por quién, con qué estructura, con qué versión y con qué resultado de validación.

Segundo, validación. El sistema podría comprobar automáticamente formato, unidades, continuidad temporal, presencia de valores nulos, rangos admisibles y metadatos obligatorios antes de aceptar el reporte.

Tercero, gestión de incidencias. Los huecos de datos, retrasos, fallos de equipo o reenvíos podrían documentarse de forma normalizada, evitando tratamientos ad hoc.

Cuarto, evidencia de cumplimiento. La entidad reportante dispondría de acuses verificables y de un histórico de envíos, correcciones y aceptaciones.

Quinto, reutilización controlada. Los datos aceptados podrían generar indicadores agregados para análisis de presión sobre recursos, tendencias, balances territoriales o estudios de planificación, siempre bajo políticas diferenciadas respecto al uso regulatorio inicial.

Componentes técnicos prioritarios

Los componentes técnicos mínimos serían un perfil de reporte, un mecanismo de identidad para la entidad reportante, un conector o API de entrega, un validador automático, un catálogo de obligaciones y un registro de auditoría.

El perfil de reporte definiría variables, unidades, frecuencia, esquema de datos, identificador de punto, tratamiento de huecos y metadatos obligatorios. El validador automático comprobaría estructura, completitud y coherencia. El registro de auditoría conservaría evidencias de envío, recepción, rechazo, corrección y aceptación.

No sería necesario desplegar desde el inicio una arquitectura compleja de espacio de datos para todos los participantes. El caso podría iniciarse con un número limitado de entidades, puntos de medida y variables, validando primero los beneficios administrativos de la trazabilidad y la calidad del dato.

Cautelas

La principal cautela es evitar que el caso se reduzca a un simple cambio de canal. Si el espacio de datos se limita a sustituir un FTP por una API sin mejorar metadatos, validación, acuses, gestión de incidencias o reutilización controlada, el valor diferencial sería escaso.

También debe evitarse asumir que la tecnología mejora por sí sola la calidad de la medición. Si los sensores están mal calibrados, si la instrumentación no se mantiene o si no se documentan incidencias, el espacio de datos solo hará más visible un problema de calidad ya existente.

Este caso es, por tanto, un buen candidato para una primera experiencia piloto, pero siempre que se formule como mejora de gobernanza y trazabilidad del dato, no solo como automatización del envío.

Caso de uso 2. Compartición gobernada de datos de redes urbanas de abastecimiento

Finalidad del caso

El segundo caso aborda la compartición gobernada de datos procedentes de redes urbanas de abastecimiento. Los operadores urbanos generan grandes volúmenes de información sobre caudales, presiones, consumos, calidad del agua, incidencias, rendimiento hidráulico, cortes, activos, telelectura, sectorización y operación de infraestructuras. Estos datos son fundamentales para mejorar la eficiencia del servicio, reducir pérdidas, planificar inversiones, supervisar la prestación, anticipar incidencias y aumentar la transparencia hacia la ciudadanía.

Sin embargo, se trata de información sensible. Algunos datos pueden revelar vulnerabilidades operativas, detalles de infraestructuras críticas, patrones de consumo, incidencias no contextualizadas o información comercial y contractual. Además, en muchos servicios urbanos existe una separación entre la entidad titular del servicio, normalmente un ayuntamiento u otra entidad local, y el operador que gestiona técnicamente la red. Esta separación introduce una cuestión de gobernanza esencial: el operador custodia y explota técnicamente los datos, pero la administración titular debe conservar la capacidad de decidir qué usos externos se autorizan, con qué nivel de detalle y bajo qué condiciones.

El caso permite analizar una de las cuestiones más importantes para un espacio de datos hídrico: cómo compartir datos operativos sin abrirlos indiscriminadamente y sin perder control sobre su uso.



Figura 27. Representación de un modelo de acceso diferenciado a datos de redes urbanas de abastecimiento, en el que el operador conserva el control sobre la información y se habilitan distintos niveles de acceso para administraciones, ciudadanía, investigación y servicios digitales.

Actores y roles principales

Tabla 9. Actores y roles en el caso de redes urbanas de abastecimiento

Actor	Rol	Función en el caso
Ayuntamiento o entidad local	Titular del servicio y autoridad de políticas	Define qué datos pueden compartirse, con quién y bajo qué finalidad.
Operador urbano	Custodio técnico y productor operativo	Gestiona SCADA, telelectura, calidad, incidencias, GIS y exposición técnica de datos.
Administración o regulador	Consumidor institucional	Accede a indicadores para supervisión, reporte o planificación.
Empresa tecnológica	Consumidor técnico y proveedor de servicio derivado	Desarrolla modelos de fugas, demanda, eficiencia o mantenimiento predictivo.
Centro de investigación	Consumidor autorizado	Usa históricos agregados o anonimizados para validar modelos o evaluar políticas.
Ciudadanía	Beneficiaria final	Accede a servicios de información, alertas o indicadores publicados.

Una idea clave es que la ciudadanía debe entenderse principalmente como beneficiaria final, no como consumidor técnico directo del espacio de datos. El acceso ciudadano se articularía mediante portales, aplicaciones, mapas de calidad, avisos o cuadros de mando públicos. Los consumidores técnicos serían administraciones, empresas tecnológicas, centros de investigación o reutilizadores autorizados.

Datos implicados y niveles de sensibilidad

Este caso requiere diferenciar claramente niveles de dato. Los datos brutos y en tiempo real de sensores, SCADA o telelectura tienen una sensibilidad alta y deben reservarse para operación interna o accesos muy restringidos. Los datos preprocesados pueden alimentar servicios analíticos autorizados. Los datos validados pueden servir para supervisión institucional y planificación. Los datos agregados o indicadores pueden utilizarse para transparencia, benchmarking o comunicación pública.

Tabla 10. Niveles de sensibilidad de los datos de redes urbanas

Nivel de dato	Descripción	Usuarios principales	Riesgo relativo
Dato bruto en tiempo real	Lecturas directas de sensores, SCADA o telelectura	Operador y casos técnicos muy restringidos	Alto
Dato preprocesado	Datos filtrados, estructurados o corregidos para analítica	Operador, tecnológicas autorizadas, investigación	Medio-alto
Dato validado	Información revisada para reporte, supervisión o planificación	Ayuntamiento, regulador, administración	Medio
Dato agregado o publicado	Indicadores, mapas o series agregadas	Ciudadanía, reutilizadores, transparencia	Bajo

Los datos potenciales incluyen caudales por sector, presiones de red, consumos agregados, calidad del agua, incidencias, cortes, indicadores de eficiencia, agua no registrada, parámetros energéticos e históricos validados.

Aportación del espacio de datos

El espacio de datos permitiría aplicar políticas diferenciadas según rol, finalidad y sensibilidad. La misma infraestructura podría permitir al regulador acceder a indicadores validados, a una empresa tecnológica consultar datos agregados o preprocesados para un servicio concreto, a un centro de investigación trabajar con históricos anonimizados y a la ciudadanía recibir información pública comprensible.

El valor principal no reside en publicar más datos, sino en gobernar su circulación. Esto implica separar titularidad, custodia y acceso técnico. El ayuntamiento define la política; el

operador ejecuta técnicamente la exposición; los terceros acceden solo a los datos necesarios para la finalidad autorizada; y cada acceso queda registrado.

El espacio de datos también ayudaría a reducir la incertidumbre sobre usos posteriores. Mediante contratos, políticas técnicas, control de acceso, trazabilidad y auditoría, se puede limitar el riesgo de exposición indebida o interpretación descontextualizada. No obstante, este control no debe presentarse como absoluto: una vez que determinados datos se entregan a un tercero, siguen siendo necesarios acuerdos legales, minimización, agregación y mecanismos de responsabilidad.

Componentes técnicos prioritarios

Los componentes prioritarios serían un catálogo gobernado, un motor de políticas, gestión de identidad y roles, un conector del operador, adaptadores hacia sistemas internos, servicios de publicación y registro de auditoría.

El catálogo describiría los *datasets* sin exponer por defecto los datos sensibles. El motor de políticas traduciría las reglas definidas por el ayuntamiento a condiciones técnicas de acceso. El conector del operador permitiría exponer datos desde SCADA, GIS, telelectura, laboratorio o incidencias sin centralizar toda la información. Los servicios de publicación transformarían datos validados o agregados en información ciudadana.

Para datos sensibles se debería priorizar el acceso mediante consulta parametrizada frente a descarga masiva. Las respuestas podrían generarse agregando por sector, eliminando identificadores, reduciendo precisión espacial o entregando indicadores en lugar de series brutas.

Cautelas

La primera cautela es no confundir transparencia con apertura indiscriminada. Un servicio público del agua puede y debe mejorar su transparencia, pero eso no significa publicar datos operativos sensibles sin contexto.

La segunda cautela es no atribuir al operador toda la capacidad de decisión sobre los datos. Cuando los datos se generan en el marco de un servicio público delegado, la entidad titular debe participar en la definición de políticas de acceso y reutilización.

La tercera cautela es mantener una distinción clara entre servicios para la ciudadanía y acceso técnico al espacio de datos. La ciudadanía debe beneficiarse de mejores servicios, alertas, indicadores y transparencia, pero no necesariamente interactuar con conectores, contratos o APIs sectoriales.

Este caso es especialmente valioso porque reproduce una situación frecuente en el ciclo urbano del agua: datos de alto valor, sensibilidad operativa, gestión delegada, demanda de transparencia y oportunidades para innovación.

Caso de uso 3. Servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico

Finalidad del caso

El tercer caso analiza la generación de servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico a partir de múltiples fuentes. La toma de decisiones sobre sequías, disponibilidad, restricciones, planificación, gestión de acuíferos o anticipación de escenarios requiere integrar información hidrológica, hidrogeológica, meteorológica, operativa y territorial.

Parte de estos datos ya se encuentra disponible como datos abiertos. Sin embargo, la disponibilidad formal no equivale a interoperabilidad efectiva. En la práctica, cada fuente puede utilizar APIs, formatos, unidades, nomenclaturas, frecuencias, identificadores y metadatos diferentes. Una empresa especializada o un equipo técnico puede construir servicios predictivos adaptando sus sistemas a cada proveedor, pero este enfoque genera costes recurrentes de integración y mantenimiento.

El caso permite mostrar que el espacio de datos no debe limitarse a publicar enlaces a APIs. Su valor aparece si reduce la heterogeneidad técnica y semántica, documenta las condiciones de uso, permite integrar fuentes abiertas y restringidas, y conserva trazabilidad sobre las fuentes y modelos utilizados.

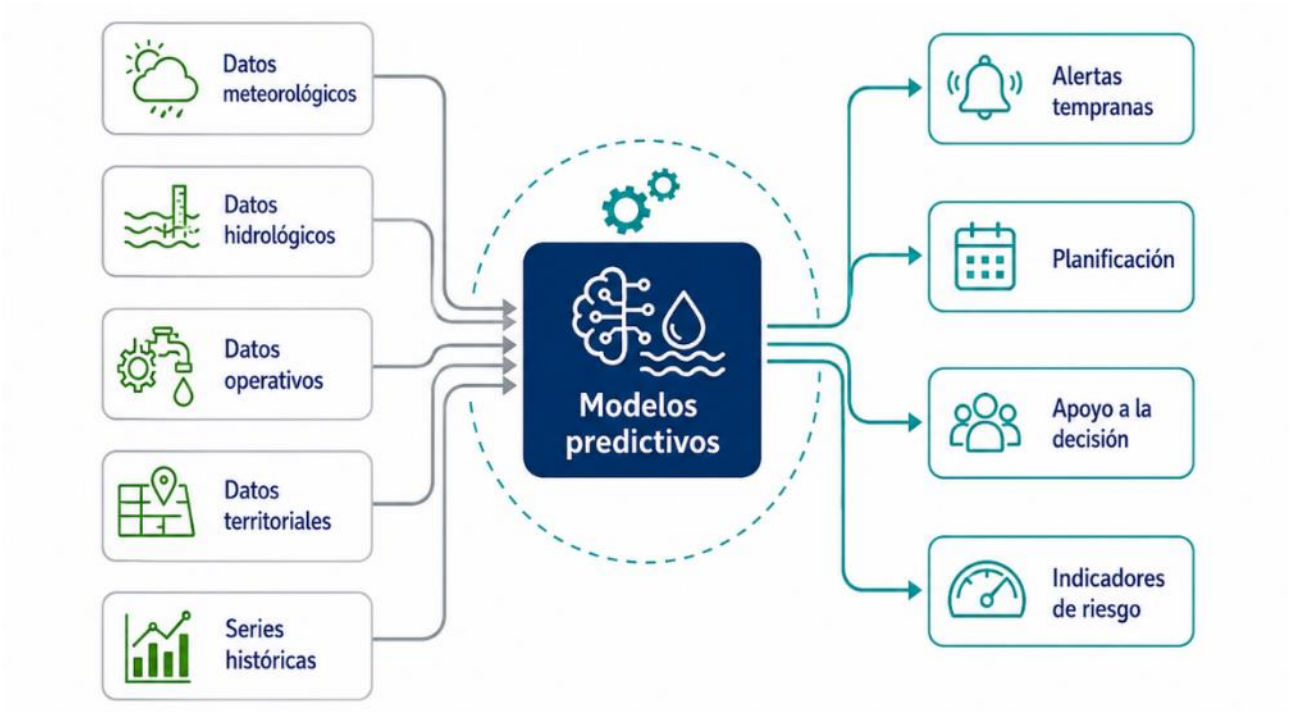


Figura 28. Esquema de integración de fuentes meteorológicas, hidrológicas, operativas, territoriales e históricas para alimentar modelos predictivos capaces de generar alertas tempranas, apoyar la planificación, facilitar la toma de decisiones y producir indicadores de riesgo.

Actores y roles principales

Tabla 11. Actores y roles en servicios predictivos de riesgo hídrico

Actor	Rol	Función en el caso
Organismos de cuenca y sistemas de información hidrológica	Productores de datos	Publican caudales, aforos, embalses, niveles o información hidrológica.
AEMET y otras fuentes meteorológicas	Productores de datos	Aportan observaciones, predicciones, precipitación, temperatura o variables climáticas.
Redes piezométricas y administraciones	Productores de datos hidrogeológicos	Aportan niveles de acuíferos, puntos de control, históricos y contexto territorial.
Operadores, comunidades de usuarios o usuarios intensivos	Productores complementarios	Pueden aportar consumos, captaciones, demandas, restricciones o estado de infraestructuras.
Empresa especializada o entidad analítica	Consumidor y productor de dato derivado	Integra fuentes, normaliza datos, ejecuta modelos y genera predicciones, indicadores o escenarios.
Administración pública	Consumidor de información derivada	Usa resultados para planificación, restricciones, gestión de sequía o comunicación de riesgo.
Centros de investigación	Validador metodológico	Evalúan modelos, incertidumbre, calidad y reproducibilidad.

Este caso introduce un patrón de cadena de valor. El actor analítico no es solo consumidor de datos: consume fuentes primarias, las transforma y produce nuevos activos de información.

Datos implicados

Los datos de entrada pueden incluir caudales, aforos, niveles de embalse, niveles piezométricos, meteorología observada y prevista, evapotranspiración, datos de sequía, consumos agregados, captaciones, restricciones y series históricas de episodios de escasez.

Los productos derivados pueden incluir predicciones de nivel piezométrico, escenarios de disponibilidad, alertas tempranas, indicadores de riesgo, mapas de vulnerabilidad, recomendaciones de gestión o cuadros de mando para la administración.

La diferencia clave respecto a un portal de datos abiertos es que el espacio de datos debe registrar no solo el dato, sino también su calidad, frecuencia, licencia, estabilidad, responsable, modelo semántico, versión y condiciones de uso.

Aportación del espacio de datos

El espacio de datos aportaría valor en cuatro dimensiones.

Primero, descubrimiento. Permitiría localizar fuentes relevantes de forma más homogénea, con metadatos suficientes para evaluar su utilidad.

Segundo, normalización. Mediante perfiles comunes, adaptadores y vocabularios compartidos, reduciría el coste de incorporar nuevas fuentes.

Tercero, combinación de datos abiertos y restringidos. Los servicios predictivos pueden comenzar con open data, pero algunos escenarios de alto valor requieren incorporar consumos, captaciones o datos operativos no plenamente abiertos. El espacio de datos permite hacerlo bajo políticas, contratos y trazabilidad.

Cuarto, trazabilidad de modelos. Cada predicción o indicador debería conservar información sobre fuentes utilizadas, fecha de consulta, versión del modelo, parámetros principales, calidad de entrada e incertidumbre. Esta trazabilidad es crítica si los resultados apoyan decisiones públicas.

Componentes técnicos prioritarios

Los componentes prioritarios serían un catálogo federado de fuentes, perfiles semánticos para familias de datos prioritarias, adaptadores de fuente, gestión de licencias y restricciones, motor de trazabilidad y módulo de publicación de servicios derivados.

Para un primer despliegue no sería realista normalizar todo el dominio hídrico. Resulta más adecuado seleccionar familias prioritarias: caudales, niveles piezométricos y meteorología. Para cada familia deberían definirse variable, unidad, sistema de referencia espacial, referencia temporal, calidad, frecuencia, propietario, licencia, *endpoint* e identificador persistente.

La empresa especializada integraría los datos normalizados en su motor de modelización. El resultado derivado podría publicarse de nuevo en el espacio de datos como *dataset* o servicio: predicción, alerta, indicador, mapa de riesgo o escenario.

Cautelas

La primera cautela es no asumir que publicar APIs equivale a interoperabilidad. Las APIs abiertas pueden seguir siendo heterogéneas, inestables o insuficientemente documentadas.

La segunda cautela es no presentar las predicciones como verdades absolutas. Los resultados deben acompañarse de incertidumbre, periodo de validez, fuentes, supuestos y limitaciones.

La tercera cautela es definir responsabilidades. Una administración puede usar un servicio predictivo como apoyo a la decisión, pero la decisión pública no debe quedar automatizada ni opaca. La trazabilidad de fuentes y modelos debe facilitar auditoría y revisión experta.

Este caso es especialmente relevante porque muestra la evolución desde la mera disponibilidad de datos hacia servicios de valor añadido. También permite conectar el espacio de datos con la planificación, la gestión anticipada de riesgos y la adaptación al cambio climático.

Caso exploratorio. Mercado de compensación hídrica verificada

Finalidad del caso

Además de los tres casos principales, se propone considerar un caso exploratorio de mayor complejidad: un mercado de compensación hídrica verificada. Este escenario no se plantea como primer paso de implementación, sino como una extensión avanzada que permite mostrar hasta dónde podría evolucionar un espacio de datos hídrico maduro.

La compensación hídrica y los compromisos *water-positive* están ganando relevancia entre empresas con alto consumo directo o indirecto de agua. Sin embargo, demostrar que una actuación genera reposición real o reducción efectiva de presión sobre una masa de agua es complejo. No basta con medir un ahorro en parcela, en una instalación o en un proyecto aislado. Es necesario relacionar esa actuación con un efecto verificable en una cuenca, masa de agua, acuífero o sistema hidrológico de referencia.

El caso explora cómo un espacio de datos podría conectar evidencias de campo, datos oficiales, información satelital, modelos hidrológicos, certificación científica, emisión de certificados, transacciones y retirada de certificados.

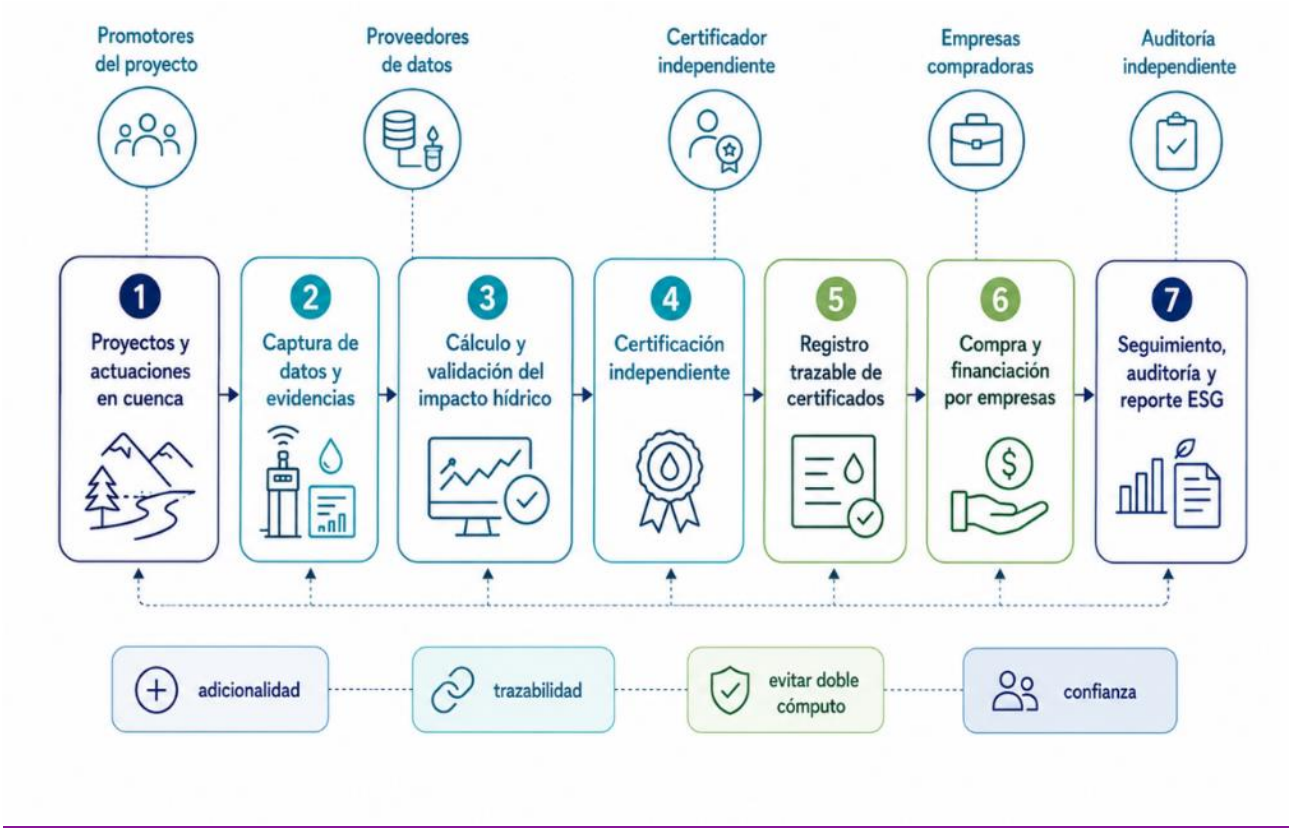


Figura 29. Flujo conceptual de un mercado de compensación hídrica basado en evidencias, cálculo del impacto, certificación independiente, registro trazable, financiación empresarial y auditoría posterior, con garantías de adicionalidad, trazabilidad, prevención del doble cómputo y confianza.

Actores y roles principales

Tabla 12. Actores y roles en el mercado de compensación hídrica verificada

Actor	Rol	Función en el caso
Agricultores, comunidades de regantes o gestores de proyectos	Productores de ahorro o reposición	Implementan actuaciones de eficiencia, restauración, recarga o reducción de consumo.
Plataforma IoT o agronómica	Proveedor de datos operativos	Registra riegos, consumos, sensores, evidencias de actuación y seguimiento.
Entidad científica independiente	Certificador científico	Valida metodología, modelos, incertidumbre y relación entre actuación y efecto hídrico.
Entidad de gobernanza	Coordinador del ecosistema	Define reglas de participación, onboarding, mercado y relación entre actores.
Organismos públicos	Proveedores de datos y autoridad contextual	Aportan datos oficiales y coherencia con la planificación hidrológica.
Empresas con compromisos water-positive	Compradores	Adquieren y retiran certificados para justificar compromisos hídricos.
Auditores externos	Verificadores	Revisan evidencias, metodología, transacciones y ausencia de doble cómputo.

Datos implicados

Los datos incluyen evidencias de actuación, consumos o ahorros, dotaciones, cultivos, prácticas agronómicas, datos piezométricos, caudales, información satelital, datos climáticos, modelos hidrológicos, volúmenes certificables, certificados emitidos, transacciones y retiradas.

A diferencia de los casos anteriores, la unidad lógica central no es solo el *dataset*, sino el certificado. Cada certificado debería vincularse a una actuación, una línea base, un periodo, una masa de agua, una metodología, un volumen, una incertidumbre y un estado de mercado.

Aportación del espacio de datos

El espacio de datos actuaría como infraestructura de confianza. Permitirá reconstruir la cadena entre actuación, dato, modelo, certificado y transacción. También ayudaría a evitar doble cómputo mediante un registro único de emisión, titularidad, transferencia y retirada.

El valor potencial es alto porque conecta datos, ciencia, gobernanza y financiación. Podría movilizar recursos privados hacia actuaciones de ahorro, restauración o reposición hídrica, siempre que se mantenga una metodología robusta y una gobernanza creíble.

Componentes técnicos prioritarios

Los componentes prioritarios serían catálogo de fuentes y proyectos, repositorio de evidencias, motor de modelización, módulo de certificación, registro de certificados, *marketplace*, sistema de identidad, motor de políticas y auditoría.

Cada certificado debería disponer de identificador único y estado: propuesto, en evaluación, emitido, disponible, transferido, retirado o anulado. La retirada es especialmente importante porque impide que el mismo volumen se utilice varias veces para justificar compromisos distintos.

Cautelas

Este caso presenta riesgos específicos. El principal es el *greenwashing*: emitir certificados sin impacto hídrico real, sin adicionalidad, sin relación territorial o sin auditoría suficiente. También existe riesgo de doble cómputo, sobreestimación del volumen certificado, falta de aceptación por compradores o administraciones y complejidad jurídica.

Por ello, este caso no debería presentarse como un piloto inicial equivalente a los anteriores. Es más adecuado tratarlo como un escenario avanzado de frontera, útil para orientar líneas futuras de innovación y para mostrar el potencial transformador del espacio de datos cuando se combina con certificación científica y gobernanza de mercado.

Síntesis técnica transversal

La comparación de los casos (Tabla 13) muestra que el espacio de datos hídrico debe diseñarse como una infraestructura progresiva, no como una solución cerrada y única para todos los escenarios.

Tabla 13. Síntesis técnica transversal de los casos de uso

Caso	Componentes críticos	Principal barrera	Aporte diferencial
Reporte regulatorio	Perfil de reporte, validador, acuses, auditoría	Riesgo de limitarse a cambiar el canal de envío	Trazabilidad, validación y evidencia de cumplimiento.
Red urbana	Catálogo gobernado, motor de políticas, conector del operador, servicios públicos	Sensibilidad, titularidad y mala interpretación de datos	Acceso diferenciado, transparencia e innovación sin apertura indiscriminada.
Servicios predictivos	Catálogo federado, perfiles semánticos, adaptadores, trazabilidad de modelos	Heterogeneidad técnica y semántica	Conversión de datos dispersos en información derivada para decisiones.
Compensación hídrica	Repositorio de evidencias, certificación, registro de certificados, auditoría	Doble cómputo, adicionalidad y credibilidad	Transformación de evidencias ambientales en certificados verificables.

De esta lectura se derivan varios aprendizajes técnicos y organizativos.

En primer lugar, la gobernanza debe preceder a la tecnología. Antes de seleccionar conectores o plataformas hay que definir titularidad, custodia, finalidad, condiciones de uso, responsabilidades y retornos esperados.

En segundo lugar, debe diferenciarse entre dato bruto, dato validado, dato agregado, indicador, servicio derivado y certificado. Cada nivel exige reglas de acceso diferentes.

En tercer lugar, la interoperabilidad técnica no garantiza interoperabilidad real. Se necesitan modelos de datos, vocabularios, metadatos, identificadores y perfiles semánticos compartidos.

En cuarto lugar, el control de uso no es absoluto una vez que los datos se entregan a terceros. En datos sensibles conviene priorizar minimización, agregación, consulta controlada, trazabilidad, auditoría y contratos claros.

En quinto lugar, los productores de datos necesitan retorno. La participación será más viable si obtienen beneficios concretos: reducción de cargas, indicadores, servicios

derivados, cumplimiento simplificado, visibilidad, certificación o acceso a información de otros actores.

Finalmente, los casos muestran que el espacio de datos puede evolucionar por etapas. Puede comenzar mejorando flujos existentes, avanzar hacia compartición multi-actor, habilitar servicios predictivos y, en fases más maduras, soportar mecanismos avanzados de certificación o mercado.

5.2. Recomendaciones y hoja de ruta

A partir del diagnóstico realizado y de los casos de uso analizados, las recomendaciones se orientan a definir criterios prácticos de actuación, priorización y despliegue para un espacio de datos hídrico. Estas recomendaciones se formulan desde una premisa central: el espacio de datos hídrico debe concebirse como una infraestructura de confianza progresiva. Su valor no reside únicamente en conectar sistemas, sino en establecer condiciones para que los datos puedan descubrirse, entenderse, compartirse y reutilizarse bajo reglas claras, con trazabilidad y con beneficios reconocibles para los actores participantes.

Recomendaciones de diseño

El diseño de un espacio de datos hídrico debe apoyarse en un conjunto reducido de principios operativos. Estos principios permiten evitar dos riesgos habituales: plantear una infraestructura demasiado amplia desde el inicio o reducir el espacio de datos a una solución tecnológica sin reglas de gobernanza, retorno e interoperabilidad suficientes. La figura siguiente sintetiza las recomendaciones de diseño que se desarrollan a continuación.



Figura 30. Principios de diseño para un espacio de datos hídrico.

Empezar por casos acotados y con valor claro

La primera recomendación es evitar un planteamiento excesivamente amplio desde el inicio. Un espacio de datos que pretenda cubrir todo el sector del agua, integrar todas las fuentes disponibles y atender simultáneamente todos los usos posibles corre el riesgo de resultar demasiado complejo para una primera implementación.

El enfoque más viable es comenzar por casos acotados, con actores identificables, datos razonablemente disponibles y beneficios comprensibles. El reporte regulatorio y la red urbana de abastecimiento son ejemplos adecuados para validar componentes iniciales como catálogo, perfiles de datos, trazabilidad, control de acceso y reglas de gobernanza.

Definir gobernanza antes que plataforma

La tecnología debe estar al servicio de reglas previamente definidas. Antes de seleccionar una plataforma, un conector o una arquitectura concreta, es necesario establecer quién puede decidir sobre cada dato, quién lo custodia, quién lo puede consumir, con qué finalidad, bajo qué condiciones y con qué responsabilidades.

Esta recomendación es especialmente importante en entornos donde titularidad y custodia no coinciden, como ocurre en servicios urbanos gestionados por operadores. También es crítica cuando existen datos sensibles, restricciones legales, posibles usos comerciales o impactos reputacionales.

Adoptar una arquitectura federada o híbrida

No parece recomendable plantear el espacio de datos hídrico como una gran base de datos centralizada. La sensibilidad de parte de la información, la diversidad de sistemas existentes y la distribución de competencias aconsejan una arquitectura federada o híbrida.

En este modelo, los datos pueden permanecer en origen o en los sistemas de sus custodios, mientras el espacio de datos proporciona mecanismos comunes de descubrimiento, descripción, acceso, políticas, trazabilidad y auditoría. La centralización puede reservarse para metadatos, reportes aceptados, indicadores agregados, servicios derivados o evidencias específicas cuando exista justificación.

Construir primero un catálogo útil

El catálogo debe ser una de las primeras capas del espacio de datos. Su función no es solo enumerar *datasets*, sino describirlos con suficiente información para evaluar su utilidad, calidad y condiciones de acceso.

Un catálogo mínimo debería incluir responsable, custodio, descripción, variable, unidad, cobertura espacial, cobertura temporal, frecuencia, formato, *endpoint* o mecanismo de acceso, licencia, sensibilidad, calidad, histórico disponible, restricciones y posibles usos. Sin esta capa, los datos pueden existir, pero seguir siendo difíciles de descubrir, interpretar y reutilizar.

Priorizar perfiles de datos sectoriales

La interoperabilidad no se consigue únicamente mediante conectores. Es necesario definir perfiles comunes para familias de datos prioritarias. En una primera fase, convendría priorizar aquellas familias que aparecen de forma recurrente en los casos de uso y que ofrecen valor transversal: caudales, captaciones, vertidos, calidad, datos agregados de consumo, niveles piezométricos, meteorología, incidencias e indicadores derivados.

Estos perfiles deberían incluir unidades, identificadores, frecuencia, metadatos mínimos, calidad, sistemas de referencia y tratamiento de valores nulos o huecos temporales. La prioridad no debe ser normalizar todo el dominio, sino seleccionar un conjunto inicial manejable y ampliarlo progresivamente.

Diferenciar niveles de dato y condiciones de acceso

El espacio de datos debe distinguir entre datos brutos, datos preprocesados, datos validados, datos agregados, datos anonimizados, indicadores, servicios derivados y certificados. Cada nivel presenta un valor, una sensibilidad y unas condiciones de uso diferentes.

Esta diferenciación es esencial para generar confianza. Permite compartir información útil sin exponer innecesariamente datos sensibles. También ayuda a diseñar políticas de acceso proporcionadas: no todos los actores necesitan acceder al dato bruto, ni todos los usos justifican la misma granularidad.

Incorporar trazabilidad desde el inicio

La trazabilidad debe considerarse un requisito estructural, no una funcionalidad avanzada opcional. En los casos analizados aparece de forma recurrente: trazabilidad de reportes, de accesos, de transformaciones, de modelos, de indicadores y, en el caso exploratorio, de certificados y transacciones.

El espacio de datos debería registrar quién accede a qué datos, cuándo, con qué finalidad, bajo qué política, qué transformación se aplica y qué resultado se genera. Esta trazabilidad no elimina todos los riesgos, pero facilita auditoría, resolución de incidencias, confianza entre actores y aprendizaje progresivo.

Asegurar retorno para los productores de datos

Los actores que aportan datos no deben percibir el espacio de datos como una carga adicional o como una pérdida de control. Deben existir retornos claros: reducción de cargas administrativas, evidencia de cumplimiento, acceso a información externa, servicios predictivos, indicadores comparativos, visibilidad, certificación, apoyo a decisiones o financiación de actuaciones.

Sin una propuesta de valor reconocible para quienes generan o custodian datos, la participación será limitada y dependerá solo de obligaciones formales.

Recomendaciones de priorización

La priorización de casos debe equilibrar valor potencial, viabilidad, disponibilidad de datos, complejidad técnica, complejidad de gobernanza y capacidad de generar confianza

temprana. No siempre el caso más transformador es el mejor punto de partida. En una primera aproximación, conviene diferenciar entre casos de entrada, casos de consolidación y casos de madurez avanzada.

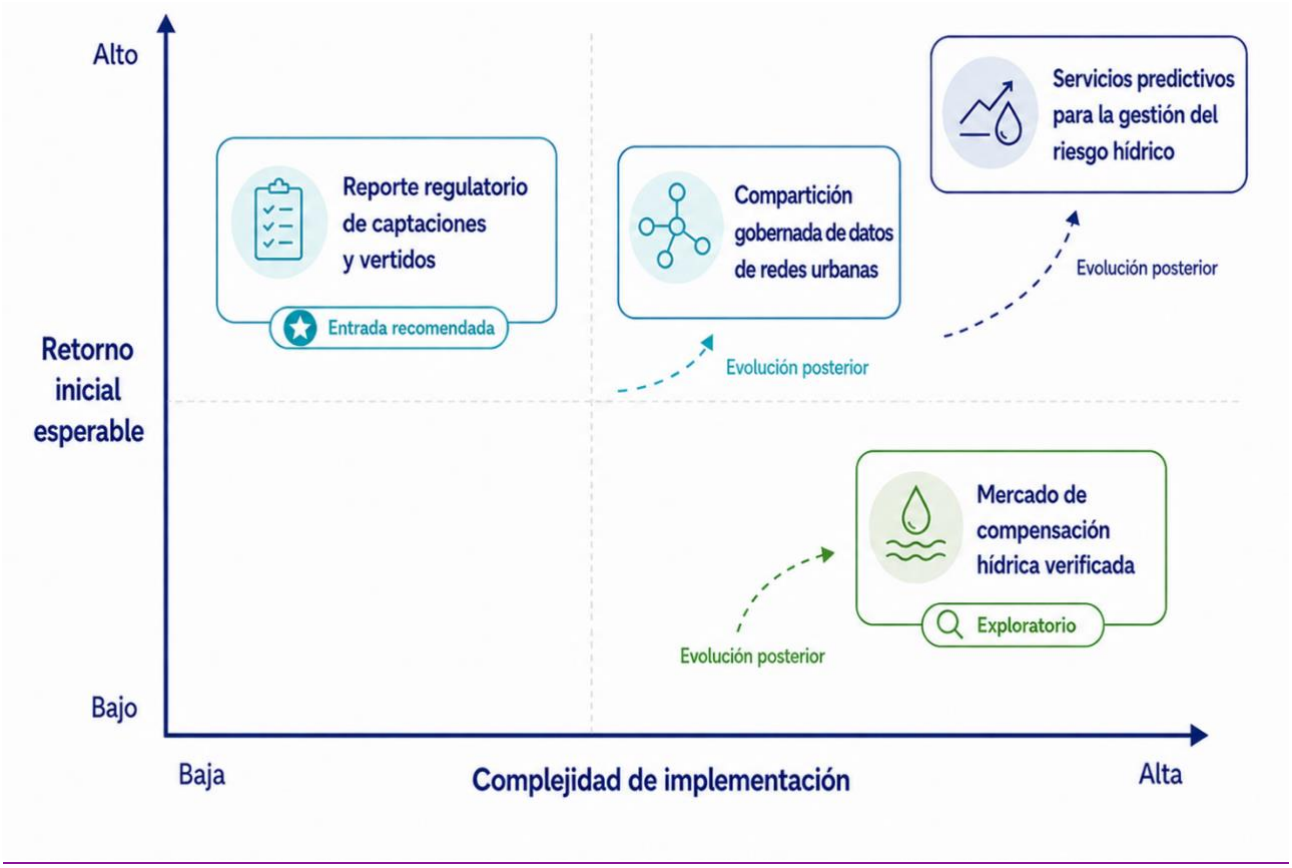


Figura 31. Priorización orientativa de los casos de uso según complejidad de implementación y retorno inicial esperado.

El **reporte regulatorio de captaciones y vertidos** aparece como la opción más adecuada para iniciar una experiencia piloto de baja complejidad relativa. Parte de flujos que ya existen, responde a una finalidad institucional clara y trabaja con un número reducido de actores: la entidad obligada al reporte, el organismo competente y, en su caso, el proveedor tecnológico que facilita la medición o el envío. Su principal ventaja es que permite validar componentes básicos del espacio de datos (perfil de reporte, identificación del productor, validación automática, acuse, gestión de incidencias y trazabilidad) sin exigir desde el inicio una arquitectura federada compleja ni una comunidad amplia de participantes. Además, el retorno es comprensible para ambas partes: mejora la calidad del dato recibido, reduce incertidumbres administrativas, facilita evidencias de cumplimiento y permite generar una base de datos persistente de reportes aceptados cuando exista justificación regulatoria.

La **compartición gobernada de datos de redes urbanas de abastecimiento** debería situarse como un segundo caso prioritario, especialmente si se cuenta con un ayuntamiento u otra entidad titular y un operador dispuestos a colaborar. Su complejidad es mayor que la del reporte, pero también lo es su valor demostrativo. Permite abordar de forma práctica algunos de los retos más representativos del espacio de datos hídrico:

separación entre titularidad pública y custodia operativa, sensibilidad de los datos, acceso diferenciado por perfiles, reutilización para servicios de eficiencia y publicación de indicadores comprensibles para la ciudadanía. No obstante, antes de convertirlo en piloto sería necesario cerrar acuerdos básicos sobre clasificación de datos, roles de decisión, finalidades autorizadas, granularidad permitida y mecanismos de agregación o anonimización. Por ello, puede plantearse como piloto paralelo o como segunda fase, con un alcance acotado a determinados sectores hidráulicos, indicadores agregados o servicios concretos.

Los **servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico** representan una evolución natural una vez que se hayan consolidado capacidades de catálogo, metadatos, perfiles de datos y trazabilidad. Su valor estratégico es elevado porque conecta el espacio de datos con la planificación, la gestión anticipada de sequías, la evaluación de disponibilidad y la toma de decisiones basada en información derivada. Sin embargo, exige integrar fuentes heterogéneas (hidrológicas, meteorológicas, piezométricas, territoriales u operativas) y resolver problemas de calidad, frecuencia, unidades, identificadores, incertidumbre y mantenimiento de los modelos. Por ello, no parece el mejor caso para comenzar desde cero, salvo que se limite inicialmente a datos abiertos bien documentados. Su despliegue debería plantearse de forma escalonada: primero con fuentes públicas y familias de datos prioritarias, después con datos restringidos o aportados por actores concretos bajo condiciones de uso, y finalmente con publicación de indicadores o alertas trazables dentro del propio espacio de datos.

El **mercado de compensación hídrica verificada** debe mantenerse como línea exploratoria de mayor madurez. Su potencial es relevante, porque conecta datos, certificación, financiación privada, acción colectiva y compromisos de sostenibilidad hídrica. Sin embargo, acumula capas de complejidad que exceden las necesidades de una primera implantación: definición de líneas base, adicionalidad, relación entre actuación y masa de agua, verificación científica, auditoría externa, aceptación institucional, emisión y retirada de certificados, prevención del doble cómputo y gobernanza de mercado. Por ello, resulta útil como horizonte de innovación y como ejemplo de lo que un espacio de datos hídrico podría habilitar en fases avanzadas, pero no debería condicionar el diseño inicial.

En conjunto, la secuencia más razonable sería comenzar por un caso de **reporte regulatorio** que valide la trazabilidad y la calidad de un flujo institucional; avanzar después hacia una **red urbana acotada**, para probar gobernanza de datos sensibles y acceso diferenciado; incorporar progresivamente **servicios predictivos**, una vez existan fuentes documentadas y mecanismos de integración; y reservar la **compensación hídrica verificada** como caso exploratorio ligado a una etapa posterior de certificación, auditoría y creación de mercado. Esta priorización permite generar resultados visibles sin sobredimensionar la primera fase, al tiempo que mantiene una visión evolutiva suficientemente ambiciosa.

Hoja de ruta propuesta

La hoja de ruta debe entenderse como una orientación progresiva, no como una planificación cerrada. Su objetivo es reducir riesgos, generar confianza y construir capacidades acumulativas.

Tabla 14. Hoja de ruta propuesta para el espacio de datos hídrico

Fase	Horizonte orientativo	Objetivo principal	Actuaciones recomendadas
Fase 1	0–6 meses	Preparación y gobernanza mínima	Definir alcance inicial, actores tractores, reglas básicas, catálogo mínimo, familias de datos prioritarias y caso piloto.
Fase 2	6–12 meses	Piloto acotado	Implementar un caso inicial con metadatos, perfiles de datos, validación, trazabilidad y políticas de acceso.
Fase 3	12–24 meses	Ampliación multi-actor	Incorporar nuevos actores, datasets, consumidores autorizados, servicios derivados y perfiles semánticos adicionales.
Fase 4	Más de 24 meses	Servicios avanzados y mecanismos de confianza ampliada	Desarrollar servicios predictivos consolidados, certificación, auditoría avanzada, compensación hídrica o mercados verificados.

Fase 1. Preparación y gobernanza mínima

La primera fase debería centrarse en acotar el problema. Esto incluye identificar actores tractores, seleccionar un caso inicial, definir las familias de datos prioritarias y elaborar un catálogo mínimo. También deben acordarse principios básicos de gobernanza: roles, responsabilidades, niveles de dato, criterios de acceso, tratamiento de datos sensibles y reglas de trazabilidad.

El resultado de esta fase no tiene que ser una plataforma completa, sino un diseño viable y compartido: qué se quiere probar, con quién, con qué datos y bajo qué reglas.

Fase 2. Piloto acotado

La segunda fase debería implementar un piloto limitado. El objetivo no sería demostrar todas las capacidades de un espacio de datos completo, sino validar componentes fundamentales: identidad, catálogo, perfiles de datos, validación, acceso, trazabilidad y gestión de incidencias.

El piloto debería generar evidencias concretas: reducción de errores, mejora de calidad, trazabilidad de accesos, aceptación por actores, utilidad de los metadatos y viabilidad de las políticas de acceso.

Fase 3. Ampliación multi-actor

Una vez validado el piloto, la tercera fase permitiría ampliar el número de actores, *datasets* y usos. En esta etapa podrían incorporarse servicios derivados, reutilizadores autorizados, datos agregados para transparencia y nuevos perfiles semánticos.

Esta fase es especialmente adecuada para evolucionar desde un caso de reporte hacia escenarios de red urbana o servicios predictivos. También permitiría testar modelos de retorno para productores de datos.

Fase 4. Servicios avanzados y mecanismos de confianza ampliada

La cuarta fase correspondería a escenarios de mayor madurez. Aquí podrían consolidarse servicios predictivos, mecanismos de certificación, auditorías avanzadas, indicadores compartidos o esquemas de compensación hídrica verificada.

Esta fase requiere mayor capacidad organizativa y jurídica. Por ello, debería apoyarse en los aprendizajes de las fases anteriores, no sustituirlas.

8.4. Riesgos y condiciones de éxito

La puesta en marcha de un espacio de datos hídrico debe considerar varios riesgos.

El primero es el **riesgo de sobredimensionamiento**. Intentar construir desde el inicio una solución completa puede bloquear el proceso. La respuesta es avanzar mediante casos acotados y escalables.

El segundo es el **riesgo de tecnificación excesiva**. Si el discurso se centra solo en plataformas, conectores o APIs, puede perderse la dimensión organizativa y de confianza. La respuesta es formular primero reglas, roles y beneficios.

El tercero es el **riesgo de baja adopción**. Los actores no participarán si perciben que solo aportan datos sin recibir retorno. La respuesta es diseñar beneficios concretos para cada perfil.

El cuarto es el **riesgo de falsa interoperabilidad**. Conectar sistemas no garantiza que los datos sean comparables o interpretables. La respuesta es trabajar perfiles semánticos, metadatos y calidad del dato.

El quinto es el **riesgo de pérdida de confianza**. El uso indebido, la mala interpretación o la exposición de datos sensibles pueden comprometer la participación. La respuesta es aplicar minimización, agregación, control de acceso, trazabilidad, auditoría y contratos claros.

Las condiciones de éxito pueden resumirse en cinco elementos: gobernanza clara, casos de uso acotados, datos suficientemente documentados, retorno para los participantes y evolución progresiva. Con estas condiciones, el espacio de datos hídrico puede pasar de ser una propuesta conceptual a una infraestructura útil para mejorar la planificación, la eficiencia, la transparencia y la resiliencia del sistema hídrico.

6. Conclusiones

El análisis realizado confirma que los espacios de datos pueden desempeñar un papel relevante en la evolución de la gestión hídrica, pero también muestra que su utilidad no depende únicamente de la disponibilidad tecnológica. Su valor aparece cuando permiten ordenar relaciones complejas entre actores, datos, responsabilidades, derechos de uso, necesidades operativas y objetivos de sostenibilidad. Por ello, un espacio de datos hídrico debe entenderse ante todo como una infraestructura de confianza y gobernanza, apoyada en componentes técnicos, pero orientada a resolver problemas reales de gestión del agua.

El sector dispone de una base informativa amplia y diversa. Existen datos hidrológicos, meteorológicos, hidrogeológicos, geoespaciales, administrativos, operativos, ambientales, económicos y sociales que resultan relevantes para la planificación, la operación, la supervisión, la transparencia y la innovación. Sin embargo, esa riqueza informativa se encuentra dispersa entre múltiples organizaciones, sistemas, escalas territoriales y condiciones de acceso. La dificultad no reside solo en que algunos datos no estén disponibles, sino en que muchos de los datos existentes no son fácilmente localizables, comparables, interpretables o reutilizables.

6.1. Conclusiones sobre el marco de oportunidad

El contexto europeo y nacional ofrece una ventana de oportunidad clara para avanzar hacia espacios de datos aplicados al agua. La Estrategia Europea de Datos, el Reglamento de Gobernanza de Datos, el Reglamento de Datos, las iniciativas de espacios comunes europeos, el Plan nacional de Espacios de Datos Sectoriales y los programas de digitalización del ciclo del agua configuran un marco favorable para promover intercambios de datos más seguros, interoperables y orientados al valor.

No obstante, este marco general no se traduce automáticamente en soluciones operativas para el sector hídrico. Los principios de soberanía del dato, interoperabilidad, trazabilidad, control de acceso o reutilización gobernada deben aterrizarse en procesos concretos: seguimiento de captaciones y vertidos, planificación hidrológica, gestión de sequías, eficiencia en redes urbanas, riego, calidad del agua, riesgo hídrico industrial o compensación hídrica verificada. La oportunidad no está solo en adoptar un lenguaje europeo sobre espacios de datos, sino en convertirlo en mecanismos prácticos para mejorar la gestión del recurso.

Desde esta perspectiva, el informe concluye que el desarrollo de un espacio de datos hídrico es pertinente y está alineado con la evolución normativa, técnica e institucional del entorno europeo. Sin embargo, su viabilidad dependerá de que se plantee como una iniciativa gradual, con casos de uso bien definidos y con una gobernanza capaz de generar confianza entre participantes con intereses y capacidades muy distintas.

6.2. Conclusiones sobre el ecosistema de datos y actores

El ecosistema hídrico presenta una elevada riqueza de datos, pero también una fragmentación significativa. Administraciones públicas, organismos de cuenca, operadores urbanos, comunidades de regantes, industrias, centros de investigación, empresas tecnológicas, asociaciones y entidades sociales participan en distintas fases del ciclo de vida del dato. Algunos actores generan información primaria; otros la custodian, validan, integran, modelizan, explotan o utilizan para la toma de decisiones.

Esta diversidad constituye una fortaleza, porque permite imaginar servicios y análisis de alto valor basados en la integración de fuentes heterogéneas. Al mismo tiempo, introduce complejidad. Los datos se producen con objetivos distintos, bajo responsabilidades diferentes y con niveles desiguales de calidad, frecuencia, granularidad, sensibilidad y apertura. Por ello, un espacio de datos hídrico no puede diseñarse como si todos los actores tuvieran las mismas capacidades ni como si todos los datos pudieran circular bajo las mismas condiciones.

Una conclusión central del análisis es que la primera barrera no es siempre la falta de datos, sino la falta de condiciones homogéneas para describirlos, contextualizarlos y reutilizarlos. La ausencia de metadatos suficientes, licencias claras, identificadores estables, criterios de calidad, formatos interoperables o reglas de acceso limita el aprovechamiento de información que ya existe. En este sentido, actuaciones aparentemente básicas —catalogar fuentes, normalizar metadatos, aclarar condiciones de uso o distinguir niveles de sensibilidad— pueden generar un valor significativo antes incluso de desplegar arquitecturas complejas.

También resulta necesario reconocer las asimetrías de madurez entre actores. Algunas organizaciones cuentan con plataformas avanzadas, sensores, APIs, sistemas de telecontrol o capacidades analíticas consolidadas. Otras disponen de datos relevantes, pero carecen de recursos técnicos, personal especializado o procedimientos internos para prepararlos y compartirlos. Un diseño viable debe contemplar distintos niveles de participación, mecanismos de acompañamiento y una distribución equilibrada de cargas y beneficios.

6.3. Conclusiones sobre gobernanza, confianza y sensibilidad del dato

La confianza aparece como la condición estructural para cualquier espacio de datos en el ámbito del agua. Los actores pueden estar dispuestos a compartir información si conocen quién accede, para qué finalidad, bajo qué reglas, durante cuánto tiempo, con qué responsabilidades y con qué retorno. En cambio, la disposición disminuye cuando existe riesgo de usos no previstos, pérdida de control, exposición reputacional, comparación

descontextualizada, uso sancionador, afectación comercial o incremento de cargas administrativas.

Por ello, la gobernanza no puede tratarse como una capa añadida al final del diseño técnico. Debe formar parte del núcleo del modelo desde el inicio. Es necesario definir roles, reglas de participación, niveles de acceso, políticas de uso, mecanismos de autorización, trazabilidad, auditoría, criterios de confidencialidad y procedimientos de resolución de incidencias. Estos elementos son tan importantes como los conectores, APIs o catálogos, porque determinan si los actores perciben el espacio de datos como un entorno seguro y útil.

El análisis también muestra que la compartición de datos no debe plantearse como una apertura indiscriminada. El sector del agua combina datos de interés público con información sensible relacionada con infraestructuras críticas, consumos individuales, actividad industrial, cumplimiento ambiental, salud pública, seguridad del suministro o situaciones de escasez. Esta realidad exige diferenciar entre datos abiertos, datos agregados, datos anonimizados, indicadores derivados, datos operativos bajo condiciones y datos de acceso restringido o no compartible.

En las primeras fases, los datos derivados, agregados, anonimizados o expresados como indicadores ofrecen una vía especialmente adecuada. Permiten demostrar valor y generar aprendizaje sin forzar la exposición de datos primarios sensibles. Este enfoque puede facilitar la incorporación progresiva de actores, reducir resistencias y validar mecanismos de acceso, control y reutilización antes de abordar intercambios más complejos.

6.4. Conclusiones sobre el enfoque técnico y los casos de uso

Desde el punto de vista técnico, el espacio de datos hídrico debería avanzar mediante una lógica federada y proporcional. No resulta adecuado plantear desde el inicio una gran plataforma centralizada en la que todos los actores depositen toda su información. El enfoque más coherente consiste en mantener los datos en origen siempre que sea posible y habilitar mecanismos comunes para descubrirlos, describirlos, solicitar acceso, aplicar políticas de uso, registrar transacciones y compartir datos o resultados derivados bajo condiciones conocidas.

Los componentes técnicos necesarios (catálogos, APIs, conectores, gestión de identidad, políticas de acceso, validadores, trazabilidad, auditoría e interoperabilidad semántica) deben dimensionarse según el caso de uso y la madurez de los participantes. En una primera fase puede ser más efectivo disponer de una arquitectura mínima viable, bien gobernada y aplicada a un flujo concreto, que intentar implantar una solución completa y compleja sin una demanda suficientemente definida.

Los casos de uso analizados ayudan a visualizar esta progresión. El reporte regulatorio de captaciones y vertidos representa un escenario inicial, donde el valor se concentra en la trazabilidad, la validación, la evidencia de cumplimiento y la reutilización controlada de datos ya reportados. La compartición gobernada de datos de redes urbanas introduce una mayor complejidad, al exigir separación entre titularidad, custodia, sensibilidad, acceso diferenciado y transparencia. Los servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico

muestran el potencial de integrar fuentes heterogéneas y transformarlas en información derivada útil para la toma de decisiones. Finalmente, la compensación hídrica verificada apunta a un escenario más avanzado, en el que los datos, modelos y evidencias deben sostener procesos de certificación, auditoría y trazabilidad de transacciones.

Estos casos muestran que el espacio de datos no debe justificarse por la infraestructura en sí misma, sino por su capacidad para mejorar procesos concretos. Su utilidad dependerá de que permita reducir duplicidades, automatizar flujos, mejorar la calidad del dato, facilitar el cumplimiento, generar indicadores compartidos, habilitar servicios analíticos o reforzar la transparencia y la confianza.

6.5. Conclusiones sobre generación de valor y sostenibilidad

La sostenibilidad de un espacio de datos hídrico dependerá de que los participantes perciban retornos claros y diferenciados. Para las administraciones, el valor puede situarse en mejorar la planificación, la supervisión, la trazabilidad y la reducción de cargas de reporte. Para los operadores urbanos, en la eficiencia, la anticipación de incidencias, la contextualización de indicadores y la relación con la administración titular. Para comunidades de regantes e industria, en el acceso a información útil sobre disponibilidad, riesgo, eficiencia y sostenibilidad. Para centros de investigación y empresas tecnológicas, en el acceso gobernado a datos de calidad y en el desarrollo de modelos, indicadores y servicios derivados. Para asociaciones, ONG y ciudadanía, en la transparencia, la rendición de cuentas y la mejora de la confianza pública.

Esta diversidad de retornos obliga a evitar enfoques excesivamente genéricos. Un espacio de datos no será sostenible si se percibe únicamente como una nueva obligación de aportar información. Debe ofrecer beneficios proporcionados al esfuerzo de participación y resolver necesidades reconocibles para cada perfil de actor. La propuesta de valor debe ser concreta, medible y comunicable.

En conjunto, el informe concluye que un espacio de datos hídrico es viable como línea de trabajo, pero debe abordarse de forma gradual, selectiva y orientada a valor. La prioridad no debería ser construir una gran infraestructura desde el inicio, sino activar un primer entorno operativo que permita validar reglas de gobernanza, mecanismos técnicos, condiciones de acceso, modelos de participación y beneficios concretos. La experiencia obtenida en esa primera fase permitirá decidir con mayor fundamento qué datos incorporar, qué actores sumar y qué componentes escalar.

6.6. Prioridades inmediatas

A partir del diagnóstico realizado, las prioridades inmediatas deberían concentrarse en actuaciones que permitan generar confianza, ordenar información existente y validar valor sin introducir una complejidad excesiva.

La primera prioridad es seleccionar un caso piloto acotado, con actores identificados, datos disponibles, finalidad clara y beneficios verificables. El reporte regulatorio de

captaciones y vertidos, la generación de indicadores agregados a partir de fuentes ya disponibles o un caso limitado de integración de datos para riesgo hídrico pueden constituir puntos de partida adecuados.

La segunda prioridad es elaborar un catálogo inicial de datos hídricos. Este catálogo debería incorporar, al menos, información sobre fuente, responsable, formato, frecuencia, calidad, condiciones de acceso, sensibilidad, restricciones de uso y posibles aplicaciones. Más que un inventario exhaustivo, debería ser una herramienta operativa para priorizar datos y detectar oportunidades de reutilización.

La tercera prioridad es definir un marco básico de gobernanza. Este marco debe establecer roles, reglas de participación, niveles de acceso, responsabilidades, mecanismos de autorización, políticas de uso, criterios de trazabilidad y procedimientos de gestión de incidencias. Sin este marco, cualquier avance técnico tendrá una base débil.

La cuarta prioridad es comenzar con datos de baja o media sensibilidad. Los datos abiertos, agregados, anonimizados, derivados o ya publicados permiten validar mecanismos de descubrimiento, intercambio y reutilización con menor riesgo. Esta estrategia facilita el aprendizaje progresivo y reduce resistencias iniciales.

La quinta prioridad es diseñar mecanismos de retorno para los actores participantes. La aportación de datos debe vincularse a beneficios concretos: reducción de cargas, acceso a información externa, mejora de indicadores, servicios predictivos, apoyo al cumplimiento normativo, visibilidad de buenas prácticas o mejora de la toma de decisiones.

6.7. Siguientes pasos recomendados

El desarrollo futuro debería plantearse mediante una hoja de ruta progresiva. En una primera fase, resulta recomendable consolidar el catálogo inicial, seleccionar el caso piloto, definir el marco de gobernanza y acordar los requisitos mínimos de datos, metadatos, acceso y trazabilidad. Esta fase debe servir para generar confianza y validar que el enfoque aporta valor sin introducir una complejidad excesiva.

En una segunda fase, el piloto debería implementarse con un conjunto limitado de actores y datos. El objetivo sería probar flujos reales de intercambio, mecanismos de validación, control de acceso, registro de transacciones, generación de indicadores y reutilización de resultados. Esta fase debería incluir una evaluación técnica, organizativa y jurídica, así como una valoración del retorno obtenido por los participantes.

En una tercera fase, una vez validado el modelo, podrían incorporarse nuevos actores, ampliar las familias de datos y activar casos de uso adicionales. La evolución natural sería avanzar desde datos abiertos o agregados hacia intercambios condicionados de mayor valor, manteniendo siempre una lógica de proporcionalidad, trazabilidad y control. La escalabilidad del espacio de datos dependerá de que cada nueva ampliación refuerce la confianza y aporte beneficios reconocibles.

Finalmente, se recomienda mantener una función de coordinación o entidad facilitadora que acompañe el proceso, articule a los actores, vele por la calidad de los acuerdos, impulse la normalización de metadatos y asegure que el espacio de datos evoluciona

conforme a necesidades reales del sector. Esta función será especialmente importante para evitar que la iniciativa derive en una plataforma tecnológica aislada o en un ejercicio de reporte sin valor añadido.

El reto principal no es únicamente compartir más datos, sino compartirlos mejor: con finalidad, contexto, garantías, trazabilidad y retorno. Desde esta perspectiva, los espacios de datos pueden convertirse en una herramienta relevante para una nueva gobernanza del agua, más colaborativa, transparente y basada en evidencia.

7. Bibliografía

[1] A. Pública, "'Me preocupa que los europeos y los estadounidenses estén contribuyendo a los valores que promulga China,'" Agenda Pública. [Online]. Available: https://agendapublica.es/noticia/18915/me-preocupa-europeos-estadounidenses-est-contribuyendo-valores-promulga-china

[2] P. Europeo and C. de la U. Europea, "Reglamento (UE) 2016/679, Reglamento General de Protección de Datos," 2016. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj

[3] A. E. de P. de Datos, "Aproximación a los espacios de datos desde la perspectiva de la normativa de protección de datos," 2022. [Online]. Available: https://www.aepd.es/guias/aproximacion-espacios-datos-rgpd.pdf

[4] S. R. P. Committee, "The Patchwork of Federal Data Protection Laws," United States Senate. [Online]. Available: https://www.rpc.senate.gov/policy-papers/the-patchwork-of-federal-data-protection-laws

[5] C. D. of Justice, "California Consumer Privacy Act (CCPA)," State of California - Department of Justice. [Online]. Available: https://www.oag.ca.gov/privacy/ccpa

[6] N. P. C. of the P. R. of China, "Personal Information Protection Law of the People's Republic of China," 2021. [Online]. Available: https://en.npc.gov.cn.cdurl.cn/2021-12/29/c_694559.htm

[7] E. Commission, "A European Strategy for Data," 2020. [Online]. Available: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data

[8] P. Europeo and C. de la U. Europea, "Reglamento (UE) 2022/868 relativo a la gobernanza europea de datos (Data Governance Act)," 2022. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2022/868/oj

[9] P. Europeo and C. de la U. Europea, "Reglamento (UE) 2023/2854 sobre normas armonizadas para un acceso justo a los datos y su utilización (Data Act)," 2023. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2854/oj

[10] datos.gob.es, "Plan de Impulso de los Espacios de Datos Sectoriales," datos.gob.es. [Online]. Available: https://datos.gob.es/es/noticias/plan-de-impulso-de-los-espacios-de-datos-sectoriales

[11] datos.gob.es, "Los Espacios de Datos ya tienen su hoja de ruta: nace la primera especificación UNE con el impulso del Centro de Referencia de Espacios de Datos," datos.gob.es. [Online]. Available: https://datos.gob.es/es/noticias/los-espacios-de-datos-ya-tienen-su-hoja-de-ruta-nace-la-primera-especificacion-une-con-el

[12] M. para la T. D. y de la F. Pública, "Orden TDF/1207/2025, de 27 de octubre, por la que se regula la Lista de Confianza de Espacios de Datos," 2025. [Online]. Available: https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2025-21928

[13] W. V. Denmark, "Governance Water Data Space," 2023. [Online]. Available: https://watervalleydenmark.com/wp-content/uploads/2023/11/Note-Governance-Water-Data-Space.pdf

[14] P. Europeo and C. de la U. Europea, “Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas,” 2000. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj

[15] Unión Europea, “Directiva 2007/2/CE por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE),” 2007, *Diario Oficial de la Unión Europea*.

[16] E. Commission, “Water Resilience Strategy,” European Commission. [Online]. Available: https://commission.europa.eu/topics/environment/water-resilience-strategy_en

[17] C. E. de las Regiones, “Towards a resilient water management to fight climate crisis within an EU Blue Deal,” 2024. [Online]. Available: https://cor.europa.eu/en/our-work/opinions/cdr-5587-2023

[18] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “PERTE de digitalización del ciclo del agua,” *MITECO*.

[19] PLANETIC, “Posicionamiento sobre los Espacios de Datos. Libro blanco interplataformas,” 2021. [Online]. Available: https://www.planetic.es/wp-content/uploads/2024/12/Interplataformas_WhitePaper_DataSpaces_Mayo2021.pdf

[20] D. S. S. Centre, “Data Spaces Blueprint v2.0,” DSSC. [Online]. Available: https://dssc.eu/space/BVE2/1071251457/Data%2BSpaces%2BBlueprint%2Bv2.0%2B-%2BHome

[21] datos.gob.es, “El modelo de arquitectura de referencia IDS-RAM y su papel en los espacios de datos,” datos.gob.es. [Online]. Available: https://datos.gob.es/es/blog/el-modelo-de-arquitectura-de-referencia-ids-ram-y-su-papel-en-los-espacios-de-datos

[22] I. D. S. Association, “IDS Reference Architecture Model 3.0,” 2019. [Online]. Available: https://internationaldataspaces.org/ids-ram-3-0/

[23] International Data Spaces Association, “Reference Architecture,” *International Data Spaces Association*.

[24] F. M. for E. A. and Energy, “GAIA-X: Technical Architecture. Release June 2020,” 2020. [Online]. Available: https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Publikationen/gaia-x-technical-architecture.pdf

[25] G.-X. E. A. for D. and C. AISBL, “Gaia-X Architecture Document. 25.05 Release,” 2025. [Online]. Available: https://docs.gaia-x.eu/technical-committee/architecture-document/25.05/pdf/document.pdf

[26] DS4Skills, “Reference architecture for the data space,” DS4Skills Blueprint. [Online]. Available: https://www.skillsdataspace.eu/blueprint/reference-architecture-for-the-data-space/

[27] F. Foundation, “FIWARE Data Space Components for Gaia-X, IDSA and DOME,” 2024. [Online]. Available: https://www.gaiax-spain.com/wp-content/uploads/2024/12/5_FIWARE-Data-Space-technologies-for-creation-of-Gaia-X-IDSA-and-DOME-compatible-data-spaces-data-spaces.pdf

[28] W. Partnership, “EU Water Resilience Forum,” Water4All. [Online]. Available: https://www.water4all-partnership.eu/news/eu-water-resilience-forum

[29] E. Commission, “WATERVERSE: Water Data Management Ecosystem for Water Data Spaces,” 2026. [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/id/101070262

[30] W. Consortium, “Water Data Management Ecosystem for Water Data Spaces,” WATERVERSE. [Online]. Available: https://waterverse.eu/

[31] M. G. D. Spaces, “Madrid Green Data Spaces,” UPM. [Online]. Available: https://mgds.oeg.fi.upm.es/

[32] E. Commission, “European Open Science Cloud (EOSC),” European Commission. [Online]. Available: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/our-digital-future/open-science/european-open-science-cloud-eosc_en

[33] datos.gob.es, “El tercer volumen del Observatorio de Casos de Uso confirma el impacto de los datos abiertos en Europa,” datos.gob.es. [Online]. Available: https://datos.gob.es/es/noticias/el-tercer-volumen-del-observatorio-de-casos-de-uso-confirma-el-impacto-de-los-datos-abiertos

[34] C.-X. A. Network, “Understanding the Catena-X Data Space,” Catena-X Documentation. [Online]. Available: https://catenax-ev.github.io/docs/operating-model/why-understanding-the-catena-x-data-space

[35] B. M. W. Group, “Catena-X connects digital supply chains,” BMW Group. [Online]. Available: https://www.bmwgroup.com/en/news/general/2025/catena-x-connects-digital-supply-chains.html

[36] P. Europeo and C. de la U. Europea, “Reglamento (UE) 2025/327 relativo al Espacio Europeo de Datos de Salud,” 2025. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2025/327/oj

[37] I. H. Initiative, “HARMONY project factsheet,” IHI. [Online]. Available: https://www.ihi.europa.eu/projects-results/project-factsheets/harmony

[38] M. D. Space, “About us,” Mobility Data Space. [Online]. Available: https://mobility-dataspace.eu/about-us

[39] I. V. I. Fraunhofer, “Mobility Data Space,” 2021. [Online]. Available: https://www.ivi.fraunhofer.de/content/dam/ivi/en/documents/brochure/Mobility_Data_Space_2021_EN_web.pdf

[40] E. Commission, “BOOST 4.0: Big Data Value Spaces for Competitiveness of European Connected Smart Factories 4.0,” 2022. [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/id/780732

[41] E. Commission, “DEMETER: Building an Interoperable, Data-Driven, Innovative and Sustainable European Agri-Food Sector,” 2024. [Online]. Available: https://cordis.europa.eu/project/id/857202

[42] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Observatorio GOTA.” [Online]. Available: https://observatorioagua.miteco.es/#/publico/inicio

[43] L. De Stefano, V. Cabello, and N. Hernández-Mora, “Datos abiertos en el sector del agua en España,” 2018, *Observatorio del Agua, Fundación Botín*.

[44] Data Spaces Support Centre, “Blueprint for Data Spaces,” *Data Spaces Support Centre*.

[45] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Sistemas Automáticos de Información Hidrológica (SAIH),” *MITECO*.

[46] Agencia Estatal de Meteorología, “AEMET OpenData,” *AEMET*.

[47] Instituto Nacional de Estadística, “Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua. Año 2022,” 2024, *INE*.

[48] Confederación Hidrográfica del Ebro, “SAIH Ebro: estado general de la cuenca del Ebro,” *Confederación Hidrográfica del Ebro*.

[49] Gobierno de Aragón, “Instituto Aragonés del Agua (IAA),” *Gobierno de Aragón*.

[50] Gobierno de Aragón, “Evolución mensual de la reserva hídrica en los embalses de la Comunidad Autónoma de Aragón cuya capacidad total es superior a 5 hectómetros cúbicos,” 2026, *Aragón Open Data*.

[51] ECODES, “ZINNAE, clúster para el uso eficiente del agua,” *ECODES*.

[52] P. y A. Ministerio de Agricultura, “Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR),” *MAPA*.

[53] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Estado y calidad de las aguas,” *MITECO*.

[54] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Red de alerta SAICA,” *MITECO*.

[55] Ministerio de Sanidad, “SINAC: Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo,” *Ministerio de Sanidad*.

[56] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, “Inventario de Presas y Embalses,” *MITECO*.

[57] Hispagua, “Hispagua: Sistema Español de Información sobre el Agua.” [Online]. Available: https://hispagua.cedex.es/

[58] Open Geospatial Consortium, “WaterML 2.0,” *Open Geospatial Consortium*.

[59] Open Geospatial Consortium, “OGC WaterML 2: Part 4 – GroundWaterML 2 (GWML2),” *Open Geospatial Consortium*.

[60] Open Geospatial Consortium, “OGC SensorThings API Standard,” *Open Geospatial Consortium*.

[61] International Organization for Standardization, “ISO 17369:2013. Statistical data and metadata exchange (SDMX),” 2013, *ISO*.

Anexo A. Metodología

1. Enfoque general del estudio

La elaboración del informe se ha planteado como un estudio exploratorio y aplicado orientado a valorar la viabilidad y aplicabilidad de un espacio de datos hídrico en el contexto español. Para ello, se ha combinado la revisión documental, el análisis del ecosistema de actores y datos, la consulta a agentes relevantes y la definición de casos de uso representativos.

El enfoque metodológico parte de una premisa central: un espacio de datos no puede evaluarse únicamente como una infraestructura tecnológica, sino como un modelo de intercambio gobernado que requiere condiciones normativas, técnicas, organizativas y de confianza. Por tanto, el análisis se ha orientado a identificar no solo qué datos existen, sino también quién los genera, quién los custodia, bajo qué condiciones pueden compartirse, qué barreras limitan su reutilización y qué valor podrían obtener los distintos actores implicados.

El trabajo se ha estructurado en cuatro aproximaciones complementarias:

- Revisión del marco normativo, técnico e institucional aplicable a los espacios de datos y al sector del agua.
- Caracterización del ecosistema de datos hídricos, incluyendo actores, roles, familias de datos, condiciones de acceso y posibles barreras.
- Consulta a actores relevantes del ecosistema, mediante cuestionario online y entrevistas complementarias.
- Análisis aplicado mediante casos de uso, con el fin de ilustrar distintos patrones de intercambio, niveles de complejidad y condiciones de viabilidad.

La metodología seguida permite conectar el diagnóstico documental con la realidad operativa del sector y con una propuesta práctica de recomendaciones y hoja de ruta.

2. Revisión documental

La revisión documental ha tenido como objetivo establecer el marco de referencia necesario para analizar la posible aplicación de espacios de datos al ámbito hídrico. Para ello, se han revisado fuentes normativas, técnicas, institucionales y sectoriales relacionadas con la economía del dato, la gobernanza de datos, la digitalización del ciclo del agua, la gestión hídrica y la sostenibilidad.

La revisión ha incluido, entre otros, los siguientes tipos de fuentes:

- Normativa europea y española sobre protección, gobernanza, acceso, uso y reutilización de datos.
- Iniciativas europeas y nacionales vinculadas a espacios de datos sectoriales.

- Marcos técnicos, arquitecturas de referencia, estándares e iniciativas de interoperabilidad.
- Normativa, planificación e instrumentos públicos relacionados con la gestión del agua.
- Informes institucionales y técnicos sobre digitalización del agua, riesgo hídrico, sostenibilidad y gestión eficiente del recurso.

Experiencias previas, proyectos demostrativos y casos nacionales o europeos relacionados con espacios de datos, plataformas sectoriales o modelos de compartición de información.

Los documentos revisados se han seleccionado atendiendo a criterios de relevancia temática, actualidad, aplicabilidad al sector hídrico, carácter institucional o técnico, y utilidad para extraer lecciones transferibles al diseño de un posible espacio de datos del agua. No se ha pretendido realizar una revisión bibliográfica exhaustiva de toda la literatura disponible, sino construir una base suficiente para identificar tendencias, requisitos, oportunidades y condicionantes.

La revisión documental ha servido de base para el Bloque I del informe, dedicado al marco normativo, técnico e iniciativas de referencia, así como para la identificación de experiencias previas y factores de éxito o riesgo.

3. Mapeo del ecosistema de actores y datos

El análisis del ecosistema de datos hídricos se ha desarrollado a partir de una lectura funcional de los actores que intervienen en el ciclo de vida del dato. El objetivo ha sido identificar qué organizaciones generan, custodian, validan, integran, explotan, regulan o utilizan datos relacionados con el agua, así como las relaciones que pueden establecerse entre ellas en un eventual espacio de datos.

El mapa de actores se ha organizado en siete grandes perfiles:

- Administraciones públicas y organismos de cuenca.
- Operadores del ciclo urbano del agua.
- Usuarios agrarios y comunidades de regantes.
- Industria y usuarios intensivos de agua.
- Centros de investigación, universidades y centros tecnológicos.
- Empresas tecnológicas e integradoras.
- Asociaciones, clústeres, ONG, entidades de intermediación y ciudadanía.

Para cada perfil se han analizado sus posibles roles en relación con el dato: productor, custodio, consumidor, integrador, validador, regulador, intermediario o usuario final. Esta aproximación permite evitar una visión simplificada del ecosistema, en la que solo se atienda a los grandes productores de información pública, e incorpora también a actores que transforman datos en indicadores, modelos, servicios o conocimiento aplicado.

De forma paralela, se ha elaborado una caracterización de familias de datos hídricos relevantes. Entre ellas se incluyen datos hidrológicos, meteorológicos, hidrogeológicos, ambientales, geoespaciales, operativos, urbanos, agrarios, industriales, de calidad, de infraestructuras, de consumos, de vertidos, de riesgo, de planificación y de sostenibilidad.

El análisis no pretende constituir un inventario completo y cerrado de todos los datos existentes, sino una lectura operativa orientada a valorar su potencial de reutilización. Para ello, se han considerado aspectos como fuente, titularidad, formato, frecuencia de actualización, granularidad, sensibilidad, condiciones actuales de acceso, nivel de interoperabilidad y posible utilidad en casos de uso.

4. Consulta a actores relevantes

La caracterización documental del ecosistema se ha complementado con una consulta a actores relevantes. El objetivo de esta consulta ha sido contrastar el análisis preliminar con la percepción de organizaciones que intervienen en la gestión, producción, integración o uso de datos hídricos.

La consulta se ha diseñado con una finalidad cualitativa y exploratoria. No busca obtener una representación estadística del conjunto del sector, sino identificar patrones, barreras, oportunidades, condiciones de participación y posibles retornos percibidos por distintos perfiles de actores.

El procedimiento de consulta ha incluido dos instrumentos principales:

- Un cuestionario online estructurado, con preguntas comunes para todos los participantes y módulos específicos según el tipo de actor.
- Entrevistas complementarias con entidades especialmente relevantes por su conocimiento sectorial, tecnológico o de gobernanza de datos.

El cuestionario se diseñó a partir del mapa de actores identificado previamente. La estructura modular permitió mantener una base común de comparación y, al mismo tiempo, adaptar determinadas preguntas a las funciones específicas de cada perfil. Así, se recogió información sobre relación actual con los datos hídricos, tipos de datos gestionados o utilizados, disposición a compartir información, condiciones necesarias, beneficios esperados, barreras percibidas y posibles roles dentro de un espacio de datos.

La invitación a participar se remitió a una selección de contactos representativos de los distintos perfiles del ecosistema. La comunicación incluyó una breve contextualización del proyecto y del concepto de espacio de datos, con el fin de facilitar una comprensión homogénea del enfoque de la consulta.

Las entrevistas complementarias permitieron profundizar en aspectos no siempre capturables mediante cuestionario, como la madurez práctica de los espacios de datos, las barreras organizativas, la percepción de riesgo, la necesidad de confianza, la separación entre datos primarios y derivados, y la conveniencia de plantear casos de uso acotados.

La información recogida se ha sistematizado mediante una lectura temática, agrupando respuestas y aportaciones en torno a beneficios, barreras, condiciones de participación, tipos de datos compartibles, necesidades de retorno y requisitos de gobernanza.

5. Criterios de análisis y diagnóstico

La información obtenida mediante revisión documental, mapeo del ecosistema y consulta a actores se ha integrado en un diagnóstico de viabilidad. Este diagnóstico se ha estructurado en cinco dimensiones complementarias:

1. **Madurez del dato.** Evalúa la disponibilidad, calidad, documentación, trazabilidad, actualización, granularidad, sensibilidad y reutilización potencial de los datos.
2. **Madurez técnica.** Analiza la existencia de infraestructuras digitales, APIs, sistemas de sensorización, plataformas, formatos interoperables, modelos semánticos, mecanismos de intercambio y capacidades de integración.
3. **Madurez organizativa.** Considera la existencia de responsables del dato, procedimientos internos, capacidades de mantenimiento, validación, documentación, soporte, autorización y gestión de incidencias.
4. **Madurez jurídica y de confianza.** Examina las condiciones legales, contractuales, institucionales y relacionales necesarias para compartir datos con garantías, incluyendo titularidad, finalidad, confidencialidad, trazabilidad, control de acceso, licencias y responsabilidad.
5. **Madurez de valor.** Valora si existe una propuesta clara de utilidad para los actores participantes, incluyendo mejora de planificación, eficiencia operativa, reducción de cargas, cumplimiento normativo, innovación, transparencia, servicios derivados o toma de decisiones basada en evidencia.

Esta estructura permite distinguir entre la mera existencia de datos y la posibilidad real de compartirlos y reutilizarlos de forma gobernada. También permite identificar qué capacidades ya existen, qué barreras deben abordarse y qué condiciones mínimas serían necesarias para plantear una primera implementación viable.

El diagnóstico se ha formulado con una orientación aplicada. No busca establecer una evaluación certificadora de madurez, sino ofrecer una lectura razonada de las oportunidades y limitaciones del ecosistema hídrico en relación con un posible espacio de datos.

6. Selección y análisis de casos de uso

Los casos de uso se han utilizado como herramienta para aterrizar el análisis en situaciones concretas. La finalidad no ha sido definir proyectos cerrados de implementación, sino ilustrar cómo podría materializarse un espacio de datos hídrico en distintos escenarios de intercambio.

La selección de casos se ha realizado atendiendo a los siguientes criterios:

- Relevancia para necesidades reales del ecosistema hídrico.
- Existencia de datos disponibles o razonablemente accesibles.
- Diversidad de actores implicados.
- Capacidad para mostrar distintos patrones de intercambio.
- Equilibrio entre valor potencial y barreras de adopción.
- Utilidad explicativa para comunicar el concepto de espacio de datos.
- Posibilidad de generar aprendizajes transferibles a futuras fases.

El análisis de los casos se ha desarrollado en tres niveles:

- **Nivel funcional:** problema abordado, actores implicados, datos relevantes y valor esperado.
- **Nivel lógico:** patrón de intercambio, roles sobre el dato, niveles de acceso, condiciones de uso y decisiones de gobernanza.
- **Nivel técnico:** componentes mínimos necesarios, tales como catálogo, APIs, conectores, gestión de identidad, políticas de acceso, perfiles de datos, validación, trazabilidad y auditoría.

Este enfoque permite diferenciar entre casos de complejidad inicial, intermedia, avanzada o exploratoria, evitando presentar el espacio de datos como una solución homogénea. Cada caso exige priorizar componentes distintos: validación y trazabilidad en flujos de reporte; gobernanza del acceso en redes urbanas; interoperabilidad semántica en servicios predictivos; o certificación y auditoría en modelos de compensación hídrica verificada.

7. Uso de herramientas de inteligencia artificial generativa

Durante la elaboración del informe se ha hecho uso de herramientas de inteligencia artificial generativa como apoyo instrumental en distintas fases del trabajo. Su utilización ha incluido la búsqueda orientada y localización preliminar de información, la revisión documental asistida, la organización de materiales, la comparación de enfoques, la identificación preliminar de patrones, la síntesis de contenidos, la estructuración de apartados, la generación de borradores iniciales y la mejora editorial del texto.

El uso de estas herramientas se ha integrado dentro de un proceso dirigido y supervisado por el equipo redactor. La aportación humana se ha centrado en la definición del alcance, la orientación metodológica del estudio, la formulación de las preguntas de análisis, la selección y priorización de contenidos, la interpretación crítica de la información, la contextualización sectorial, la revisión de coherencia del informe y la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

Las herramientas de inteligencia artificial no se han utilizado como sustituto del juicio experto ni de la responsabilidad técnica, metodológica o editorial. Los contenidos generados o asistidos mediante estas herramientas han sido revisados, contrastados, editados y adaptados por el equipo redactor al alcance del estudio, a la información disponible y a los objetivos del proyecto.

Asimismo, se han aplicado criterios de control orientados a reducir riesgos asociados al uso de inteligencia artificial generativa, como errores factuales, referencias no verificadas, sesgos de interpretación, duplicidades, formulaciones excesivamente genéricas o pérdida de contexto sectorial. En consecuencia, la responsabilidad sobre el contenido final del informe corresponde al equipo autor y a las entidades participantes.

8. Limitaciones del estudio

El estudio presenta una serie de limitaciones que deben tenerse en cuenta en la interpretación de sus resultados.

En primer lugar, se trata de un trabajo de carácter exploratorio. Su objetivo es analizar la viabilidad y las condiciones de aplicabilidad de un espacio de datos hídrico, no diseñar una arquitectura técnica definitiva ni ejecutar un piloto operativo.

En segundo lugar, la consulta a actores no tiene carácter estadísticamente representativo. Aunque se ha buscado cubrir una diversidad de perfiles, la participación efectiva depende de la disponibilidad e interés de las organizaciones contactadas. Por ello, los resultados deben interpretarse como una aproximación cualitativa a percepciones, barreras y oportunidades, no como una medición cuantitativa del conjunto del sector.

En tercer lugar, algunos perfiles clave del ecosistema pueden estar infrarrepresentados o no haber participado directamente en la consulta. En estos casos, el análisis se ha apoyado en revisión documental, conocimiento sectorial y contraste indirecto, pero sería recomendable profundizar en futuras fases mediante entrevistas específicas.

En cuarto lugar, la información disponible presenta distintos niveles de detalle, actualización y verificabilidad. Algunos datos se encuentran publicados en portales abiertos o documentos institucionales, mientras que otros dependen de información declarada por actores, experiencias previas o referencias técnicas.

En quinto lugar, la madurez digital del sector es heterogénea. Conviven actores con infraestructuras avanzadas de sensorización, telecontrol, analítica y plataformas digitales con otros que todavía gestionan parte de la información mediante procedimientos manuales, hojas de cálculo o sistemas poco interoperables. Esta diversidad condiciona el ritmo y la forma de adopción de un posible espacio de datos.

Finalmente, el marco normativo, técnico y de mercado de los espacios de datos se encuentra en evolución. La aparición de nuevos estándares, programas públicos, obligaciones regulatorias, componentes tecnológicos o iniciativas sectoriales puede modificar las condiciones de viabilidad en los próximos años.

9. Trazabilidad entre metodología y estructura del informe

La metodología aplicada se refleja en la estructura del informe de la siguiente forma:

Tabla 15. Trazabilidad entre fases metodológicas y estructura del informe

Fase metodológica	Resultado principal en el informe
Revisión normativa, técnica e institucional	Bloque I. Marco normativo, técnico e iniciativas de referencia
Identificación de experiencias previas	Bloque I. Estado del arte y experiencias previas
Mapeo de actores y datos	Bloque II. Ecosistema de datos del agua
Consulta mediante cuestionario y entrevistas	Bloque II. Visión del ecosistema por parte de actores relevantes
Integración de resultados y análisis de madurez	Bloque III. Diagnóstico integrado
Selección y análisis de casos de uso	Bloque IV. Casos de uso representativos y análisis técnico
Síntesis aplicada	Bloque IV. Recomendaciones y hoja de ruta

Esta trazabilidad permite vincular cada resultado del informe con las fases metodológicas desarrolladas, reforzando la coherencia entre el proceso de trabajo, el diagnóstico obtenido y las recomendaciones formuladas.

ANEXO B. Glosario

Este glosario recoge los principales acrónimos, conceptos técnicos, normas, iniciativas y entidades de referencia que aparecen a lo largo del informe sobre espacios de datos aplicados a la gestión hídrica. Su finalidad es facilitar la lectura del documento y ofrecer una definición breve de los términos que pueden resultar menos familiares para personas no especializadas en economía del dato, digitalización del agua o gobernanza de datos.

Tabla 16. Glosario de términos y acrónimos

Término	Definición breve
AEMA / EEA – Agencia Europea de Medio Ambiente	Organismo europeo que recopila, analiza y difunde información ambiental. En el ámbito del agua, participa en sistemas europeos de seguimiento y reporte ambiental.
AEMET – Agencia Estatal de Meteorología	Organismo estatal responsable de la información meteorológica y climática oficial en España. Sus datos pueden ser relevantes para predicción de sequías, inundaciones, demanda hídrica o riesgo climático.
AEPD – Agencia Española de Protección de Datos	Autoridad independiente española encargada de velar por el cumplimiento de la normativa de protección de datos personales. Puede ser relevante cuando un espacio de datos trata consumos domiciliarios, datos de abonados u otra información identificable.
API – Application Programming Interface	Interfaz que permite que distintos sistemas informáticos intercambien datos o servicios de forma automatizada. En un espacio de datos puede facilitar el acceso controlado a datasets o servicios derivados.
Asociaciones sectoriales del agua	Entidades que agrupan a organizaciones públicas, privadas o mixtas vinculadas a la gestión del agua. Pueden facilitar la interlocución entre actores, la identificación de necesidades comunes, la generación de confianza y la difusión de buenas prácticas.
B2B – Business to Business	Modelo de relación entre empresas. En espacios de datos se utiliza para describir ecosistemas donde varias empresas comparten datos entre sí, por ejemplo, en cadenas de suministro o consorcios industriales.
BDVA – Big Data Value Association	Asociación europea vinculada a la economía del dato, la inteligencia artificial y los espacios de datos. Participa en iniciativas de coordinación europeas como el Data Spaces Support Centre.
Calidad del dato / Data quality	Grado en que un dato es adecuado para su uso previsto. Incluye aspectos como completitud, exactitud, consistencia, actualidad, frecuencia, trazabilidad, ausencia de errores y fiabilidad de la fuente.

Término	Definición breve
Catálogo federado	Catálogo distribuido que permite descubrir datos o servicios publicados por distintos participantes sin centralizar toda la información. Es una pieza habitual en arquitecturas federadas de espacios de datos.
Catena-X	Espacio de datos europeo del sector de automoción. Se suele citar como caso de referencia porque muestra cómo una cadena de valor compleja puede compartir datos bajo reglas comunes de soberanía, trazabilidad e interoperabilidad.
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. Organismo público español de referencia técnica en ingeniería civil, medio ambiente y agua, con actividad de apoyo técnico, investigación aplicada y gestión de información especializada.
Ciberseguridad	Conjunto de medidas técnicas y organizativas para proteger sistemas, redes y datos frente a accesos no autorizados, alteraciones o ataques. Es especialmente relevante en agua por su relación con infraestructuras críticas y servicios esenciales.
Clearing house	Servicio que registra transacciones, accesos o intercambios de datos para aportar trazabilidad, auditoría, evidencia de cumplimiento o, en su caso, liquidación económica. Es un componente habitual en arquitecturas inspiradas en IDS.
Conector de datos / Data Connector	Software que permite a una organización compartir o consumir datos dentro de un espacio de datos aplicando reglas de acceso, contratos, trazabilidad y políticas de uso. Es una pieza clave para mantener los datos bajo control del proveedor.
Credenciales digitales	Elementos que permiten verificar la identidad de una organización, sistema o usuario. En espacios de datos se utilizan para autenticar participantes y garantizar que solo acceden entidades autorizadas.
Credenciales verificables	Atributos digitales emitidos por una entidad confiable que permiten demostrar información sobre una persona, organización o sistema, como su identidad, rol, autorización o pertenencia a un ecosistema. En espacios de datos pueden facilitar la identificación confiable de participantes.
CRED – Centro de Referencia de Espacios de Datos	Iniciativa española orientada a impulsar, coordinar y facilitar el despliegue de espacios de datos sectoriales, proporcionando referencias, metodologías y apoyo al ecosistema nacional.
CSRD – Corporate Sustainability Reporting Directive	Directiva europea sobre información corporativa en materia de sostenibilidad. Amplía las obligaciones de reporte de las empresas y puede aumentar la demanda de datos fiables sobre consumo de agua, riesgos e impactos ambientales.

Término	Definición breve
Dato agregado	Dato presentado de forma agrupada por zona, periodo, sector, sistema o colectivo. Reduce riesgos de privacidad, exposición comercial o identificación individual, manteniendo utilidad analítica.
Dato anonimizado	Dato tratado para impedir la identificación de personas físicas. En el ámbito hídrico puede ser necesario cuando se manejan consumos domiciliarios, patrones de uso u otra información potencialmente personal.
Dato bruto	Dato capturado directamente por sensores, contadores, SCADA u otros sistemas, sin filtrado ni validación posterior. Puede tener alto valor operativo, pero también mayor sensibilidad y menor fiabilidad si no está contextualizado.
Dato derivado	Información generada a partir del tratamiento de datos primarios, como indicadores, estimaciones, modelos, alertas o predicciones. Suele ser más fácil de compartir que el dato bruto cuando existen restricciones de sensibilidad.
Dato validado	Dato revisado mediante controles de calidad, coherencia, completitud o contraste con otras fuentes. Es especialmente importante para reporte, supervisión pública, planificación o certificación.
Data Act – Reglamento de Ley de Datos	Reglamento europeo que establece normas armonizadas sobre acceso y uso justo de datos, especialmente los generados por productos conectados y servicios digitales. Refuerza la portabilidad, la interoperabilidad y ciertas obligaciones de acceso a datos.
Data contract / Contrato de datos	Acuerdo técnico y funcional que define cómo debe ser un dato compartido: estructura, formato, frecuencia, calidad mínima, semántica, responsabilidades, condiciones de uso y mecanismos de actualización.
Data Governance Act / DGA – Reglamento de Gobernanza de Datos	Reglamento europeo que facilita la reutilización de determinados datos, regula intermediarios de datos y promueve espacios comunes europeos de datos con garantías de confianza.
Data intermediary / Intermediario de datos	Figura que facilita el intercambio de datos entre proveedores y consumidores, actuando con neutralidad y bajo condiciones de confianza. En la UE, el DGA regula determinados servicios de intermediación de datos.
Data lineage / Linaje del dato	Historial que permite conocer el origen, transformaciones, validaciones, usos y versiones de un dato. Es clave para auditoría, reproducibilidad, reporte, modelos predictivos y certificación.

Término	Definición breve
Data Spaces Business Alliance / DSBA	Alianza de organizaciones como IDSA, Gaia-X, FIWARE y otras entidades para alinear enfoques técnicos y de gobernanza en torno a los espacios de datos.
DCAT / DCAT-AP – Data Catalog Vocabulary / DCAT Application Profile for data portals in Europe	Vocabulario estándar para describir catálogos y conjuntos de datos. DCAT-AP es el perfil de aplicación usado en el contexto europeo para mejorar la interoperabilidad de portales y catálogos de datos.
DID – Decentralized Identifier	Identificador descentralizado utilizado en modelos de identidad autosoberana y credenciales verificables. Permite identificar entidades de forma comprobable sin depender necesariamente de un registro central único.
Digitalización del ciclo del agua	Incorporación de sensores, telelectura, plataformas de datos, telecontrol, analítica y herramientas digitales a la gestión del abastecimiento, saneamiento, depuración, regadío y planificación hídrica.
DMA – Directiva Marco del Agua	Norma europea que establece el marco de actuación para la política de aguas en la UE. Obliga a planificar, monitorizar y reportar información sobre el estado de las masas de agua.
DOME – Distributed Open Marketplace for Europe	Iniciativa europea orientada a facilitar un mercado federado de servicios cloud y edge. Aparece vinculada al ecosistema de tecnologías compatibles con Gaia-X, IDSA y FIWARE.
DS4Skills – Data Space for Skills	Iniciativa europea centrada en espacios de datos para competencias y formación. Se cita como referencia de arquitectura y buenas prácticas aplicables a otros espacios sectoriales.
DSSC – Data Spaces Support Centre	Centro europeo de apoyo a espacios de datos. Desarrolla guías, bloques funcionales y recomendaciones comunes para que los espacios sectoriales europeos sean interoperables.
Ecosistema de datos	Conjunto de actores, fuentes, sistemas, normas, capacidades y relaciones que intervienen en la generación, custodia, intercambio, explotación y uso de datos.
eIDAS 2.0 – Electronic Identification, Authentication and Trust Services 2.0	Evolución del marco europeo de identificación electrónica, autenticación y servicios de confianza. Puede facilitar el uso de identidades digitales verificables en espacios de datos, permitiendo identificar organizaciones, personas o servicios con garantías reconocidas en el entorno europeo.
EOSC – European Open Science Cloud	Infraestructura europea federada para compartir datos y servicios de investigación. Aunque no es un espacio de datos hídrico, se cita como referencia de federación y reutilización de datos científicos bajo políticas comunes.

Término	Definición breve
Espacio de datos	Ecosistema técnico y organizativo que permite compartir, intercambiar y reutilizar datos entre varias entidades bajo reglas comunes de gobernanza, seguridad, interoperabilidad, trazabilidad y control de uso.
Espacio de datos hídrico	Aplicación del concepto de espacio de datos al sector del agua. Busca facilitar el intercambio confiable de datos hidrológicos, operativos, ambientales, urbanos, agrarios, industriales o climáticos para mejorar la gestión del recurso.
Espacios de Datos Sectoriales / EDS	Iniciativas orientadas a crear ecosistemas de compartición y explotación de datos en sectores concretos, como salud, movilidad, energía, industria, agricultura, medioambiente o agua.
ESG – Environmental, Social and Governance	Criterios ambientales, sociales y de gobernanza utilizados para evaluar el desempeño sostenible de organizaciones. En agua, se relacionan con riesgo hídrico, consumo, vertidos, resiliencia y transparencia.
FIWARE	Plataforma abierta de componentes software para soluciones inteligentes, IoT y gestión de datos. En espacios de datos aporta herramientas y modelos útiles para interoperabilidad, especialmente en ciudades inteligentes y smart water.
FTP – File Transfer Protocol	Protocolo clásico para transferencia de ficheros entre sistemas. En el informe se menciona como ejemplo de canal técnico que puede quedar corto si no incorpora validación, metadatos, trazabilidad y control de uso.
Gaia-X	Iniciativa europea para una infraestructura federada de datos y servicios cloud basada en soberanía, interoperabilidad, transparencia y confianza. Facilita componentes comunes como identidad, catálogo federado, cumplimiento y servicios de intercambio soberano.
Gemelo digital	Representación digital de un sistema físico, como una red de abastecimiento, una cuenca o una infraestructura hidráulica. Permite simular escenarios, anticipar problemas y optimizar decisiones.
GIS / SIG – Geographic Information System / Sistema de Información Geográfica	Sistema para gestionar, analizar y representar información georreferenciada. Es clave en agua para redes, cuencas, masas de agua, infraestructuras, consumos o riesgos territoriales.
Gobernanza del dato	Conjunto de reglas, roles, responsabilidades, procesos y mecanismos que determinan cómo se gestionan, comparten, protegen y reutilizan los datos.

Término	Definición breve
Greenwashing	Presentación engañosa o exagerada de beneficios ambientales. En un mercado de compensación hídrica sería un riesgo si los certificados no se basan en impacto real, adicionalidad y auditoría suficiente.
GWML2 – GroundWaterML 2	Estándar del OGC orientado a la representación e intercambio de información sobre aguas subterráneas. Puede ser relevante para datos de acuíferos, piezometría y recursos hidrogeológicos.
H2020 – Horizon 2020	Programa marco de investigación e innovación de la Unión Europea anterior a Horizon Europe. Ha financiado proyectos piloto y demostradores relacionados con datos, digitalización y espacios sectoriales.
HISPAGUA	Sistema Español de Información sobre el Agua. Portal gestionado por el CEDEX que facilita el acceso a documentación, normativa, datos, instituciones y recursos relacionados con el agua en España.
Horizon Europe	Programa marco vigente de investigación e innovación de la Unión Europea. Financia proyectos colaborativos, incluidos proyectos vinculados a digitalización, gestión del agua, interoperabilidad y espacios de datos.
Huella hídrica	Indicador que cuantifica el uso directo e indirecto de agua asociado a una organización, producto, proceso o territorio. Puede vincularse a estrategias de reducción, compensación o reporte ESG.
IAA – Instituto Aragonés del Agua	Entidad pública del Gobierno de Aragón vinculada a la planificación y gestión de actuaciones en abastecimiento, saneamiento y depuración. Es un actor relevante en el ecosistema hídrico aragonés.
IAM – Identity and Access Management	Gestión de identidades y accesos. Permite autenticar participantes y controlar qué datos o servicios puede utilizar cada actor en función de su rol, permisos y finalidad.
Identidad digital verificable	Mecanismo que permite acreditar digitalmente quién es un participante y qué atributos o permisos tiene, de forma comprobable por terceros. En un espacio de datos ayuda a construir confianza, controlar accesos y automatizar reglas de participación.
IDS Message Protocol	Protocolo asociado al ecosistema International Data Spaces para el intercambio de mensajes entre conectores. Puede emplearse para estructurar comunicaciones en espacios de datos compatibles con IDS.

Término	Definición breve
IDSA – International Data Spaces Association	Asociación internacional que desarrolla modelos de referencia, especificaciones y componentes para intercambio soberano de datos. Su arquitectura IDS-RAM y el concepto de conector IDS son referencias clave.
IDS-RAM – IDS Reference Architecture Model	Modelo de arquitectura de referencia de IDSA para espacios de datos. Ordena los componentes técnicos, funcionales, de negocio, información, procesos, seguridad, certificación y gobernanza.
Indicador derivado	Métrica calculada a partir de uno o varios datos de origen. Puede representar eficiencia, riesgo, calidad, consumo, presión, resiliencia o cumplimiento. Suele ser más comunicable y menos sensible que el dato primario.
INE – Instituto Nacional de Estadística	Organismo estatal responsable de las estadísticas oficiales en España. En el ámbito hídrico puede aportar datos sobre suministro, saneamiento, consumo, costes e indicadores socioeconómicos asociados al agua.
INSPIRE	Directiva europea que establece una infraestructura común para compartir información espacial ambiental. Es relevante para datos hidrográficos, redes, cuencas, masas de agua y cartografía ambiental.
Interoperabilidad	Capacidad de distintos sistemas, organizaciones o datasets para intercambiar y utilizar información de forma coherente. Puede ser técnica, semántica, organizativa o jurídica.
Interoperabilidad semántica	Capacidad de que los datos sean entendidos de la misma forma por distintos sistemas y actores. Requiere vocabularios, modelos de datos, ontologías, unidades y definiciones compartidas.
IoT – Internet of Things	Red de dispositivos conectados que capturan y transmiten datos. En agua incluye sensores de caudal, presión, calidad, humedad del suelo, contadores inteligentes o estaciones ambientales.
ISO 27001	Norma internacional para sistemas de gestión de la seguridad de la información. Es relevante para espacios de datos y servicios esenciales porque ayuda a estructurar controles de seguridad, riesgos y cumplimiento.
ISO 23903	Estándar internacional relacionado con el intercambio soberano de datos. Se cita como ejemplo de evolución de los principios de espacios de datos hacia normas técnicas internacionales.

Término	Definición breve
ISO/IEC JTC 1	Comité técnico conjunto de ISO e IEC para estándares internacionales de tecnologías de la información. Trabaja en normas relacionadas con datos, interoperabilidad, seguridad y tecnologías digitales.
Lista de confianza de espacios de datos	Registro o mecanismo que identifica espacios de datos que cumplen requisitos mínimos de confiabilidad, interoperabilidad, gobernanza y seguridad. Busca aportar seguridad al mercado y a los participantes.
LOPDGDD – Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales	Norma española que adapta y complementa el RGPD. Es relevante cuando el espacio de datos trata información personal o potencialmente identificable.
MAPA – Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación	Ministerio español competente en materias agrarias, pesqueras y alimentarias. En el ámbito del agua aparece vinculado a fuentes como el Sistema de Información Agroclimática para el Regadío.
Marketplace de datos	Entorno donde se publican, descubren y eventualmente contratan datos o servicios asociados. En espacios de datos no implica necesariamente compraventa; puede incluir acceso condicionado, colaboración o intercambio.
Metadatos	Datos que describen otros datos: título, fuente, responsable, formato, frecuencia, calidad, licencia, restricciones, cobertura temporal o geográfica. Son esenciales para descubrir y reutilizar datasets.
MGDS – Madrid Green Data Space	Iniciativa regional de espacio de datos orientada a información ambiental, energética y urbana. Se cita como experiencia nacional o regional relevante para aprender sobre espacios de datos aplicados a sostenibilidad.
MITECO – Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico	Ministerio español competente en política hídrica estatal, cambio climático, biodiversidad y transición ecológica. Es un actor relevante en datos de agua, planificación y digitalización del ciclo del agua.
Motor de políticas	Componente que traduce reglas de acceso y uso en decisiones técnicas: quién puede acceder, a qué dato, con qué finalidad, en qué formato y bajo qué restricciones.
MVP – Minimum Viable Product / Producto Mínimo Viable	Primera versión funcional y acotada de una solución, suficiente para validar utilidad, reglas de participación, componentes técnicos y generación de valor antes de escalar.

Término	Definición breve
NFRD – Non-Financial Reporting Directive	Directiva europea previa a la CSRD sobre información no financiera. Sirvió de base para obligaciones de reporte ambiental, social y de gobernanza antes de la ampliación introducida por la CSRD.
NGSI-LD – Next Generation Service Interfaces – Linked Data	Especificación para representar e intercambiar información contextual basada en datos enlazados. Se utiliza en entornos IoT, smart cities y FIWARE, y puede ser útil para datos de sensores y sistemas urbanos de agua.
NIS2 – Network and Information Security Directive 2	Directiva europea de ciberseguridad para sectores esenciales e importantes. Puede afectar a operadores y sistemas vinculados al agua por su condición de infraestructura o servicio crítico.
O&M – Observations and Measurements	Modelo estándar para representar observaciones y mediciones, especialmente en datos ambientales y de sensores. Puede ser útil para describir datos hidrológicos, meteorológicos o de calidad de agua.
OAuth2 – Open Authorization 2.0	Protocolo ampliamente utilizado para autorización de accesos. En espacios de datos puede formar parte de los mecanismos de identidad, permisos y control de acceso a servicios o APIs.
ODRL – Open Digital Rights Language	Lenguaje para expresar permisos, prohibiciones y obligaciones sobre el uso de datos o contenidos digitales. Puede utilizarse para formalizar políticas de uso en espacios de datos.
OGC – Open Geospatial Consortium	Organización que desarrolla estándares para información geoespacial. Sus especificaciones son relevantes para datos hidrológicos, observaciones ambientales, mapas y servicios geográficos.
Onboarding	Proceso de incorporación de nuevos participantes a un espacio de datos. Incluye validación de la entidad, aceptación del rulebook, alta de credenciales, configuración técnica y publicación inicial de recursos o permisos.
Ontología	Modelo formal que define conceptos, relaciones y significados dentro de un dominio. En agua puede ayudar a armonizar términos como masa de agua, punto de vertido, caudal, calidad, red o consumo.
Open data / Datos abiertos	Datos disponibles para su reutilización bajo condiciones abiertas, normalmente con licencias claras y formatos accesibles. En agua suelen incluir datos ambientales, hidrológicos, meteorológicos o estadísticos.

Término	Definición breve
Open source / Código abierto	Software cuyo código fuente está disponible para ser usado, revisado, modificado o reutilizado bajo determinadas licencias. En espacios de datos puede reducir dependencia tecnológica y facilitar adopción de componentes comunes.
Operador del ciclo urbano del agua	Entidad pública, privada o mixta que gestiona abastecimiento, saneamiento, depuración u otros servicios urbanos del agua. Genera datos operativos de alto valor, pero a menudo sensibles.
Organismo de cuenca	Administración responsable de la gestión de una demarcación hidrográfica. En España, las confederaciones hidrográficas cumplen este papel en cuencas intercomunitarias.
PDP – Policy Decision Point	Componente que decide si una solicitud de acceso o uso debe autorizarse, aplicando políticas, identidad, permisos, finalidad y contexto. Suele actuar junto con el PEP.
PEP – Policy Enforcement Point	Componente que aplica técnicamente una decisión de acceso o uso. Es el punto donde se hace cumplir una política, por ejemplo permitiendo, bloqueando o registrando una petición.
PERTE de Digitalización del Ciclo del Agua	Programa español de inversión pública orientado a modernizar la gestión del agua mediante sensorización, sistemas de información, reducción de pérdidas, eficiencia y mejora del conocimiento del recurso.
Perfil de reporte	Especificación que define cómo debe comunicarse un conjunto de datos: variables, unidades, frecuencia, formato, metadatos obligatorios, validaciones e identificación del punto de medida.
PKI – Public Key Infrastructure	Infraestructura de clave pública usada para emitir y gestionar certificados digitales. Puede servir para autenticar participantes y asegurar comunicaciones en un espacio de datos.
Procedencia del dato / Provenance	Información que permite acreditar de dónde procede un dato, quién lo generó, en qué condiciones, con qué método y bajo qué contexto. Complementa el linaje y mejora la confianza en la reutilización.
Proveedor de datos	Actor que pone datos a disposición de otros participantes bajo determinadas condiciones. Puede seguir manteniendo los datos en su propia infraestructura.
Pseudonimización	Tratamiento de datos personales que sustituye identificadores directos por seudónimos. Reduce riesgos, pero no equivale a anonimización, porque la reidentificación puede seguir siendo posible bajo ciertas condiciones.

Término	Definición breve
Red piezométrica	Red de puntos de control utilizados para medir la evolución del nivel de las aguas subterráneas. Es relevante para conocer el estado de acuíferos, tendencias de explotación y situaciones de sequía o sobrepresión.
Redes de aforo	Conjunto de estaciones que miden caudales, niveles u otras variables hidrológicas en ríos, canales o infraestructuras hidráulicas. Proporcionan datos básicos para planificación, gestión ordinaria y alerta ante eventos extremos.
Regla de uso / Política de uso	Condición que determina cómo puede utilizarse un dato: finalidad permitida, duración, posibilidad de descarga, prohibición de cesión a terceros, anonimización o requisitos de borrado.
Reporte regulatorio	Comunicación periódica de datos a una administración o regulador para cumplir obligaciones normativas, autorizaciones, seguimiento ambiental o supervisión. En el informe se plantea como posible caso de uso inicial.
Repositorio de evidencias	Sistema donde se almacenan o referencian datos, documentos o resultados que justifican una actuación, cumplimiento o certificación. En compensación hídrica puede respaldar certificados verificables.
RGPD – Reglamento General de Protección de Datos	Norma europea que regula el tratamiento de datos personales. En el sector del agua es relevante cuando se manejan consumos domiciliarios, datos de abonados o información que pueda identificar personas.
Riesgo hídrico	Posibilidad de sufrir impactos por escasez, sequía, inundaciones, mala calidad del agua, restricciones, conflictos de uso o deterioro del recurso. Afecta a administraciones, operadores, regantes, industria y ciudadanía.
ROEA – Red Oficial de Estaciones de Aforo	Red de estaciones de medida que proporciona información hidrológica oficial sobre caudales y niveles en cauces y otras masas de agua. Sus datos son una fuente básica para seguimiento hidrológico y planificación.
Rulebook / Reglamento de participación	Documento o conjunto de reglas que define cómo funciona un espacio de datos: condiciones de adhesión, roles, obligaciones, responsabilidades, uso permitido, gobernanza, resolución de conflictos y mecanismos de cumplimiento.
SAICA – Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas	Sistema de control automático de la calidad de las aguas continentales. Permite realizar seguimiento de parámetros físico-químicos y detectar episodios de contaminación o alteraciones relevantes.

Término	Definición breve
SAIH – Sistema Automático de Información Hidrológica	Sistema de adquisición y transmisión de datos hidrológicos en tiempo real o cuasi real, como caudales, niveles, precipitaciones o estado de embalses. Es una fuente clave para gestión de avenidas, sequías y explotación de cuencas.
SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition	Sistema de supervisión y control utilizado para operar infraestructuras en tiempo real. En agua se emplea en redes, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, embalses o instalaciones industriales.
SDMX – Statistical Data and Metadata Exchange	Estándar ISO para el intercambio de datos y metadatos estadísticos. Puede ser útil para integrar información estadística o indicadores agregados dentro de un ecosistema de datos.
SensorThings API	Estándar del OGC para interoperabilidad de sensores y observaciones IoT. Puede facilitar la publicación y consumo de datos procedentes de redes de sensores ambientales o hídricos.
Servicios predictivos	Servicios que utilizan datos y modelos para anticipar eventos o comportamientos futuros, como demanda de agua, sequía, inundaciones, calidad, fugas o riesgo operativo.
SiAR – Sistema de Información Agroclimática para el Regadío	Red y sistema de información agroclimática orientado al apoyo al regadío. Proporciona datos como temperatura, humedad, radiación, viento, precipitación o evapotranspiración, útiles para estimar necesidades hídricas de cultivos y optimizar el riego.
SINAC – Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo	Sistema estatal de información sobre agua de consumo humano. Recoge información sanitaria y de gestión sobre abastecimientos, zonas de suministro, controles de calidad e incidencias relacionadas con el agua destinada a consumo humano.
SLA – Service Level Agreement / Acuerdo de nivel de servicio	Acuerdo que define compromisos de prestación de un servicio, como disponibilidad, tiempos de respuesta, frecuencia de actualización, soporte o continuidad. En espacios de datos puede aplicarse a APIs, conectores o servicios derivados.
Smart contract / Contrato inteligente	Acuerdo digital que puede automatizar condiciones de acceso, uso, transacción o verificación. En espacios de datos puede apoyar la gestión de permisos o evidencias, aunque no siempre es imprescindible.
Smart water	Aplicación de tecnologías digitales, sensores, datos, analítica e IoT a la gestión del agua para mejorar eficiencia, calidad, resiliencia y toma de decisiones.

Término	Definición breve
Soberanía del dato	Capacidad del titular o proveedor de mantener control sobre quién accede a sus datos, con qué finalidad, bajo qué condiciones y con qué trazabilidad. Es uno de los principios centrales de los espacios de datos.
SSI – Self-Sovereign Identity	Modelo de identidad digital en el que una entidad puede gestionar y presentar credenciales verificables sin depender completamente de un proveedor centralizado. Se considera relevante para espacios de datos.
Telelectura	Lectura remota de contadores o sensores. En agua urbana permite disponer de datos más frecuentes sobre consumos, detectar fugas y mejorar la gestión de la demanda.
Titularidad del dato	Relación jurídica o competencial que determina quién tiene derechos o responsabilidades sobre un dato. En servicios públicos puede diferenciarse de la custodia técnica ejercida por un operador.
TMForum	Asociación internacional centrada en estándares y buenas prácticas para servicios digitales y telecomunicaciones. Se menciona en el ecosistema de entidades que contribuyen a la alineación de tecnologías de espacios de datos.
Trazabilidad	Capacidad de registrar y reconstruir el ciclo de vida de un dato: origen, transformaciones, accesos, usos, validaciones, envíos y modificaciones. Es clave para confianza, auditoría y cumplimiento.
UNE 0087:2025	Especificación española para la definición y caracterización de espacios de datos. Proporciona un marco común de principios y requisitos para su creación y operación.
Usage control / Control de uso	Mecanismos para limitar o supervisar cómo se utilizan los datos una vez concedido el acceso. Incluye políticas, contratos, trazabilidad, restricciones técnicas y obligaciones legales.
UWWTD – Urban Waste Water Treatment Directive	Directiva europea sobre tratamiento de aguas residuales urbanas. Sus esquemas de reporte pueden ser relevantes como base o referencia para datos asociados a saneamiento y depuración.
Water4All	Asociación europea de investigación e innovación sobre agua. Apoya la cooperación y la generación de conocimiento en torno a gestión del agua, resiliencia y sostenibilidad.
Water Data Space / Espacio de Datos del Agua	Concepto de espacio común o sectorial orientado a integrar y compartir datos sobre recursos hídricos, infraestructuras, calidad, usos, riesgos y servicios del agua bajo reglas de confianza.

Término	Definición breve
WaterML2	Estándar del OGC para representar series temporales hidrológicas. Puede ser útil para intercambiar datos de caudales, niveles, precipitaciones u observaciones relacionadas con el agua.
WATERVERSE	Proyecto europeo orientado a desarrollar un ecosistema de gestión de datos para espacios de datos del agua. Se cita como experiencia específica del dominio hídrico basada en componentes y principios de espacios de datos.
WFD – Water Framework Directive	Denominación inglesa de la Directiva Marco del Agua. Puede aparecer en fuentes europeas, documentación técnica o esquemas de reporte ambiental.
WISE – Water Information System for Europe	Sistema europeo de información sobre agua. Integra información reportada por los Estados miembros sobre estado, calidad y gestión de las aguas.
X.509	Estándar para certificados digitales utilizado para autenticar entidades y asegurar comunicaciones. En espacios de datos puede utilizarse como parte de la infraestructura de identidad y confianza.
ZINNAE	Clúster aragonés para el uso eficiente del agua. En el proyecto actúa como entidad con capacidad de articulación del ecosistema hídrico, empresarial e innovador.

ANEXO C. Inventario de dominios de datos hídricos

Este anexo recoge una clasificación estructurada de los principales dominios de datos relevantes para un espacio de datos del agua. Su objetivo es identificar qué tipos de datos existen, qué fuentes suelen generarlos, qué variables resultan más representativas, qué formatos o frecuencias son habituales, qué nivel de sensibilidad presentan y qué barreras deben considerarse para su integración.

El inventario se organiza por dominios funcionales, no por titulares concretos del dato. Esta decisión permite agrupar información procedente de múltiples actores — administraciones, organismos de cuenca, operadores, regantes, industria, centros de investigación o plataformas tecnológicas— en torno a familias de datos que comparten características técnicas y semánticas.

Los dominios considerados son: datos meteorológicos y climáticos; recursos hidrológicos superficiales; calidad de aguas superficiales; aguas subterráneas; usos y consumos del agua; calidad del agua de consumo humano; infraestructuras hidráulicas y operación; predicción, modelos y escenarios; y datos socioeconómicos, tarifarios y de gobernanza. Cada dominio se presenta mediante una ficha sintética con cinco apartados: descripción, fuentes típicas, variables principales, barreras de integración y utilidad potencial dentro del espacio de datos.

La siguiente matriz ofrece una visión de conjunto de estos dominios antes de desarrollar las fichas específicas.

Tabla 17. Inventario general de dominios de datos hídricos

Dominio	Ejemplos de datos	Fuentes habituales	Frecuencia típica	Sensibilidad orientativa	Valor potencial en el espacio de datos
Meteorológicos y climáticos	Precipitación, temperatura, humedad, viento, radiación, ETo, nieve	AEMET, SIAR, redes autonómicas, redes de cuenca, Copernicus/ECMWF	Tiempo real, horaria, diaria, mensual, histórica	Baja-media	Base para balances, predicción de demanda, sequía, avenidas y riego
Recursos hidrológicos superficiales	Caudales, niveles, embalses, aforos, aportaciones, caudales derivados	Confederaciones hidrográficas, SAIH, MITECO, operadores de infraestructuras	Tiempo real, horaria, diaria, semanal	Media	Disponibilidad, asignación de recursos, alertas, sequía e inundaciones
Calidad de aguas superficiales	pH, conductividad, oxígeno, turbidez, nitratos, fósforo, índices biológicos	Confederaciones, redes SAICA, comunidades autónomas, laboratorios, proyectos	Tiempo real en sensores; mensual/trimestral en campañas	Media-alta	Control ambiental, alertas de contaminación, cumplimiento y transparencia
Aguas subterráneas	Nivel piezométrico, nitratos, conductividad, estado químico, extracciones	IGME-CSIC, confederaciones, comunidades autónomas, proyectos hidrogeológicos	Mensual, trimestral, anual, campañas	Media-alta	Gestión de acuíferos, sobreexplotación, contaminación difusa y sequía

Usos y consumos	Consumo urbano, riego, industria, captaciones, retornos, agua no registrada	INE, MITECO, operadores, comunidades de regantes, industrias, AEAS/FENACORE	Tiempo real en telelectura; mensual, campaña, anual	Alta	Gestión de demanda, eficiencia, planificación, balances e indicadores comparativos
Calidad del agua de consumo humano	Cloro, turbidez, microbiología, metales, THM, no conformidades	SINAC, autoridades sanitarias, operadores, laboratorios	Diaria, mensual, trimestral, eventos	Alta	Salud pública, trazabilidad, control sanitario y mejora del reporte
Infraestructuras y operación	Presas, ETAP, EDAR, redes, bombeos, compuertas, depósitos, estado operativo	MITECO, confederaciones, operadores, ayuntamientos, GIS/SCADA	Estática, anual, tiempo real en operación	Alta	Resiliencia, mantenimiento, eficiencia, continuidad y gestión de incidencias
Predicción, modelos y escenarios	Previsión de lluvia, caudales previstos, sequía, inundación, demanda, clima futuro	AEMET, Copernicus, EFAS, organismos de cuenca, universidades, centros tecnológicos	Horaria, diaria, mensual, estacional, escenarios	Media	Anticipación, alertas, planificación y servicios avanzados de decisión
Socioeconómicos, tarifarios y gobernanza	Tarifas, costes, población servida, inversiones, cánones, recuperación de costes	INE, AEAS, MITECO, administraciones, operadores, organismos internacionales	Anual, bienal, plurianual	Media	Sostenibilidad económica, equidad, transparencia, incentivos y políticas públicas

Dominio 1: Datos meteorológicos y climáticos

Descripción

Incluye datos atmosféricos y climáticos que influyen directamente en la disponibilidad de recursos hídricos y en la demanda de agua. Este dominio abarca observaciones históricas, datos en tiempo real, predicciones meteorológicas, reanálisis climáticos y escenarios. Es un dominio transversal porque alimenta múltiples procesos: cálculo de aportaciones, estimación de evapotranspiración, predicción de sequía, gestión de avenidas, recomendaciones de riego y planificación de infraestructuras.

Fuentes típicas

- AEMET OpenData.
- SIAR y redes agroclimáticas.
- Redes meteorológicas autonómicas.
- Redes meteorológicas integradas en sistemas de cuenca.
- Copernicus, ECMWF y otros servicios climáticos europeos.
- Estaciones propias de operadores, comunidades de regantes o proyectos de investigación.

Variables representativas

Tabla 18. Variables representativas de datos meteorológicos y climáticos

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Precipitación acumulada	Agua caída en un intervalo temporal	mm o L/m²	Serie temporal	Requiere aclarar periodo de acumulación y huso horario
Temperatura del aire	Temperatura media, máxima, mínima o instantánea	°C	Serie temporal	Puede requerir conversión desde K en ciertos estándares
Humedad relativa	Grado de saturación de vapor de agua	%	Serie temporal	Variable relevante para evapotranspiración
Velocidad del viento	Velocidad media o instantánea del viento	m/s o km/h	Serie temporal	Conviene homogeneizar altura y periodo de medida
Dirección del viento	Dirección desde la que sopla el viento	grados	Serie temporal	Requiere aclarar referencia al norte geográfico
Radiación solar	Radiación global o energía acumulada	W/m² o MJ/m²	Serie temporal	Necesaria para cálculo de ETo
Horas de sol	Duración diaria de insolación	horas	Serie diaria	Puede derivarse de radiación
Evapotranspiración de referencia	Demanda atmosférica de agua	mm/día	Serie diaria	Dato derivado; debe indicarse método de cálculo
Espesor de nieve	Profundidad de nieve acumulada	cm o m	Serie temporal	Relevante para aportaciones en cuencas de montaña

Barreras de integración

- Límites de acceso a APIs o restricciones de descarga masiva.
- Diferencias de unidades entre fuentes.
- Desalineación temporal entre observaciones horarias, diarias o acumuladas.

- Diferencias en la definición de periodos de agregación.
- Heterogeneidad semántica en nombres de variables.
- Necesidad de metadatos sobre estación, altitud, sensor, método y calidad.
- Integración de datos observados, predichos y derivados en un mismo marco.

Utilidad en el espacio de datos

- Alimentar modelos hidrológicos, agrícolas y de demanda.
- Mejorar la predicción de sequía, inundación y disponibilidad.
- Apoyar recomendaciones de riego.
- Generar indicadores climáticos e hidrológicos comparables.
- Facilitar servicios de alerta temprana.

Dominio 2: Recursos hidrológicos superficiales

Descripción

Incluye datos de disponibilidad, circulación y almacenamiento de agua superficial: caudales de ríos, niveles, aforos, embalses, aportaciones, derivaciones, volúmenes turbinados y otros datos vinculados al estado de los recursos. Es uno de los dominios centrales para la gestión hidrológica, la planificación de usos, el seguimiento de sequías y la gestión de avenidas.

Fuentes típicas

- Confederaciones hidrográficas.
- Sistemas Automáticos de Información Hidrológica.
- MITECO y boletines hidrológicos.
- Operadores de infraestructuras hidráulicas.
- Empresas hidroeléctricas, en datos operativos específicos.
- Plataformas agregadoras de embalses y recursos.

Variables representativas

Tabla 19. Variables representativas de recursos hidrológicos superficiales

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Caudal de río	Volumen de agua que pasa por una sección	m^3/s	Serie temporal	Debe vincularse a estación y sección de aforo
Nivel de agua en río	Altura de la lámina de agua	m	Serie temporal	Necesita referencia vertical o regla local
Nivel de embalse	Cota de la superficie del embalse	m s.n.m.	Serie temporal	Vinculado a curva de capacidad
Volumen embalsado	Agua almacenada en embalse	hm^3	Serie temporal	Puede expresarse también como % de capacidad
Aportación	Volumen entrante en sistema o embalse	hm^3/día, hm^3/mes	Serie agregada	Importante para balances y sequía
Caudal derivado	Agua enviada a canal, riego, abastecimiento u otro uso	m^3/s o hm^3/periodo	Serie temporal/agregada	Puede ser sensible si se vincula a usos concretos
Volumen turbinado	Agua utilizada para generación hidroeléctrica	hm^3/periodo	Serie agregada	Puede estar sujeto a restricciones comerciales

Barreras de integración

- Fragmentación por demarcaciones hidrográficas.
- Diversidad de plataformas SAIH y servicios de acceso.
- Heterogeneidad de identificadores de estaciones, ríos, embalses y puntos de control.
- Diferencias de frecuencia temporal y disponibilidad histórica.
- Distintas unidades y referencias verticales.

- Acceso limitado a ciertos datos operativos.
- Falta de API nacional homogénea para todos los recursos.

Utilidad en el espacio de datos

- Integrar una visión común de disponibilidad de recurso.
- Alimentar balances y modelos de asignación.
- Mejorar alertas de avenidas y sequías.
- Apoyar la planificación de usos y restricciones.
- Generar indicadores comparables por cuenca, sistema o territorio.

Dominio 3: Calidad de aguas superficiales

Descripción

Comprende datos físico-químicos, biológicos, ecológicos y microbiológicos de ríos, embalses, lagos y otras masas de agua superficiales. Permite evaluar el estado ambiental, detectar contaminación, controlar episodios de deterioro y cumplir obligaciones de seguimiento derivadas de la normativa ambiental.

Fuentes típicas

- Confederaciones hidrográficas.
- Redes automáticas de calidad y alerta.
- Redes de seguimiento de la Directiva Marco del Agua.
- Laboratorios oficiales y privados.
- Comunidades autónomas.
- Proyectos de investigación y ciencia ciudadana.

Variables representativas

Tabla 20. Variables representativas de calidad de aguas superficiales

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
pH	Acidez o alcalinidad del agua	adimensional	Serie o muestra	Requiere indicar método y punto de muestreo
Conductividad	Mineralización/salinidad del agua	µS/cm	Serie o muestra	Sensible a temperatura de referencia
Oxígeno disuelto	Concentración de oxígeno en agua	mg/L o % saturación	Serie o muestra	Variable crítica para vida acuática
Turbidez	Presencia de partículas suspendidas	NTU	Serie o muestra	Puede variar rápidamente en avenidas
Temperatura del agua	Temperatura de la masa de agua	°C	Serie temporal	Relevante para procesos ecológicos
Nitratos	Concentración de nitratos	mg/L	Muestra	Vinculado a contaminación agrícola o urbana
Fósforo total	Nutriente asociado a eutrofización	mg/L o µg/L	Muestra	Requiere homogeneizar forma química
DQO/DBO	Carga orgánica	mg O_2/L	Muestra	Importante en contaminación urbana/industrial
Índices biológicos	Estado ecológico basado en organismos	índice	Campaña	Difícil integración con variables continuas
Contaminantes específicos	Metales, pesticidas, sustancias prioritarias	µg/L, mg/L	Muestra	Requiere límites de detección y método analítico

Barreras de integración

- Gran diversidad de parámetros y métodos de análisis.
- Unidades distintas para una misma sustancia o familia química.

- Frecuencia irregular de muestreo.
- Distinción entre datos automáticos y datos validados en laboratorio.
- Necesidad de límites de detección, incertidumbre y método analítico.
- Riesgo de mala interpretación de datos no validados.
- Dificultad para integrar indicadores ecológicos cualitativos con series físico-químicas.

Utilidad en el espacio de datos

- Seguimiento ambiental y detección temprana de contaminación.
- Apoyo a planes de cuenca y evaluación del estado de masas de agua.
- Información para abastecimiento, usos recreativos, agricultura e industria.
- Transparencia ambiental y generación de alertas.
- Mejora de modelos de calidad y riesgo.

Dominio 4: Aguas subterráneas

Descripción

Incluye datos sobre el estado cuantitativo y químico de acuíferos: niveles piezométricos, calidad del agua subterránea, extracciones, recarga, estado químico, estado cuantitativo y características hidrogeológicas. Es un dominio clave para territorios con presión agrícola, dependencia de captaciones subterráneas, acuíferos sobreexplotados o riesgo de contaminación difusa.

Fuentes típicas

- IGME-CSIC.
- Confederaciones hidrográficas.
- Comunidades autónomas.
- Redes piezométricas.
- Estudios hidrogeológicos.
- Proyectos de investigación.
- Titulares de pozos y captaciones, cuando exista obligación o acuerdo de reporte.

Variables representativas

Tabla 21. Variables representativas de aguas subterráneas

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Nivel piezométrico	Posición del nivel del agua subterránea	m bajo terreno o m s.n.m.	Serie temporal	Es crítico indicar referencia vertical
Profundidad de pozo	Característica física de la captación	m	Dato de catálogo	Requiere localización y metadatos
Conductividad	Salinidad o mineralización	µS/cm	Serie o muestra	Útil para intrusión salina o contaminación
Nitratos	Contaminación difusa agraria	mg/L	Muestra	Parámetro crítico en zonas vulnerables
Estado químico	Clasificación de masa de agua	bueno/malo	Evaluación periódica	Dato derivado, no observación directa
Estado cuantitativo	Situación de explotación del acuífero	bueno/malo u otro	Evaluación periódica	Requiere datos de recarga y extracciones
Extracciones	Volumen bombeado desde acuífero	hm^3/año	Serie anual/agregada	Puede ser sensible o incompleto
Recarga estimada	Entrada de agua al acuífero	hm^3/año	Modelo/estimación	Alta incertidumbre

Barreras de integración

- Dispersión de series históricas.
- Frecuencia irregular y presencia de mediciones manuales.
- Diferencias entre profundidad y cota absoluta.
- Localización sensible de pozos privados.
- Escasa adopción de modelos semánticos específicos.
- Incertidumbre en extracciones reales y recarga.
- Dificultad para integrar observaciones, modelos y clasificaciones oficiales.

Utilidad en el espacio de datos

- Seguimiento de sobreexplotación y contaminación.
- Integración con sequía, riego y abastecimiento.
- Apoyo a planes de gestión de acuíferos.
- Mejora de balances hídricos.
- Desarrollo de indicadores de riesgo y resiliencia.

Dominio 5: Usos y consumos del agua

Descripción

Agrupa datos sobre cómo se utiliza el agua en los distintos sectores: abastecimiento urbano, regadío, industria, energía, usos recreativos y otros. Incluye volúmenes extraídos, suministrados, consumidos, facturados, retornados, reutilizados o perdidos. Es un dominio especialmente relevante para la planificación y eficiencia, pero también uno de los más sensibles.

Fuentes típicas

- INE.
- MITECO y planes hidrológicos.
- Operadores urbanos.
- Comunidades de regantes.
- Industrias y usuarios intensivos.
- Asociaciones sectoriales.
- Portales de datos abiertos municipales o regionales.
- Contadores inteligentes, telelectura y sistemas de gestión.

Variables representativas

Tabla 22. Variables representativas de usos y consumos del agua

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Consumo urbano doméstico	Agua destinada a hogares	L/hab·día, m³, hm³/año	Serie agregada	Definiciones pueden variar según fuente
Consumo urbano total	Agua suministrada o facturada en red urbana	m³ o hm³/año	Serie agregada	Distinguir suministrada, registrada y facturada
Agua no registrada	Diferencia entre agua suministrada y registrada	% o m³	Indicador	Requiere metodología homogénea
Consumo agrario	Agua utilizada para riego	hm³/año o campaña	Serie/agregado	Alta sensibilidad si baja granularidad
Dotación de riego	Agua asignada por superficie o usuario	m³/ha, hm³/campaña	Campaña	Puede depender de concesión y disponibilidad
Consumo industrial	Agua utilizada en procesos industriales	m³ o hm³/año	Serie/agregado	Información comercialmente sensible
Captación	Agua extraída de una fuente	m³, hm³	Serie/agregado	Vinculada a concesiones o autorizaciones
Reutilización	Agua depurada o recirculada para nuevos usos	m³ o %	Serie/agregado	Importante para eficiencia y circularidad
Retornos	Agua devuelta al sistema	m³ o hm³	Serie/agregado	Difícil de medir en algunos usos
Consumo energético asociado	Energía usada para captar, bombear o tratar agua	kWh/m³	Indicador	Útil para eficiencia hídrico-energética

Barreras de integración

- Diferencias entre agua suministrada, registrada, facturada, consumida y retornada.
- Escalas espaciales heterogéneas: municipio, cuenca, comunidad de regantes, planta, sector.

- Periodicidades distintas: tiempo real, mensual, campaña, anual.
- Confidencialidad comercial o personal.
- Falta de incentivos para compartir datos detallados.
- Datos dispersos en operadores, regantes, industrias y administraciones.
- Escasez de estándares de intercambio específicos para usos del agua.

Utilidad en el espacio de datos

- Mejorar planificación de demanda.
- Identificar oportunidades de eficiencia y ahorro.
- Apoyar gestión de sequías y restricciones.
- Generar indicadores comparables.
- Facilitar reporte y cumplimiento.
- Integrar información de usos reales en balances hídricos.

Dominio 6: Calidad del agua de consumo humano

Descripción

Incluye datos sanitarios y operativos sobre el agua destinada al consumo humano. Abarca parámetros físico-químicos, microbiológicos y de desinfección medidos en captaciones, plantas de tratamiento, depósitos, redes y puntos de consumo. Es un dominio altamente regulado por su relación directa con la salud pública.

Fuentes típicas

- SINAC.
- Operadores de abastecimiento.
- Autoridades sanitarias autonómicas.
- Laboratorios de control.
- Ayuntamientos y entidades gestoras.
- Informes de calidad del agua de consumo.

Variables representativas

Tabla 23. Variables representativas de calidad del agua de consumo humano

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Cloro libre residual	Control de desinfección en red	mg/L	Serie/muestra	Relevante para seguridad sanitaria
Turbidez	Claridad del agua tratada	NTU	Serie/muestra	Indicador de tratamiento y distribución
E. coli	Indicador microbiológico	UFC/100 mL	Muestra	Debe ser ausencia en agua apta
Enterococos	Indicador microbiológico	UFC/100 mL	Muestra	Vinculado a contaminación fecal
Trihalometanos	Subproductos de desinfección	µg/L	Muestra	Requiere control por salud pública
Metales	Aluminio, plomo, hierro, etc.	µg/L o mg/L	Muestra	Depende de red, tratamiento y origen
Conductividad	Mineralización del agua	µS/cm	Serie/muestra	Parámetro general de calidad
No conformidad	Incidencia de incumplimiento	evento	Registro	Debe incluir fecha, zona, parámetro y acción
Zona de abastecimiento	Unidad territorial de control	identificador	Catálogo	Clave para integración geográfica

Barreras de integración

- Acceso restringido a datos crudos.
- Necesidad de validación antes de publicación.
- Riesgo de falsa alarma o interpretación errónea.
- Distintos niveles de agregación territorial.
- Diferencias entre datos operativos y datos reportados oficialmente.
- Necesidad de vincular resultados analíticos con zonas de abastecimiento y red.

- Sensibilidad sanitaria, reputacional y de seguridad.

Utilidad en el espacio de datos

- Mejorar trazabilidad del control sanitario.
- Facilitar reporte y coordinación entre gestores y autoridades.
- Generar indicadores agregados y comparables.
- Apoyar sistemas de alerta y comunicación pública.
- Integrar calidad de consumo con datos de origen, tratamiento y red.

Dominio 7: Infraestructuras hidráulicas y operación

Descripción

Comprende datos sobre activos físicos utilizados para almacenar, transportar, tratar, distribuir, depurar o reutilizar agua. Incluye tanto catálogos estáticos de infraestructuras como datos dinámicos de operación, mantenimiento, estado, incidencias y rendimiento.

Fuentes típicas

- Inventarios oficiales de presas y embalses.
- Confederaciones hidrográficas.
- Operadores urbanos.
- Ayuntamientos y entidades locales.
- Sistemas GIS, SCADA y GMAO.
- Comunidades de regantes.
- Empresas hidroeléctricas o titulares de infraestructuras.
- Sistemas de protección civil o seguridad.

Variables representativas

Tabla 24. Variables representativas de infraestructuras hidráulicas y operación

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Presa o embalse	Infraestructura de regulación	catálogo/GIS	Dato estático	Requiere identificador único
Capacidad de embalse	Volumen máximo de almacenamiento	hm^3	Catálogo	Puede referirse a distintos niveles
Altura de presa	Dimensión estructural	m	Catálogo	Dato estático
ETAP	Planta de tratamiento de agua potable	catálogo/GIS	Dato estático	Requiere vinculación a zona servida
EDAR	Estación depuradora	catálogo/GIS	Dato estático	Vinculada a población y caudal de diseño
Red de abastecimiento	Tuberías, depósitos, válvulas, bombeos	GIS	Geoespacial	Alta sensibilidad por seguridad
Red de saneamiento	Colectores, bombeos, aliviaderos	GIS	Geoespacial	Sensibilidad operativa
Estado operativo	Activo, parado, mantenimiento, avería	categórico	Tiempo real/evento	Suele estar en SCADA/GMAO
Caudal de diseño	Capacidad de tratamiento o conducción	m^3/día, L/s	Catálogo	Necesita contexto de infraestructura
Indicador de pérdidas	Rendimiento de red o agua no registrada	%	Indicador	Requiere metodología común

Barreras de integración

- Información sensible por seguridad e infraestructuras críticas.
- Heterogeneidad de catálogos, GIS y sistemas operativos.
- Ausencia de identificadores comunes para activos.

- Diferente nivel de detalle entre infraestructuras principales y redes urbanas.
- Dificultad para combinar datos estáticos con datos dinámicos.
- Dependencia de sistemas internos de operación.
- Riesgo de exposición de información estratégica.

Utilidad en el espacio de datos

- Mejorar planificación de mantenimiento e inversiones.
- Apoyar continuidad y resiliencia del servicio.
- Integrar estado de infraestructuras con riesgos hidrológicos o climáticos.
- Generar indicadores agregados de eficiencia y operación.
- Facilitar coordinación en emergencias.
- Conectar activos con datos de calidad, consumo y energía.

Dominio 8: Predicción, modelos y escenarios

Descripción

Agrupa datos generados por modelos meteorológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos, climáticos, de demanda o de riesgo. Incluye predicciones a corto plazo, escenarios estacionales, simulaciones de sequía o inundación, modelos de demanda y proyecciones de cambio climático. A diferencia de otros dominios, estos datos no describen solo observaciones pasadas o presentes, sino resultados estimados o proyectados.

Fuentes típicas

- AEMET y modelos meteorológicos.
- Organismos de cuenca y sistemas de ayuda a la decisión.
- Copernicus, EFAS y European Drought Observatory.
- Universidades y centros de investigación.
- Operadores urbanos y empresas tecnológicas.
- Modelos hidráulicos, hidrológicos o de demanda desarrollados en proyectos.

Variables representativas

Tabla 25. Variables representativas de predicción, modelos y escenarios

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Precipitación prevista	Lluvia esperada en horizonte temporal	mm	Grid/serie	Requiere horizonte y versión de modelo
Caudal previsto	Caudal estimado en punto de río	m^3/s	Serie pronosticada	Puede ser determinista o probabilístico
Nivel previsto	Nivel esperado en río o embalse	m	Serie pronosticada	Útil para avenidas
Índice de sequía	Indicador actual o proyectado	índice	Serie/mapa	Debe especificarse método
Riesgo de inundación	Probabilidad o extensión esperada	%, mapa	Raster/vector	Puede combinar modelos hidráulicos y meteo
Demanda prevista	Consumo esperado urbano, agrario o industrial	m^3, hm^3	Serie/modelo	Requiere datos históricos y variables externas
Escenario climático	Proyección futura de variables climáticas	variable	Grid/serie	Alta incertidumbre y horizonte largo
Incertidumbre	Rango, intervalo, probabilidad	%, intervalo	Metadato/resultado	Crítica para interpretación

Barreras de integración

- Formatos complejos: NetCDF, GRIB, ráster, ensembles o salidas propietarias.
- Necesidad de distinguir observación, predicción, escenario y simulación.
- Gestión de versiones y corridas de modelo.
- Diferentes horizontes temporales y resoluciones espaciales.
- Incertidumbre y resultados probabilísticos.

- Responsabilidad sobre decisiones basadas en predicciones.
- Dificultad para combinar modelos de distintas fuentes.

Utilidad en el espacio de datos

- Anticipar sequías, inundaciones y restricciones.
- Mejorar planificación operativa y estratégica.
- Generar servicios de alerta temprana.
- Apoyar decisiones de riego, abastecimiento e industria.
- Evaluar escenarios de cambio climático y adaptación.
- Crear servicios de analítica avanzada como retorno para productores de datos.

Dominio 9: Datos socioeconómicos, tarifarios y de gobernanza

Descripción

Incluye información económica, social e institucional vinculada a la gestión del agua: tarifas, costes, inversiones, población servida, recuperación de costes, cánones, empleo, asequibilidad, indicadores de gobernanza, participación pública, indicadores ESG y huella hídrica. Complementa los datos físicos y operativos, permitiendo evaluar sostenibilidad económica, equidad y eficacia de políticas públicas.

Fuentes típicas

- INE.
- AEAS y asociaciones sectoriales.
- MITECO y planes hidrológicos.
- Administraciones autonómicas y locales.
- Operadores urbanos.
- Organismos internacionales.
- Informes de sostenibilidad empresarial.
- Estudios sectoriales y proyectos de investigación.

Variables representativas

Tabla 26. Variables representativas de datos socioeconómicos, tarifarios y de gobernanza

Variable	Descripción funcional	Unidad habitual	Estructura típica	Observaciones de integración
Tarifa media urbana	Precio del servicio de agua	€/m³	Serie anual	Definiciones no siempre comparables
Coste del servicio	Coste de abastecimiento/saneamiento	€/m³, €/hab·año	Serie anual	Puede incluir o no amortización/inversión
Población servida	Habitantes conectados al servicio	habitantes	Serie/estadística	Requiere escala territorial clara
Inversión en infraestructuras	Gasto en renovación o ampliación	€	Serie anual	Puede proceder de múltiples administraciones
Canon o tasa	Importe asociado a regulación o saneamiento	€/m³, €	Dato normativo/serie	Diferencias entre territorios
Recuperación de costes	Relación ingresos/costes	%	Indicador	Depende de metodología
Huella hídrica	Impacto o consumo asociado a actividad	m³, indicador	Informe/modelo	Requiere alcance y método
Indicadores ESG	Métricas ambientales y de gestión	variable	Informe	Comparabilidad limitada
Participación pública	Procesos, aportaciones, consultas	registros	Cualitativo/cuantitativo	Relacionado con gobernanza

Barreras de integración

- Datos dispersos en informes, estadísticas y documentos administrativos.
- Periodicidad lenta y retrasos de publicación.
- Definiciones heterogéneas de tarifa, coste, consumo o población servida.
- Escalas territoriales distintas: municipio, operador, cuenca, comunidad autónoma.

- Sensibilidad política o comercial de costes y tarifas.
- Dificultad para combinar datos socioeconómicos con datos operativos en tiempo real.
- Necesidad de modelos estadísticos o cubos de datos para explotación comparativa.

Utilidad en el espacio de datos

- Evaluar sostenibilidad económica del servicio.
- Comparar indicadores entre territorios y operadores.
- Apoyar decisiones de inversión.
- Analizar recuperación de costes y asequibilidad.
- Conectar eficiencia hídrica con costes, tarifas y energía.
- Facilitar transparencia, participación y rendición de cuentas.

Análisis transversal de los dominios de datos

Clasificación transversal de sensibilidad y acceso

La integración de datos hídricos requiere diferenciar niveles de sensibilidad y condiciones de acceso. No todos los dominios pueden tratarse del mismo modo. La siguiente clasificación orientativa puede servir como base para definir políticas de publicación, compartición o acceso restringido.

Tabla 27. Clasificación transversal de sensibilidad y acceso a los datos

Nivel	Tipo de dato	Ejemplos	Condición recomendada
Abierto	Datos ya públicos, agregados o de bajo riesgo	Meteorología, embalses agregados, indicadores estadísticos, cartografía general	Publicación abierta con metadatos y licencia clara
Compartido bajo condiciones	Datos útiles pero con necesidad de control	Consumos agregados, datos operativos no críticos, indicadores de eficiencia, resultados de modelos	Acceso mediante registro, licencia, finalidad definida y trazabilidad
Restringido	Datos sensibles por seguridad, privacidad o competencia	Redes detalladas, consumos individuales, datos industriales, ubicaciones críticas, calidad sanitaria no validada	Acceso limitado a actores autorizados y bajo contrato
Derivado o anonimizado	Datos transformados para reducir riesgo	Indicadores, agregados territoriales, rangos, índices, alertas	Preferente para pilotos y comunicación pública
No compartible o excepcional	Datos cuya publicación puede comprometer seguridad o derechos	Información crítica de infraestructuras, datos personales no anonimizados, secretos comerciales	Exclusión o tratamiento en entornos controlados

Barreras transversales de interoperabilidad

A partir de los dominios analizados, se identifican barreras comunes que afectan al conjunto del ecosistema:

Tabla 28. Barreras transversales de interoperabilidad

Barrera	Manifestación	Consecuencia para el espacio de datos
Heterogeneidad de formatos	APIs, CSV, Excel, PDF, GIS, SCADA, bases internas	Aumenta el coste de integración y mantenimiento
Diferencias semánticas	Variables con nombres, unidades o definiciones distintas	Dificulta comparación y automatización
Identificadores no comunes	Estaciones, masas de agua, redes, activos o zonas con códigos distintos	Obliga a reconciliación manual o creación de catálogos maestros
Frecuencias dispares	Tiempo real, diaria, mensual, campaña, anual	Requiere modelos temporales flexibles
Metadatos insuficientes	Falta de método, sensor, calidad, referencia espacial o unidad	Reduce confianza y reutilización
Calidad y validación desigual	Datos brutos, preliminares o no validados mezclados con datos oficiales	Riesgo de errores e interpretaciones incorrectas
Sensibilidad y restricciones	Datos personales, comerciales, sanitarios o críticos	Exige políticas de acceso diferenciadas
Dependencia de acuerdos bilaterales	Convenios o peticiones específicas para acceder a datos	Reduce escalabilidad y genera asimetrías

Prioridades para un inventario mínimo viable

Un espacio de datos del agua no necesita integrar todos los dominios desde el inicio. Para una fase inicial, puede resultar más operativo definir un inventario mínimo viable basado en datos de alto valor, disponibilidad razonable y sensibilidad gestionable.

Tabla 29. Prioridades para un inventario mínimo viable

Prioridad	Dominio	Datos iniciales recomendados	Justificación
Alta	Meteorología y clima	Precipitación, temperatura, ETo, predicción meteorológica	Datos relativamente maduros y transversales a muchos casos de uso
Alta	Recursos hidrológicos superficiales	Caudales, niveles, embalses, aportaciones	Base para disponibilidad, sequía e inundaciones
Alta	Usos y consumos agregados	Consumo urbano agregado, dotaciones de riego, indicadores de uso	Clave para demanda, pero requiere agregación y gobernanza
Media-alta	Calidad de aguas superficiales	Parámetros básicos y alertas validadas	Útil para transparencia y gestión ambiental
Media	Infraestructuras	Catálogo agregado de activos e indicadores operativos no sensibles	Apoya resiliencia y planificación sin exponer redes críticas
Media	Predicción y modelos	Predicción de demanda, sequía o riesgo	Alto valor como servicio derivado y retorno para participantes
Media-baja	Socioeconómicos	Tarifas, población servida, costes agregados	Importante para políticas, aunque menos operativo en tiempo real
Variable	Aguas subterráneas	Nivel piezométrico y nitratos en zonas prioritarias	Muy relevante en territorios concretos, pero con datos más dispersos
Variable	Agua de consumo humano	Indicadores agregados y no conformidades validadas	Alta sensibilidad; conviene empezar por datos agregados y oficiales

Lectura transversal del inventario

El inventario muestra que el ecosistema hídrico dispone de un volumen considerable de datos, pero estos datos no se encuentran en condiciones homogéneas de reutilización. Algunos dominios, como meteorología o determinados datos hidrológicos, presentan mayor madurez y disponibilidad. Otros, como consumos, infraestructuras, calidad sanitaria

o datos industriales, tienen un alto valor estratégico pero requieren mecanismos más robustos de control, agregación y gobernanza.

La utilidad del espacio de datos dependerá de su capacidad para combinar dominios. El valor no surge solo de publicar datos aislados, sino de conectar información meteorológica, hidrológica, operativa, de consumo, calidad, predicción e indicadores socioeconómicos. Esta integración permitiría pasar de una lógica de consulta fragmentada a una lógica de servicios: alertas, modelos, indicadores, reporte simplificado, benchmarking, trazabilidad y soporte a decisiones.

El inventario también permite identificar que la interoperabilidad debe abordarse de forma progresiva. No parece realista exigir una normalización completa de todos los dominios desde el inicio. Resulta más viable seleccionar casos de uso prioritarios, definir para ellos perfiles comunes de datos y ampliar gradualmente el alcance técnico y organizativo del espacio.

En este sentido, éste anexo debe entenderse como una base viva para priorizar, ordenar y madurar el catálogo de datos de un futuro espacio de datos del agua. Su función no es cerrar definitivamente el inventario, sino ofrecer una estructura común para discutir qué datos son necesarios, quién puede aportarlos, bajo qué condiciones y qué valor puede generar su integración.

ANEXO D. Mapa de actores del ecosistema de datos del agua

El mapa de actores identifica los principales perfiles que intervienen en la generación, custodia, integración, explotación, regulación o uso de datos hídricos. Su finalidad es ordenar el ecosistema en torno a grupos funcionales, de modo que pueda analizarse qué papel desempeña cada perfil en un eventual espacio de datos del agua, qué información podría aportar y qué valor podría obtener a cambio.

La clasificación utilizada no pretende reflejar una división administrativa cerrada, sino una agrupación operativa de actores con funciones similares dentro del ciclo de vida del dato. Un mismo actor puede desempeñar varios roles simultáneamente: producir datos, custodiarlos, consumir datos de terceros, integrarlos en sistemas propios, transformarlos en indicadores o facilitar acuerdos entre organizaciones.

A efectos del espacio de datos, se distinguen siete perfiles principales:

1. Administraciones públicas y organismos de cuenca.
2. Operadores del ciclo urbano del agua.
3. Usuarios agrarios y comunidades de regantes.
4. Industria y usuarios intensivos de agua.
5. Centros de investigación, universidades y centros tecnológicos.
6. Empresas tecnológicas e integradoras.
7. Asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía.

Cada perfil se describe mediante una ficha homogénea, organizada en torno a cinco dimensiones: descripción funcional, ejemplos de actores, roles dentro del espacio de datos, datos que podría aportar y retornos o beneficios esperados.

A continuación, se presenta una matriz sintética (Tabla 30) que resume, para cada perfil, sus roles principales dentro del ecosistema, los tipos de datos que puede aportar y el retorno potencial que podría obtener de su participación en un espacio de datos del agua. Esta visión de conjunto permite situar después las fichas detalladas de cada perfil y facilita una lectura comparada del papel que cada grupo de actores podría desempeñar.

Tabla 30. Mapa general de actores del ecosistema de datos del agua

Perfil	Roles principales	Datos que puede aportar	Retorno esperado
Administraciones públicas y organismos de cuenca	Productor, custodio, regulador, integrador, consumidor	Hidrología, calidad, concesiones, planificación, estadística, cartografía, infraestructuras	Mejor planificación, trazabilidad, coordinación, reducción de cargas y transparencia
Operadores del ciclo urbano	Productor, custodio, consumidor, integrador	Consumos, redes, calidad, presiones, fugas, EDAR/ETAP, incidencias, indicadores	Predicción de demanda, alertas, benchmarking, eficiencia y reporte simplificado
Usuarios agrarios y comunidades de regantes	Productor, custodio, consumidor, integrador local	Dotaciones, consumos, turnos, telecontrol, humedad, energía, eficiencia	Predicción de disponibilidad, recomendaciones de riego, alertas y optimización energética
Industria y usuarios intensivos	Productor, custodio, consumidor, usuario de servicios	Captación, consumo, reutilización, vertido, calidad, indicadores ESG	Seguridad de suministro, predicción de restricciones, reporte y reputación
Investigación y centros tecnológicos	Consumidor avanzado, transformador, validador, productor	Modelos, indicadores, datos experimentales, validación, metodologías	Acceso a datos, proyectos, transferencia y capacidad de validación
Empresas tecnológicas e integradoras	Integrador, proveedor tecnológico, transformador, seguridad	Plataformas, APIs, conectores, modelos, analítica, metadatos técnicos	Oportunidades de servicio, validación de soluciones e interoperabilidad
Asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía	Facilitador, intermediario, usuario, movilizador, vigilancia social	Diagnósticos, indicadores, proyectos, información cualitativa, ciencia ciudadana	Transparencia, participación, confianza, movilización y generación de proyectos

1. Administraciones públicas y organismos de cuenca

Descripción del perfil

Este perfil agrupa a los actores públicos con competencias de planificación, regulación, control, seguimiento, coordinación o prestación de servicios relacionados con el agua. Incluye organismos estatales, confederaciones hidrográficas, administraciones autonómicas, entidades locales, diputaciones, comarcas, consorcios y otros entes públicos con responsabilidades en materia de recursos hídricos, calidad, abastecimiento, saneamiento, salud pública, protección civil, ordenación territorial o datos abiertos.

Se trata de un perfil amplio porque la gobernanza del agua está distribuida entre diferentes niveles administrativos. Los organismos de cuenca tienen un papel central en la gestión de las demarcaciones hidrográficas, mientras que las comunidades autónomas y entidades locales intervienen en abastecimiento, saneamiento, calidad del agua de consumo, depuración, gestión territorial, emergencias o transparencia. Por ello, dentro de este perfil pueden existir diferencias importantes en cuanto a competencias, datos disponibles, capacidad técnica y sensibilidad de la información.

En un espacio de datos del agua, estos actores son esenciales porque concentran buena parte de los datos estructurales del sistema hídrico y porque pueden establecer condiciones de gobernanza, interoperabilidad, confianza y cumplimiento.

Ejemplos de actores

A escala estatal y de cuenca, este perfil incluye al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, la Dirección General del Agua, las confederaciones hidrográficas, la Agencia Estatal de Meteorología, el Instituto Geológico y Minero de España y el Instituto Nacional de Estadística, entre otros organismos.

En el contexto de Aragón, destacan la Confederación Hidrográfica del Ebro, el Instituto Aragonés del Agua, el Gobierno de Aragón, Aragón Open Data, IAEST, IDEAragón, los ayuntamientos, las diputaciones provinciales y los consorcios o entidades públicas vinculadas al ciclo urbano del agua.

Roles dentro del espacio de datos

Tabla 31. Roles de administraciones públicas y organismos de cuenca

Rol	Aplicación al perfil
Productor primario	Generación de datos hidrológicos, meteorológicos, hidrogeológicos, estadísticos, ambientales, sanitarios, territoriales y administrativos.
Custodio del dato	Conservación, validación, autorización y publicación de datos sujetos a responsabilidad pública o normativa.
Regulador/supervisor	Definición de obligaciones de reporte, condiciones de acceso, criterios de calidad, seguridad y cumplimiento.
Consumidor de datos	Uso de información de terceros para planificación, seguimiento, control, inspección, evaluación, emergencias o políticas públicas.
Integrador	Agregación de datos procedentes de municipios, operadores, usuarios, redes de control o sistemas estadísticos.
Facilitador institucional	Capacidad para establecer marcos de colaboración, convenios, incentivos y reglas comunes.

Datos que podrían aportar

- Datos hidrológicos: caudales, niveles, aforos, embalses, aportaciones, sequía e inundaciones.
- Datos meteorológicos y climáticos: precipitación, temperatura, predicciones, radar, nieve, evapotranspiración.
- Datos de calidad de aguas superficiales y subterráneas.
- Datos de masas de agua, zonas protegidas, redes de control y planificación hidrológica.
- Datos de concesiones, autorizaciones, vertidos y usos autorizados.
- Datos de infraestructuras hidráulicas, presas, embalses, depuradoras, abastecimientos y saneamiento.
- Datos de calidad del agua de consumo humano, cuando proceda y bajo las condiciones adecuadas.
- Datos estadísticos: consumo urbano, saneamiento, costes, población servida, tarifas, inversión y otros indicadores.
- Datos geoespaciales y cartográficos.
- Indicadores agregados de gestión, seguimiento o cumplimiento.

Retornos o beneficios esperados

- Mejor integración de datos procedentes de usuarios, operadores y entidades locales.
- Reducción de cargas de reporte y consolidación manual.
- Mejora de la trazabilidad de los datos recibidos.
- Mayor capacidad de anticipación ante sequías, inundaciones o problemas de calidad.
- Información más completa para planificación hidrológica y toma de decisiones.
- Mejora de la coordinación entre administraciones y sectores usuarios.
- Posibilidad de generar indicadores compartidos y comparables.
- Mayor transparencia y confianza pública.
- Capacidad para orientar ayudas, inversiones o políticas públicas en función de evidencias.

Consideraciones específicas

Este perfil requiere una diferenciación clara entre datos abiertos, datos públicos con restricciones, datos administrativos sensibles y datos operativos no publicables. También resulta necesario separar los roles de producción de datos, supervisión y regulación, ya que una misma administración puede actuar simultáneamente como proveedor, consumidor, validador y autoridad competente.

En fases iniciales, puede ser conveniente comenzar con datos ya publicados o con flujos de información existentes, evitando plantear desde el inicio la apertura de información sensible. Las administraciones y organismos de cuenca pueden desempeñar un papel tractor si el espacio de datos demuestra utilidad para simplificar reporte, mejorar coordinación o reducir duplicidades.

2. Operadores del ciclo urbano del agua

Descripción del perfil

Este perfil incluye a las entidades que gestionan servicios de abastecimiento, saneamiento y depuración en el ámbito urbano. Pueden ser empresas públicas, privadas, mixtas, sociedades municipales, concesionarias, consorcios o entidades supramunicipales. Su actividad se centra en la captación, potabilización, distribución, alcantarillado, depuración, control de calidad, mantenimiento de redes, atención a usuarios y gestión operativa del servicio.

Los operadores urbanos generan datos de alta frecuencia y gran valor técnico. La digitalización de redes, contadores, sensores, sistemas SCADA, GIS, laboratorios y plataformas de gestión está aumentando la cantidad y granularidad de la información disponible. Sin embargo, buena parte de estos datos se consideran sensibles por estar vinculados a infraestructuras críticas, continuidad del servicio, seguridad, contratos concesionales, reputación o información de usuarios.

En un espacio de datos del agua, los operadores urbanos pueden ser proveedores de datos operativos y consumidores de información externa necesaria para optimizar la gestión del servicio.

Ejemplos de actores

En España existen operadores de escala nacional, regional y local, entre ellos empresas públicas, concesionarias privadas y sociedades mixtas. En Aragón pueden considerarse actores vinculados a la gestión del ciclo urbano en Zaragoza, Huesca, Teruel, diputaciones, consorcios, empresas municipales, empresas mixtas y concesionarias como Aqualia, Veolia/Aquara, FACSA, AQLARA, GESTAGUA, SASTESA, GLOBAL OMNIUM u otros operadores presentes en el territorio.

Roles dentro del espacio de datos

Tabla 32. Roles de operadores del ciclo urbano del agua

Rol	Aplicación al perfil
Productor primario	Generación de datos de redes, consumos, calidad, operación, incidencias, presión, caudal, energía y depuración.
Custodio del dato	Protección de información operativa, comercial, contractual, sanitaria o asociada a usuarios.
Consumidor de datos	Uso de información meteorológica, hidrológica, normativa, territorial o de otros operadores.
Integrador	Combinación de SCADA, GIS, telelectura, laboratorio, gestión de activos y datos administrativos.

Datos que podrían aportar

- Volúmenes captados, tratados, distribuidos, facturados y depurados.
- Datos de consumo agregado por zona, sector, periodo o tipología de usuario.
- Datos de telelectura, siempre que se agreguen o anonimicen adecuadamente.
- Presiones, caudales y sectorización de redes.
- Datos de fugas, agua no registrada, rendimiento hidráulico e incidencias.
- Datos de calidad del agua potable y control en red.
- Datos de funcionamiento de ETAP, EDAR, depósitos, bombeos y otros activos.
- Indicadores de energía consumida por metro cúbico, costes operativos o eficiencia.
- Datos de mantenimiento, averías o renovación de infraestructuras.
- Indicadores agregados de continuidad, eficiencia y calidad del servicio.

Retornos o beneficios esperados

- Mejora de la predicción de demanda urbana.
- Alertas tempranas vinculadas a disponibilidad de recurso, calidad o riesgos hidrológicos.
- Acceso a datos meteorológicos e hidrológicos integrados.
- Benchmarking con otros operadores mediante indicadores agregados y contextualizados.
- Reducción de fugas y mejora de la eficiencia energética.
- Apoyo a planificación de inversiones y renovación de activos.
- Simplificación de obligaciones de reporte ante administraciones.
- Mejora de la comunicación pública mediante indicadores validados.
- Posibilidad de desarrollar servicios avanzados sobre datos propios y externos.

Consideraciones específicas

Los operadores urbanos pueden aportar datos muy valiosos, pero su participación requiere garantías sobre seguridad, confidencialidad, titularidad, uso permitido y contexto interpretativo. La mala interpretación de indicadores de rendimiento, calidad o incidencias puede generar riesgos reputacionales. Por ello, el espacio de datos debería distinguir entre dato bruto, dato validado, dato agregado, indicador y servicio derivado.

Los pilotos iniciales podrían centrarse en datos agregados de consumo, rendimiento, alertas o indicadores operativos no sensibles, evitando exponer información detallada de redes o activos críticos.

3. Usuarios agrarios y comunidades de regantes

Descripción del perfil

Este perfil agrupa a comunidades de regantes, entidades de gestión de riego, usuarios agrarios, organizaciones profesionales agrarias y otros actores vinculados al uso del agua para producción agrícola. El regadío es uno de los principales ámbitos de consumo de agua y constituye un elemento clave para la gestión de la demanda, la planificación hidrológica y la adaptación a escenarios de escasez.

Las comunidades de regantes gestionan infraestructuras, turnos, dotaciones, repartos, consumos, telecontrol, bombeos, energía y, en algunos casos, sensores de humedad o información agroclimática. La modernización del regadío ha incrementado la disponibilidad de datos, pero la compartición externa sigue siendo limitada por motivos de privacidad, sensibilidad territorial, riesgo de sanciones o restricciones, carga administrativa y falta de retorno claro.

En un espacio de datos, este perfil es fundamental para mejorar el conocimiento real de los usos del agua, pero su participación debe basarse en confianza, agregación adecuada y beneficios directos para los usuarios.

Ejemplos de actores

En Aragón destacan grandes sistemas y comunidades vinculadas a Riegos del Alto Aragón, Canal Imperial de Aragón, Canal de Aragón y Cataluña, Canal de Monegros, Canal de Gállego y otras entidades de riego. También pueden considerarse organizaciones agrarias, federaciones de regantes, cooperativas, servicios de asesoramiento al regante y empresas tecnológicas especializadas en digitalización del riego.

Roles dentro del espacio de datos

Tabla 33. Roles de usuarios agrarios y comunidades de regantes

Rol	Aplicación al perfil
Productor primario	Generación de datos de dotaciones, consumos, turnos, tomas, sectores, infraestructuras, bombeos y sensores.
Custodio del dato	Protección de información vinculada a usuarios, parcelas, explotaciones o estrategias de riego.
Consumidor de datos	Uso de predicciones meteorológicas, disponibilidad hídrica, avisos de sequía, necesidades de cultivo o información energética.
Integrador local	Integración de datos de telecontrol, caudalímetros, sensores de humedad, estaciones agroclimáticas y sistemas de gestión.

Datos que podrían aportar

- Dotaciones asignadas y consumidas por campaña.
- Volúmenes derivados, distribuidos o entregados por comunidad, sector o toma.
- Datos de turnos de riego y calendarios de distribución.
- Caudales en canales, acequias, balsas y redes presurizadas.
- Datos de telecontrol y caudalímetros.
- Información de bombeos, consumos energéticos y eficiencia.
- Datos agregados de cultivos, superficies regadas y necesidades hídricas.
- Sensores de humedad de suelo y estaciones agroclimáticas locales.
- Indicadores de eficiencia de riego o modernización.
- Incidencias, restricciones, averías o limitaciones operativas.

Retornos o beneficios esperados

- Predicción de disponibilidad de agua y escenarios de campaña.
- Recomendaciones de riego basadas en clima, cultivo y humedad del suelo.
- Alertas tempranas de sequía, restricciones o cambios en dotaciones.
- Mejor planificación del reparto y transporte del agua.
- Optimización energética de bombeos y redes presurizadas.
- Indicadores comparativos agregados entre sectores o campañas.
- Reducción de carga administrativa en reportes a organismos de cuenca.
- Acceso a información meteorológica, hidrológica y agroclimática integrada.
- Herramientas para justificar inversiones en modernización y eficiencia.

Consideraciones específicas

Los datos del regadío pueden tener un elevado valor para la planificación hidrológica, pero también una alta sensibilidad. La compartición debería priorizar datos agregados por comunidad, sector, zona o campaña, evitando niveles que permitan identificar a personas físicas, parcelas o estrategias individuales de producción.

El retorno debe ser tangible. Para este perfil, el espacio de datos difícilmente será atractivo si se percibe como un mecanismo de control adicional sin beneficios operativos. Los servicios de predicción, optimización, reducción de costes y simplificación administrativa pueden actuar como incentivos relevantes.

4. Industria y usuarios intensivos de agua

Descripción del perfil

Este perfil incluye empresas y sectores económicos para los que el agua es un recurso significativo por volumen, calidad, continuidad de suministro, vertido, reutilización, impacto ambiental o dependencia operativa. Incluye industrias agroalimentarias, bebidas, química, papel, energía, minería, centros de datos, logística, grandes instalaciones urbanas, turismo intensivo en agua y otros usuarios con captaciones, concesiones o consumos relevantes.

Estos actores generan datos internos de alto interés para evaluar presión sobre el recurso, eficiencia hídrica, reutilización, vertidos, calidad y resiliencia ante sequías. Sin embargo, suelen considerar esta información sensible por motivos comerciales, regulatorios, reputacionales o estratégicos. Por ello, su participación en un espacio de datos probablemente requerirá agregación, anonimización, acuerdos de confidencialidad, licencias específicas y casos de uso con retorno claramente cuantificable.

Ejemplos de actores

En Aragón pueden incluirse empresas agroalimentarias, fabricantes de bebidas, industria química, papelera, logística, automoción, minería, energía, centros de datos y otras instalaciones con consumos relevantes. También pueden participar agrupaciones empresariales o clústeres que representen sectores intensivos en agua.

Roles dentro del espacio de datos

Tabla 34. Roles de industria y usuarios intensivos de agua

Rol	Aplicación al perfil
Productor primario	Generación de datos internos de captación, consumo, reutilización, vertido, calidad y continuidad.
Custodio del dato	Protección de información sensible desde el punto de vista comercial, ambiental, productivo o reputacional.
Consumidor de datos	Uso de datos de disponibilidad, restricciones, riesgo hídrico, calidad, clima y planificación.
Usuario de servicios derivados	Demanda de predicción de restricciones, indicadores ESG, huella hídrica, alertas y escenarios.
Participante en pilotos	Posible implicación en casos de uso acotados con acuerdos de confidencialidad y retorno claro.

Datos que podrían aportar

- Volúmenes captados de red, aguas superficiales, subterráneas u otras fuentes.
- Consumos internos por proceso, planta o periodo, preferentemente agregados.
- Datos de reutilización, recirculación y eficiencia hídrica.
- Datos de vertido, tratamiento interno y cumplimiento ambiental.
- Parámetros de calidad del agua captada, utilizada o vertida.
- Indicadores de huella hídrica, riesgo hídrico o sostenibilidad.
- Información de incidencias, restricciones o paradas vinculadas al recurso.
- Datos ya publicados en memorias de sostenibilidad o informes no financieros.
- Datos agregados por sector o tipología de actividad.

Retornos o beneficios esperados

- Anticipación de restricciones de uso o escenarios de escasez.
- Información integrada sobre riesgo hídrico territorial.
- Mejora de la planificación de producción y continuidad operativa.
- Indicadores para reporte ESG, sostenibilidad o huella hídrica.
- Comparación agregada con sectores o territorios similares.
- Identificación de oportunidades de reutilización o eficiencia.
- Acceso a servicios de predicción hidrológica o climática.
- Mejora reputacional si la participación se vincula a transparencia y sostenibilidad.
- Reducción de incertidumbre regulatoria mediante información compartida.

Consideraciones específicas

La participación de la industria será probablemente gradual y selectiva. En una fase inicial, puede centrarse en datos agregados, indicadores públicos o información ya incorporada a informes de sostenibilidad. La apertura de datos operativos más detallados solo parece viable si existen garantías contractuales, finalidad definida y retorno evidente.

El espacio de datos debe evitar plantear a estos actores una lógica extractiva. El incentivo principal no será la apertura por sí misma, sino la mejora de seguridad hídrica, planificación, cumplimiento, reputación y capacidad de adaptación.

5. Centros de investigación, universidades y centros tecnológicos

Descripción del perfil

Este perfil agrupa a universidades, organismos públicos de investigación, institutos tecnológicos, centros de innovación, grupos de investigación, laboratorios y entidades de transferencia de conocimiento. Su papel en el ecosistema de datos del agua es doble: por un lado, necesitan acceder a datos de calidad para desarrollar investigación, modelos, simulaciones e indicadores; por otro, pueden generar conocimiento, métodos y servicios que devuelvan valor al conjunto del ecosistema.

A diferencia de otros perfiles, su aportación principal no siempre es el dato primario, sino la capacidad de transformar datos dispersos en conocimiento aplicable. Pueden desarrollar modelos de predicción, herramientas de validación, metodologías de calidad, análisis de incertidumbre, indicadores de riesgo, evaluación de impactos, algoritmos de detección de anomalías y sistemas de apoyo a la decisión.

Ejemplos de actores

En Aragón este perfil incluye a la Universidad de Zaragoza, institutos universitarios, centros del CSIC, ITAINNOVA, CIRCE, AITIIP, centros tecnológicos sectoriales y otros grupos con capacidades en agua, sensórica, inteligencia artificial, modelización, sostenibilidad, ingeniería hidráulica, hidrogeología, datos geoespaciales o transformación digital.

Roles dentro del espacio de datos

Tabla 35. Roles de centros de investigación, universidades y centros tecnológicos

Rol	Aplicación al perfil
Consumidor avanzado	Necesidad de datos con granularidad, trazabilidad, metadatos, calidad e historicidad.
Productor de datos	Generación de datos en proyectos, campañas, pilotos, sensores o plataformas experimentales.
Transformador	Desarrollo de modelos, indicadores, simulaciones, algoritmos y análisis avanzados.
Validador	Evaluación de calidad, coherencia, incertidumbre y reproducibilidad de datos.
Curador semántico	Apoyo a la definición de vocabularios, unidades, metadatos e identificadores comunes.
Auditor neutral	Posible papel de verificación independiente de metodologías, indicadores o resultados.

Datos que podrían aportar

- Datos experimentales de proyectos piloto.
- Datos de sensores, campañas de campo o laboratorios.
- Modelos hidrológicos, hidrogeológicos, climáticos, hidráulicos o de demanda.
- Indicadores derivados de riesgo, calidad, eficiencia o sostenibilidad.
- Datos procesados procedentes de satélite, teledetección o reanálisis.
- Resultados de simulaciones y escenarios.
- Metodologías de validación, calibración e incertidumbre.
- Ontologías, esquemas semánticos o propuestas de armonización.
- Informes técnicos, publicaciones, herramientas o prototipos.

Retornos o beneficios esperados

- Acceso a datos con mayor granularidad, continuidad e historicidad.
- Reducción de barreras administrativas para uso de datos públicos.
- Datos mejor documentados, con metadatos y condiciones de uso claras.
- Posibilidad de validar modelos con datos reales y actualizados.
- Nuevas oportunidades de investigación aplicada y transferencia.
- Participación en pilotos y proyectos demostrativos.
- Reconocimiento del papel de la investigación como generadora de valor para el ecosistema.
- Capacidad para publicar resultados respetando licencias y condiciones de uso.

Consideraciones específicas

Este perfil puede ayudar a resolver algunos de los problemas estructurales del espacio de datos: calidad, semántica, incertidumbre, reproducibilidad e interpretación. Sin embargo, para ello necesita acceso a datos suficientes y condiciones claras de reutilización.

Conviene diferenciar entre datos abiertos para investigación, datos compartidos bajo acuerdos específicos y datos que solo pueden utilizarse en entornos controlados. La participación de centros de investigación puede ser especialmente útil en pilotos orientados a predicción, alerta temprana, validación de datos o creación de indicadores.

6. Empresas tecnológicas e integradoras

Descripción del perfil

Este perfil incluye empresas proveedoras de tecnología, integradores de sistemas, consultoras digitales, startups, desarrolladores de plataformas, fabricantes de sensores, proveedores IoT, especialistas en ciberseguridad, empresas de analítica, inteligencia artificial, GIS, gemelos digitales y soluciones *smart water*.

Su papel es fundamental para materializar técnicamente el espacio de datos. Diseñan, implantan y mantienen los sistemas que capturan, transportan, procesan, visualizan o explotan datos. En muchos casos, no son propietarias de los datos, pero sí operan las plataformas donde se alojan o procesan. Esto introduce cuestiones importantes sobre titularidad, portabilidad, dependencia tecnológica, acceso, contratos y uso secundario de la información.

Ejemplos de actores

En el contexto nacional y regional pueden incluirse integradores de plataformas de agua, proveedores de sistemas SCADA, empresas de telelectura, plataformas IoT, empresas de sensórica, proveedores de software GIS, empresas de inteligencia artificial aplicada al agua, consultoras de digitalización y empresas especializadas en soluciones para regadío, abastecimiento, saneamiento o monitorización ambiental. En Aragón pueden considerarse empresas tecnológicas vinculadas a ZINNAE, plataformas de digitalización del riego, proveedores de soluciones IoT y empresas con experiencia en proyectos PERTE.

Roles dentro del espacio de datos

Tabla 36. Roles de empresas tecnológicas e integradoras

Rol	Aplicación al perfil
Integrador técnico	Conexión de sistemas heterogéneos, APIs, conectores, plataformas y servicios.
Proveedor de tecnología	Desarrollo de sensores, software, catálogos, dashboards, modelos y servicios.
Transformador	Normalización, limpieza, agregación, analítica y explotación de datos.
Gestor de interoperabilidad	Implementación de estándares, modelos de datos, identificadores y metadatos.
Proveedor de seguridad	Gestión de identidad, control de acceso, trazabilidad, auditoría y ciberseguridad.
Usuario de datos	Necesidad de datos para entrenar, validar o desplegar servicios digitales.

Datos que podrían aportar

- Datos procedentes de sensores propios o plataformas gestionadas, cuando la titularidad lo permita.
- Metadatos técnicos sobre dispositivos, redes, APIs o sistemas conectados.
- Datos derivados, indicadores o resultados de analítica.
- Modelos de predicción, detección de anomalías o optimización.
- Información sobre disponibilidad, calidad y estado de sistemas digitales.
- Esquemas de integración, APIs, conectores y catálogos técnicos.
- Herramientas de visualización y cuadros de mando.
- Mecanismos de trazabilidad, identidad, permisos y auditoría.

Retornos o beneficios esperados

- Acceso gobernado a datos para desarrollar y validar soluciones.
- Nuevas oportunidades de negocio basadas en servicios de valor añadido.
- Participación en pilotos y proyectos demostrativos.
- Reducción de costes de integración mediante estándares comunes.
- Mayor interoperabilidad entre plataformas y clientes.
- Posicionamiento tecnológico en el ecosistema hídrico.
- Claridad contractual sobre titularidad, uso y reutilización de datos.
- Posibilidad de ofrecer conectores, servicios analíticos o módulos especializados dentro del espacio.

Consideraciones específicas

Este perfil es clave, pero debe participar dentro de un marco que evite dependencia excesiva de proveedores concretos. El espacio de datos debería apoyarse en estándares abiertos, APIs documentadas, portabilidad, separación entre titularidad del dato y provisión tecnológica, y mecanismos que impidan el bloqueo tecnológico.

También será necesario aclarar quién puede autorizar la compartición de datos generados en plataformas tecnológicas cuando dichos datos pertenecen a operadores, administraciones o usuarios finales. Esta cuestión debe resolverse contractualmente desde el inicio.

7. Asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía

Descripción del perfil

Este perfil agrupa a entidades cuya función principal no siempre es generar o explotar datos de forma directa, pero que desempeñan un papel esencial en la articulación del ecosistema. Incluye clústeres sectoriales, asociaciones profesionales, asociaciones empresariales, organizaciones ambientales, entidades sociales, plataformas ciudadanas y otros actores con capacidad de movilización, sensibilización o representación.

Su valor reside en conectar actores, identificar intereses comunes, facilitar confianza, promover transparencia, trasladar necesidades sociales y vigilar que la compartición de datos no reproduzca asimetrías de poder. También pueden ayudar a interpretar la información, comunicarla de forma comprensible y orientar el espacio de datos hacia objetivos de sostenibilidad, eficiencia y gobernanza.

La ciudadanía aparece en este perfil principalmente como destinataria de beneficios, aunque también puede participar indirectamente a través de ciencia ciudadana, consultas públicas, sensores comunitarios o demandas de transparencia.

Ejemplos de actores

Este perfil puede incluir clústeres como ZINNAE, asociaciones de operadores, asociaciones tecnológicas, entidades ambientales, organizaciones sociales, plataformas de transparencia, asociaciones de usuarios, organizaciones agrarias, asociaciones empresariales y redes de innovación vinculadas al agua.

Roles dentro del espacio de datos

Tabla 37. Roles de asociaciones, clústeres, ONG y ciudadanía

Rol	Aplicación al perfil
Facilitador	Conexión entre administraciones, empresas, operadores, investigación y sociedad civil.
Intermediario	Traducción de intereses, generación de confianza y apoyo a acuerdos.
Usuario de datos	Uso de información para informes, sensibilización, incidencia, transparencia o proyectos.
Movilizador	Capacidad de activar participación, difusión y adhesión de actores.
Vigilancia social	Identificación de riesgos de opacidad, greenwashing, uso indebido o asimetría de poder.
Generador de contexto	Aportación de interpretación, comunicación y lectura social de los datos.

Datos que podrían aportar

- Información agregada procedente de socios o miembros, cuando exista autorización.
- Resultados de proyectos colaborativos o pilotos.
- Indicadores de sostenibilidad, eficiencia, gobernanza o percepción social.
- Información cualitativa sobre barreras, necesidades y prioridades del sector.
- Datos de sensibilización, participación, formación o transferencia.
- Datos procedentes de ciencia ciudadana o iniciativas comunitarias, cuando existan.
- Informes, diagnósticos, buenas prácticas y casos de uso.

Retornos o beneficios esperados

- Acceso a información más transparente y comparable.
- Capacidad para generar informes, recomendaciones y actividades de sensibilización.
- Fortalecimiento de redes de colaboración entre actores.
- Mayor visibilidad de iniciativas de sostenibilidad e innovación.
- Participación en la gobernanza del espacio de datos.
- Reducción de asimetrías de información entre actores grandes y pequeños.
- Mejora de la confianza pública en la gestión del agua.
- Identificación de oportunidades de proyectos colaborativos.

Consideraciones específicas

Este perfil puede ayudar a que el espacio de datos no se perciba únicamente como una infraestructura tecnológica, sino como una herramienta de gobernanza colaborativa. Su participación puede ser especialmente útil en fases de diseño, comunicación, priorización de casos de uso y generación de confianza.

No obstante, conviene distinguir entre entidades con capacidad real de movilización sectorial y entidades con un papel más limitado o simbólico. La gobernanza del espacio debería incorporar mecanismos de representación equilibrada, evitando tanto la captura por actores dominantes como la dispersión excesiva de responsabilidades.

8. Relaciones principales entre actores

Además de caracterizar cada perfil de forma individual, resulta necesario identificar las relaciones que se producen entre ellos. Un espacio de datos del agua no se construye únicamente a partir de actores aislados que publican o consumen información, sino a partir de flujos de datos, obligaciones de reporte, necesidades de coordinación, servicios derivados y mecanismos de confianza.

Las relaciones actuales suelen estar marcadas por competencias administrativas, contratos de servicio, obligaciones normativas, convenios bilaterales, proyectos de innovación o necesidades operativas. En muchos casos, los datos circulan de forma parcial o unidireccional: determinados actores reportan información a administraciones o reguladores, pero no siempre reciben a cambio información elaborada, comparativa o útil para su propia toma de decisiones. Esta falta de reciprocidad es uno de los elementos que un espacio de datos debería corregir.

La siguiente matriz resume las relaciones más relevantes entre perfiles, considerando tanto los flujos actuales como los intercambios que podrían reforzarse en un espacio de datos.

ANEXO E. Cuestionario para actores del ecosistema de datos hídricos

Este anexo recoge el cuestionario utilizado para consultar a actores relevantes del ecosistema de datos hídricos en el marco del análisis sobre espacios de datos aplicados a la gestión del agua. El cuestionario se diseñó como una herramienta semiestructurada, combinando preguntas cerradas, escalas de valoración y preguntas abiertas breves.

Su finalidad fue recoger información comparable entre perfiles diversos y, al mismo tiempo, profundizar en aspectos específicos de cada tipo de actor. Para ello, se estructuró en dos partes: un bloque común, aplicable a todos los participantes, y un conjunto de módulos específicos adaptados a distintos perfiles funcionales del ecosistema.

El bloque común permite caracterizar el papel de cada organización en relación con los datos hídricos, los tipos de datos que gestiona o utiliza, las condiciones actuales de acceso, las principales fricciones de interoperabilidad, los beneficios esperados, las barreras percibidas y las condiciones necesarias para participar en un eventual espacio de datos del agua.

Los módulos específicos permiten profundizar en cuestiones particulares de determinados actores: organismos de cuenca, administraciones autonómicas, entidades locales, operadores urbanos, comunidades de regantes, usuarios industriales intensivos, empresas tecnológicas, centros de investigación y entidades de intermediación sectorial o social.

El cuestionario se concibió para una duración aproximada de 15–20 minutos en el bloque común y 10–15 minutos adicionales en el módulo específico correspondiente. Su aplicación podía realizarse mediante formulario online y, en caso de interés por parte de la entidad participante, complementarse con una entrevista o reunión individual para ampliar información.

1. Datos de control

Los datos de control estaban destinados a contextualizar la respuesta y facilitar su posterior análisis por perfiles. No formaban parte del bloque analítico principal, sino que permitían clasificar la entidad participante, su alcance territorial, su relación con los datos y su nivel de digitalización percibido.

Entidad:
Persona entrevistada:
Cargo:

Tipo de actor (marcar):
☐ Organismo de cuenca
☐ Administración autonómica
☐ Entidad local
☐ Operador urbano
☐ Regantes
☐ Industria / usuario intensivo
☐ Tecnológica / integrador
☐ Investigación
☐ ONG / asociación / clúster

Alcance territorial:
☐ Local ☐ Autonómico ☐ Cuenca ☐ Nacional ☐ Multirregional

Rol principal:
☐ Productor de datos ☐ Usuario de datos ☐ Ambos

Nivel de digitalización percibido (1–5):
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

2. Bloque común para todos los perfiles

Contexto y rol en el ecosistema de datos

3. **¿Qué papel tiene su organización en relación con el agua?**

2. **¿Qué papel tiene en relación con los datos del agua?**
   ☐ Produce datos
   ☐ Consume datos
   ☐ Integra datos de terceros
   ☐ Intermedia
   ☐ Otros:

3. **¿Existe una estrategia o política interna de datos?**
   ☐ Sí ☐ Parcial ☐ En desarrollo ☐ No

Inventario mínimo de datos: tipos, naturaleza, frecuencia y formato

4. **¿Qué tipos de datos gestiona o genera? (marcar todos)**
   ☐ Hidrometeorológicos
   ☐ Hidrológicos
   ☐ Calidad del agua
   ☐ Usos y consumos
   ☐ Infraestructuras y operación
   ☐ Predicción / modelos
   ☐ Económico-tarifario / gestión
   ☐ Otros:

5. **Naturaleza del dato que podría compartir:**
   ☐ Primario ☐ Derivado ☐ Ambos

6. **Frecuencia típica:**
   ☐ Tiempo real ☐ Horaria ☐ Diaria ☐ Mensual ☐ Campaña ☐ Anual

7. **Formatos y acceso actual:**
   ☐ API
   ☐ CSV / XLS
   ☐ Servicios GIS (WMS/WFS)
   ☐ PDF / informe
   ☐ No estructurado
   ☐ Interno

Acceso actual e interoperabilidad

8. **Actualmente, para acceder a datos de terceros, ¿qué suele ocurrir?**
   ☒ API con clave
   ☐ Convenio bilateral
   ☐ Petición ad hoc
   ☐ No se accede

9. **Principales fricciones técnicas (elige 3):**
   ☐ Falta de API
   ☐ Formatos heterogéneos
   ☐ Problemas de calidad
   ☐ Identificadores distintos
   ☐ Semántica diferente
   ☐ Latencia
   ☐ Metadatos insuficientes

10. **¿Qué estándar o referencia utiliza, si utiliza alguno?**
    ☐ INSPIRE / OGC
    ☐ Esquema propio
    ☐ Ninguno
    ☐ No sabe

Beneficios esperados

11. **¿Qué beneficios ve en un espacio de datos del agua? (valore 1–5)**

Beneficio	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Mejor planificación	☐	☐	☐	☐	☐
Eficiencia operativa	☐	☐	☐	☐	☐
Cumplimiento normativo	☐	☐	☐	☐	☐
Gestión de riesgos	☐	☐	☐	☐	☐
Innovación	☐	☐	☐	☐	☐
Transparencia	☐	☐	☐	☐	☐

12. **¿Cuál sería el beneficio principal para su organización?**

Respuesta abierta breve.

Barreras y riesgos percibidos

13. **¿Cuáles son las principales barreras para participar en un espacio de datos del agua? (elige 3):**
    - ☐ Coste de integración
    - ☐ Falta de incentivos
    - ☐ Riesgo legal
    - ☐ Seguridad
    - ☐ Pérdida de control
    - ☐ Falta de confianza
    - ☐ Falta de estándares

14. **Principales riesgos percibidos: ¿qué sería lo peor que podría pasar si comparte datos?**

Respuesta abierta.

Condiciones de participación

15. **Su organización participaría si… (valore 1–5)**

Condición	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Gobernanza clara (quién decide y cómo)	☐	☐	☐	☐	☐
Control de acceso y trazabilidad (quién usa qué)	☐	☐	☐	☐	☐
Licencias/contratos de datos definidos	☐	☐	☐	☐	☐
Esfuerzo técnico bajo (conectores, soporte)	☐	☐	☐	☐	☐
Reciprocidad (acceso a datos de otros)	☐	☐	☐	☐	☐
Caso piloto previo	☐	☐	☐	☐	☐

16. **Condición imprescindible:**

Respuesta abierta.

Datos aportables y necesidades de retorno

17. **Datos que podría aportar (lista breve; indicar si primario/derivado y periodicidad)**

Indicar una lista breve, señalando si se trata de datos primarios o derivados y su periodicidad.

18. **Datos que necesitaría recibir (retorno) para que compense participar**

Respuesta abierta.

19. **Modelo de retorno:**
    - ☐ Acceso a datos
    - ☐ Indicadores agregados
    - ☐ Servicios analíticos
    - ☐ Reconocimiento
    - ☐ Compensación económica
    - ☐ No aplica

20. **Comentarios finales:**

Respuesta abierta.

3. Módulos específicos por perfil

Los módulos específicos se aplicaban en función del tipo de actor participante. Su finalidad era profundizar en cuestiones propias de cada perfil, sin perder la base común proporcionada por el bloque anterior.

Módulo B1. Organismo de cuenca / Confederación Hidrográfica

1. **¿Qué conjuntos serían más fáciles de abrir/compartir (SAIH/SAICA/aforos/embalses/otros)?**
2. **¿Qué limitaciones existen por seguridad, explotación o integridad del sistema?**
3. **¿Qué demanda de datos recibe más (academia, empresas, ayuntamientos, regantes)?**
4. **¿Dónde ve el mayor hueco de datos que hoy no obtiene de usuarios (consumos reales, retornos, extracciones, telemetría…)?**

5. **¿Cómo debería resolverse la identificación semántica (códigos de estaciones, masas de agua, puntos de vertido)?**

Módulo B2. Administración autonómica

1. **¿Qué datos agregan de municipios/operadores y en qué formato? ¿Qué conjuntos serían más fáciles de abrir/compartir (SAIH/SAICA/aforos/embalses/otros)?**
2. **¿Qué reporte es más costoso y por qué (calidad, depuración, consumo, inundaciones…)?**
3. **¿Qué barreras normativas o de competencias dificultan una plataforma común?**
4. **¿Qué incentivos podrían activar para que municipios/operadores compartan (condiciones de ayudas, PERTE, etc.)? ¿Dónde ve el mayor hueco de datos que hoy no obtiene de usuarios (consumos reales, retornos, extracciones, telemetría…)?**
5. **¿Qué papel ve para Aragón: nodo regional, piloto, o principalmente consumo de datos?**

Módulo B3. Entidad local / Ayuntamiento / Diputación

1. **¿Qué datos están disponibles hoy en abierto (si alguno) y cuáles no?**
2. **¿Principales sistemas: SCADA, GIS, contadores, laboratorio… ¿están integrados?**
3. **¿Cuánto esfuerzo supondría exponer datos vía API o catálogo?**
4. **¿Qué preocupación pesa más: reputacional, legal, coste, seguridad?**
5. **¿Qué *quick wins* ve (por ejemplo: consumo agregado diario, incidencias, calidad resumida)?**

Módulo B4. Operador del ciclo urbano: abastecimiento y saneamiento

1. **¿Qué datos operativos existen hoy (telelectura, sectorización, presiones, fugas, EDAR/ETAP)?**
2. **¿Qué parte de esos datos podría compartirse como agregado/anonimizado?**
3. **¿Qué retorno sería más valioso: predicción meteo/hidrológica, benchmarking, alertas, modelos de demanda?**

4. **¿Qué KPIs serían compartibles sin riesgo (pérdidas, rendimiento, energía por m³, etc.)?**
5. **¿Qué teme más: comparación pública, uso comercial por terceros, malinterpretación?**

Módulo B5. Comunidad de regantes / sector agrario

1. **¿Qué datos existen: dotaciones, turnos, consumos por toma, humedad de suelo, energía, etc.?**
2. **¿Qué nivel de granularidad es aceptable compartir (campaña, comunidad, sector, parcela)?**
3. **Principales temores: sanciones/restricciones, privacidad, competitividad, carga administrativa**
4. **¿Qué retorno sería decisivo: predicción demanda, recomendaciones de riego, alertas de disponibilidad, benchmarking?**
5. **¿Qué mecanismo de confianza sería necesario (acceso restringido, anonimización, gobernanza con representación)?**

Módulo B6. Industria / usuario intensivo

1. **¿Qué datos internos existen (consumo, captación, reutilización, vertido, calidad, continuidad)?**
2. **¿Qué parte podría compartirse en agregado sin riesgo comercial?**
3. **¿Qué retorno busca: seguridad de suministro, predicción restricciones, coste/huella hídrica, reputación?**
4. **¿Qué condiciones legales/contractuales exige (NDA, licencias, límites de uso)?**
5. **¿Participaría en pilotos de caso de uso (por ejemplo, eficiencia, alertas, estrés hídrico)?**

Módulo B7. Empresa tecnológica / integrador / plataforma

1. **¿Qué parte del problema ve más crítica: conectividad, semántica, gobernanza, ciberseguridad?**
2. **¿Qué estándares recomendaría (OGC/INSPIRE, ontologías, catálogos federados, etc.)?**
3. **¿Qué modelo técnico ve viable: federado, hub-and-spoke, catálogo + conectores?**

4. **¿Cómo evitar lock-in y garantizar portabilidad?**
5. **¿Qué modelo de sostenibilidad económica ve (membresía, servicio, subvención, mixto)?**

Módulo B8. Investigación / universidad / centro tecnológico

1. **¿Qué datos necesita y hoy no puede acceder (granularidad, historicidad, calidad)?**
2. **¿Qué requisitos de calidad/metadatos pide (calibración, trazabilidad, incertidumbre)?**
3. **¿Qué resultados podría devolver al ecosistema (modelos, indicadores, validación)?**
4. **¿Qué condiciones éticas/legales ve críticas (uso secundario, sesgos, seguridad)?**
5. **¿Qué rol podría jugar: auditor neutral, curador semántico, evaluador de impacto?**

Módulo B9. ONG / asociaciones / clústeres sectoriales

1. **¿Qué usos del dato priorizan: transparencia, sostenibilidad, cumplimiento, sensibilización?**
2. **¿Qué riesgos ven: *greenwashing*, opacidad, asimetrías de poder?**
3. **¿Qué gobernanza sería aceptable (representación, mecanismos de recurso, auditoría)?**
4. **¿Qué datos deberían ser abiertos sí o sí (mínimo de transparencia)?**
5. **¿Qué capacidad real tienen para movilizar actores y facilitar acuerdos?**

ANEXO F. Resultados extendidos de las entrevistas

Con el fin de obtener una visión de conjunto sobre el estado de madurez del sector hídrico español en relación con el intercambio de datos y las posibilidades de los espacios de datos en este ámbito, se realizaron una serie de entrevistas mediante formulario a actores clave representativos de los distintos segmentos del sector del agua en España. El panel incluyó administraciones públicas, operadores urbanos, comunidades de regantes, empresas tecnológicas, industria usuaria intensiva, entidades de investigación y clústeres sectoriales, cubriendo así los principales roles y funciones del ecosistema hídrico. En total se recogieron respuestas de 16 organizaciones, cubriendo así los principales roles y funciones del ecosistema hídrico. El modelo de formulario utilizado se recoge en el ANEXO F.

El cuestionario se estructura en un bloque común aplicado a todos los perfiles y un conjunto de módulos específicos adaptados al tipo de actor entrevistado. El bloque común está dividido en siete apartados:

- **Contexto y rol en el ecosistema de datos (A1):** Se pregunta a las organizaciones qué papel desempeñan en relación con el agua y con los datos hídricos, y si disponen de una estrategia o política interna de datos.
- **Inventario mínimo de datos (A2):** En este apartado se recoge qué tipos de datos gestiona o genera cada organización, qué naturaleza tienen (primario, derivado o ambos), con qué frecuencia se actualizan y en qué formatos están disponibles actualmente.
- **Acceso actual e interoperabilidad (A3):** Se pregunta cómo se accede hoy a datos de terceros, cuáles son las principales fricciones técnicas que dificultan esa integración y qué estándares o referencias de interoperabilidad se utilizan, si es que se utiliza alguno.
- **Beneficios esperados (A4):** Se solicita a las organizaciones que valoraran del 1 al 5 los beneficios que consideran que aportaría un espacio de datos del agua en seis dimensiones: planificación y decisión, eficiencia operativa, cumplimiento normativo, gestión de riesgo, innovación y transparencia.
- **Barreras y riesgos percibidos (A5):** En este apartado se identifican las principales barreras organizativas y técnicas para la compartición de datos y se pide a las entidades que describan abiertamente qué consideran que sería lo peor que podría ocurrir si compartieran sus datos.
- **Condiciones de participación (A6):** Se pregunta qué condiciones serían necesarias para que la organización decidiese participar en el espacio de datos, valorando seis factores del 1 al 5, entre ellos la gobernanza, el control de acceso, las licencias o la reciprocidad, y señalando cuál de ellas consideran imprescindible.
- **Datos aportables y necesidades de retorno (A7):** Se recoge qué datos podría aportar cada organización al espacio, qué datos necesitaría recibir como retorno

para que la participación les compensase y qué modelo de retorno encaja mejor con su situación.

Adicionalmente, cada entidad respondió a un módulo de cinco preguntas adaptado a su perfil específico: comunidades de regantes, administraciones autonómicas, entidades locales, operadores del ciclo urbano, industria usuaria intensiva, empresas tecnológicas e integradores, entidades de investigación, y ONG, asociaciones y clústeres sectoriales. Estos módulos profundizan en las particularidades operativas, técnicas y de gobernanza más relevantes para cada tipo de actor.

A continuación, se presentan los principales resultados agregados obtenidos en esta consulta.

A0. Perfil del panel

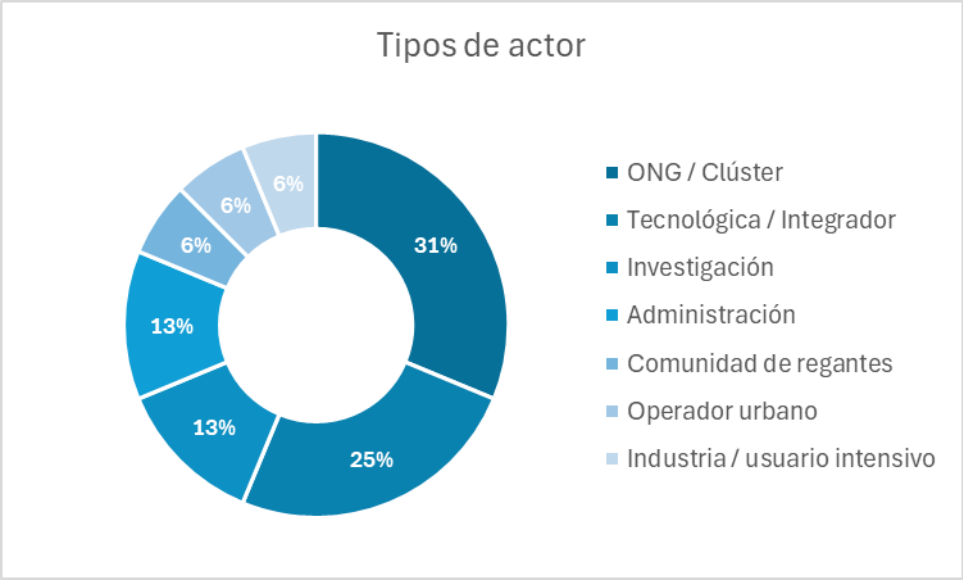


Figura 32. Tipos de actor

El panel está compuesto por dieciséis organizaciones que representan siete tipologías distintas del ecosistema hídrico español. El grupo más numeroso es el de ONG, asociaciones y clústeres sectoriales, con cinco entidades entrevistadas, lo que representa aproximadamente un tercio del total. Le siguen las empresas tecnológicas e integradoras con cuatro, y los centros de investigación y las administraciones públicas con dos cada uno. Con una sola representación se encuentran la comunidad de regantes, el operador del ciclo urbano y la industria como usuario intensivo.

A1. Contexto y rol en el ecosistema de datos

El primer bloque del cuestionario busca caracterizar cómo se posicionan los actores del sector respecto de los datos hídricos y qué nivel de madurez interna tienen para gestionarlos.

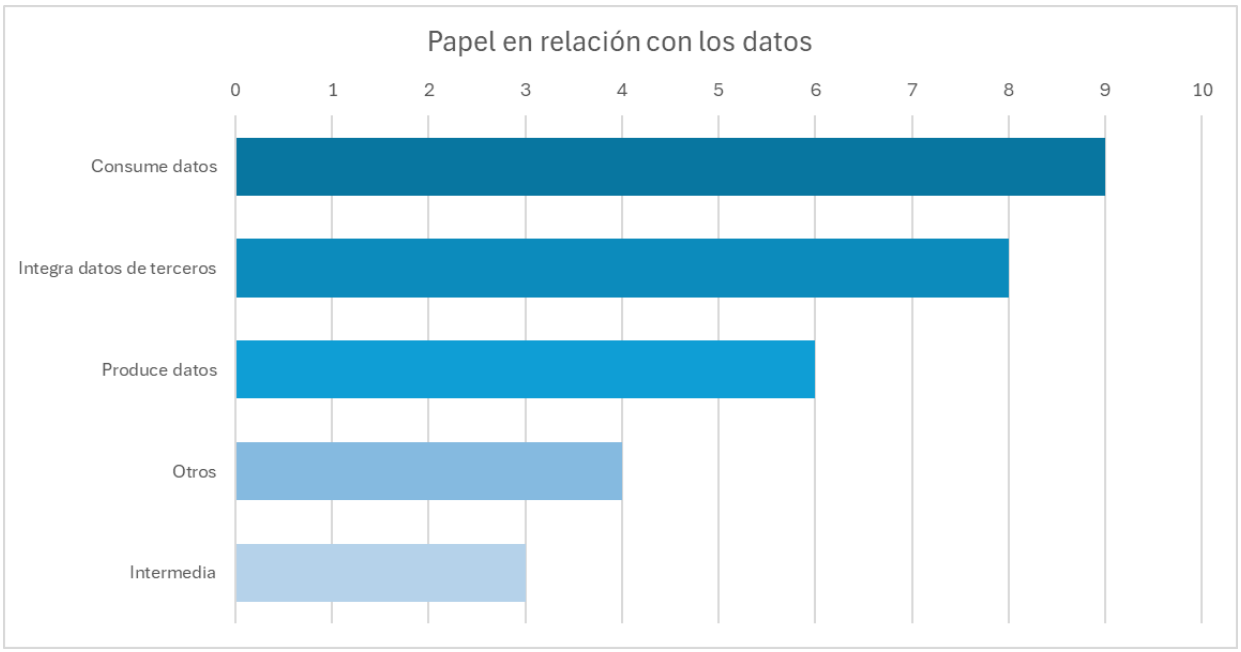


Figura 33. Papel en relación con los datos

En cuanto al papel que desempeñan en relación con los datos, el resultado más destacado es que el consumo y la integración de datos de terceros superan ampliamente a la producción propia. Nueve de las dieciséis entidades entrevistadas se identifican como consumidoras de datos, ocho como integradoras de fuentes externas, y seis como productoras primarias. Cuatro señalaron otros roles y tres ejercen funciones de intermediación. Esto tiene una implicación directa para el diseño del espacio: la mayoría del panel necesita datos que otros tienen, pero no todos tienen datos que aportar.

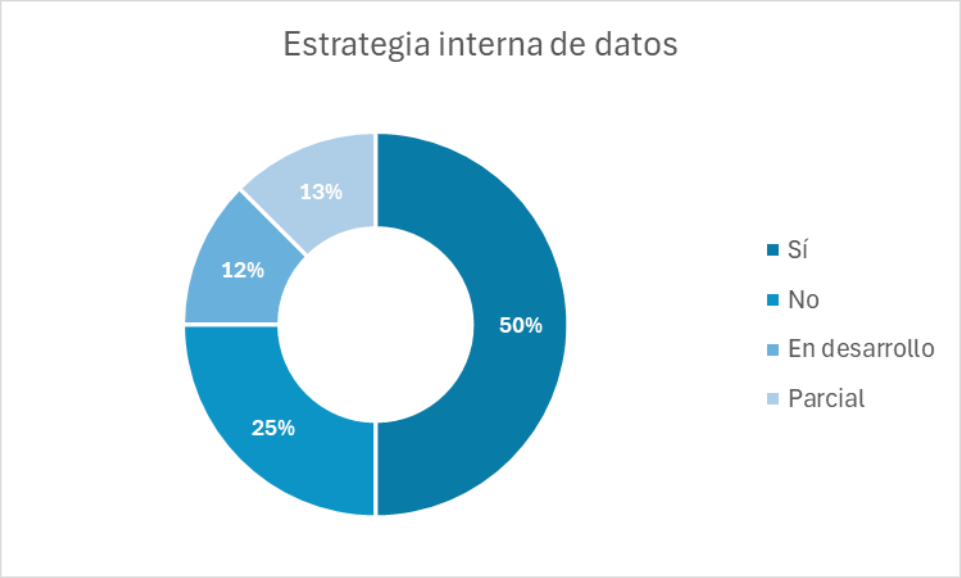


Figura 34. Estrategia interna de datos

En lo que respecta a la estrategia interna de datos, la mitad de las entidades entrevistadas, declara contar con una estrategia consolidada, lo que es un punto de partida razonablemente positivo. Sin embargo, cuatro reconocen no tener ninguna, dos se encuentran en fase de desarrollo y otras dos cuentan únicamente con una cobertura parcial.

A2. Inventario de datos

El segundo bloque caracteriza qué datos tienen los actores, en qué forma y con qué frecuencia los actualizan.

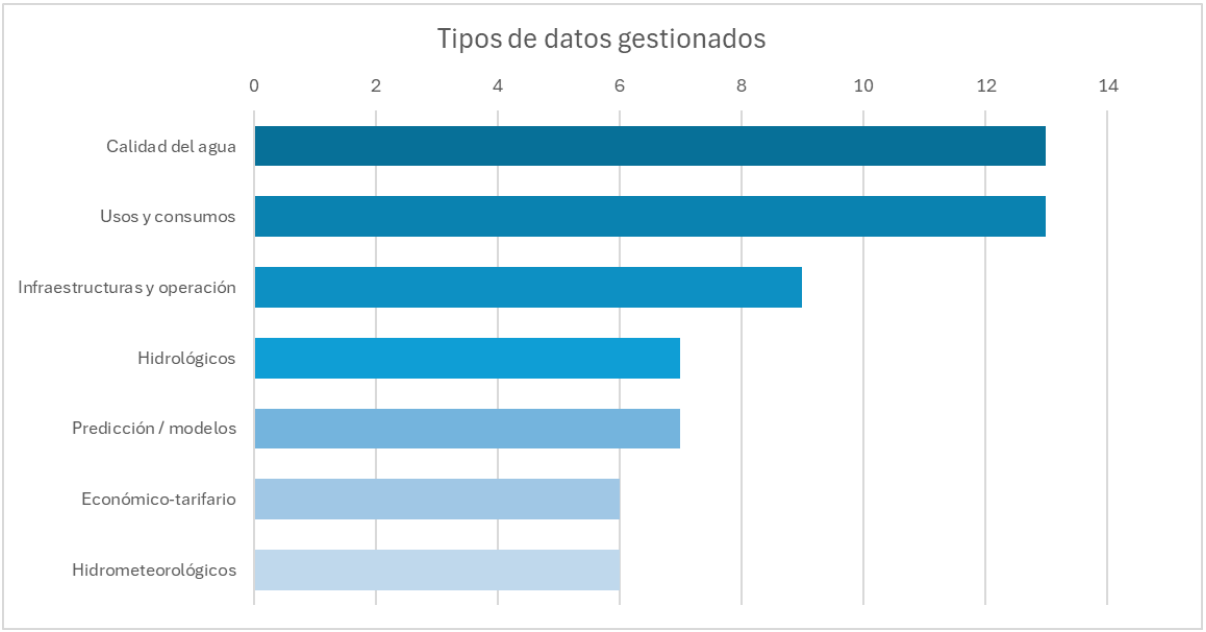


Figura 35. Tipos de datos gestionados

Los datos de calidad del agua y de usos y consumos son, con diferencia, los más extendidos: los gestiona la práctica totalidad del panel, trece actores en cada caso, lo que los convierte en el terreno común más sólido para un primer intercambio. Les siguen los datos de infraestructuras y operación de redes, presentes en nueve entidades, y los hidrológicos y de predicción, en siete. Los datos económico-tarifarios y los hidrometeorológicos son los menos compartidos, con seis actores en ambos casos, lo que refleja su mayor sensibilidad competitiva o su dependencia de fuentes externas como AEMET o los organismos de cuenca.

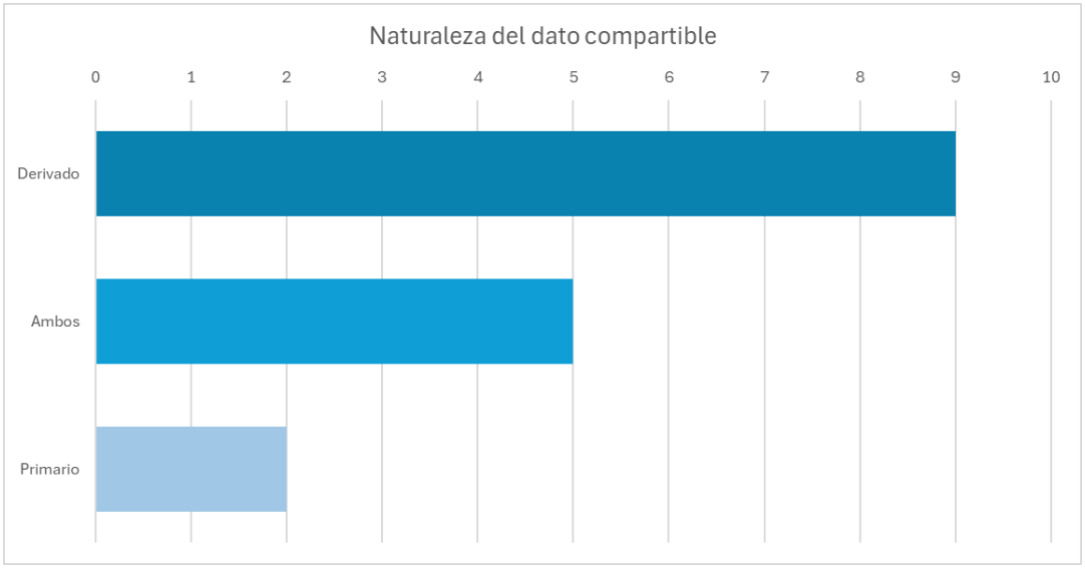


Figura 36. Naturaleza del dato compartible

Respecto a la naturaleza del dato que los actores estarían dispuestos a compartir, los datos derivados son los más frecuentes, con nueve respuestas. Cinco entidades declaran poder compartir tanto datos primarios como derivados, y solo dos indican disponer exclusivamente de datos primarios.

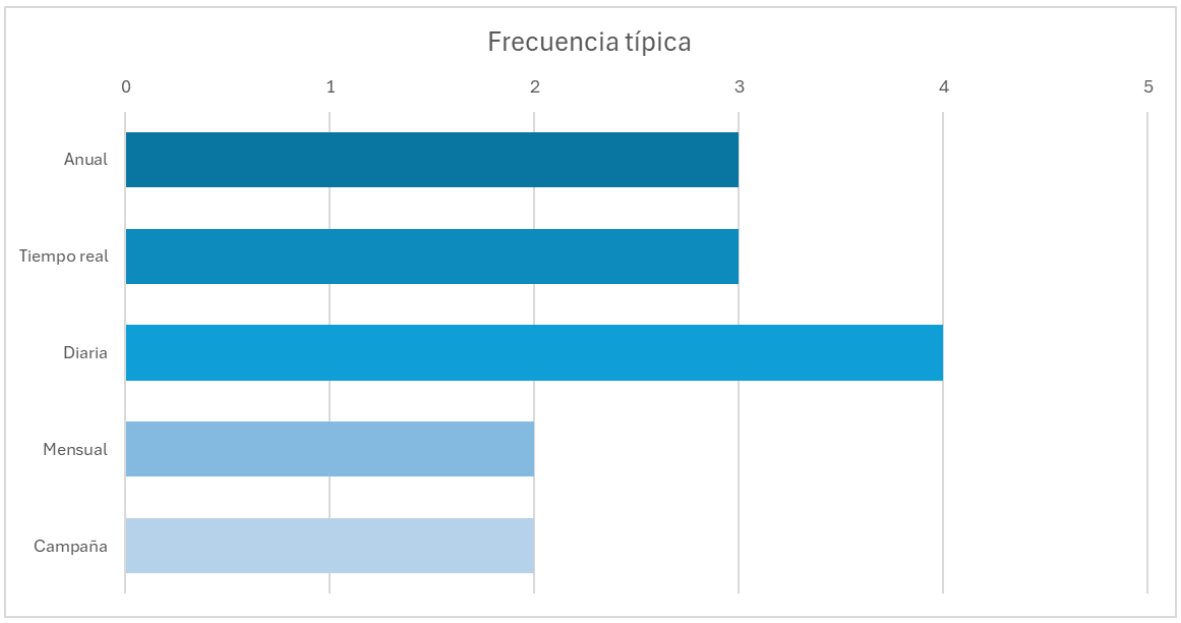


Figura 37. Frecuencia típica

En cuanto a la frecuencia de actualización, la diaria es la más habitual, con cuatro actores, seguida de la anual y el tiempo real, con tres cada una, y la mensual y por campaña, con dos. Esta dispersión pone de manifiesto que el espacio de datos deberá gestionar una gran heterogeneidad temporal: desde sensores que generan datos continuos hasta entidades que consolidan información una vez al año.

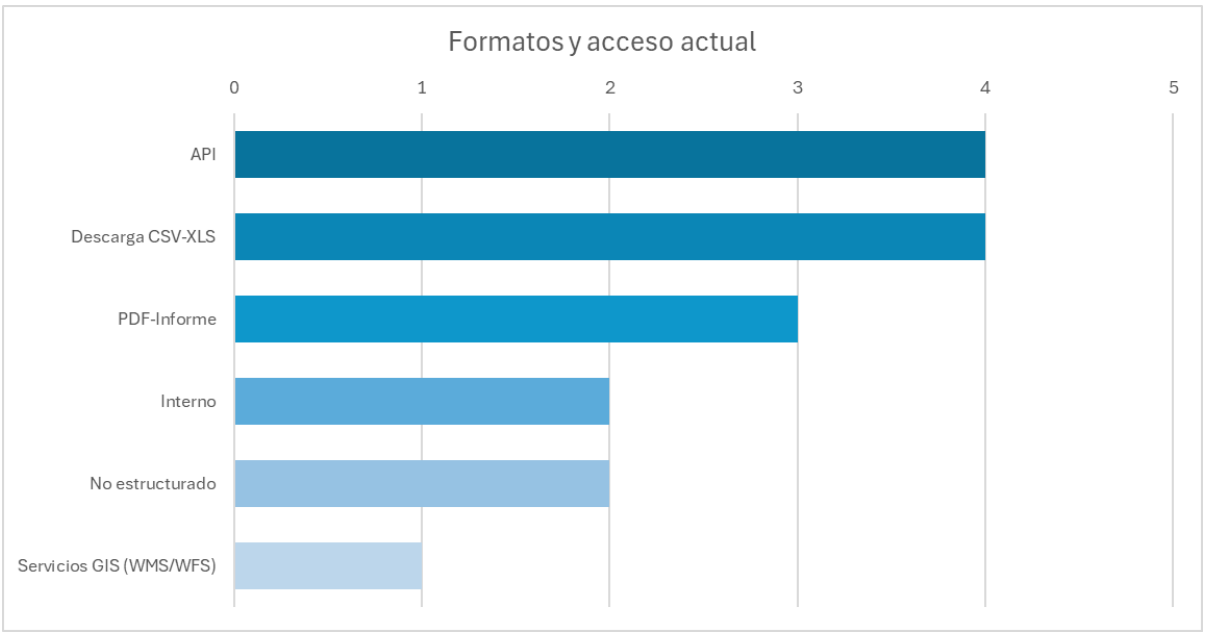


Figura 38. Formatos y acceso actual

Los formatos actuales de acceso y distribución reflejan también esta heterogeneidad. Las APIs y la descarga en CSV o XLS lideran con cuatro actores cada una, siendo las primeras predominantes entre las entidades tecnológicas. Los informes en PDF están

presentes en tres casos, lo que indica que una parte significativa del sector sigue distribuyendo información en formatos de difícil reutilización automática. Dos actores mantienen sus datos en sistemas internos sin ninguna exposición exterior, y otros dos trabajan con datos no estructurados. Solo uno utiliza servicios GIS estándar como WMS o WFS, que son precisamente los formatos que la Directiva INSPIRE establece como referencia para datos espaciales del entorno hídrico.

A3. Acceso actual e interoperabilidad

El tercer bloque identificó las fricciones técnicas que dificultan el intercambio de datos y los estándares de interoperabilidad que se utilizan actualmente.

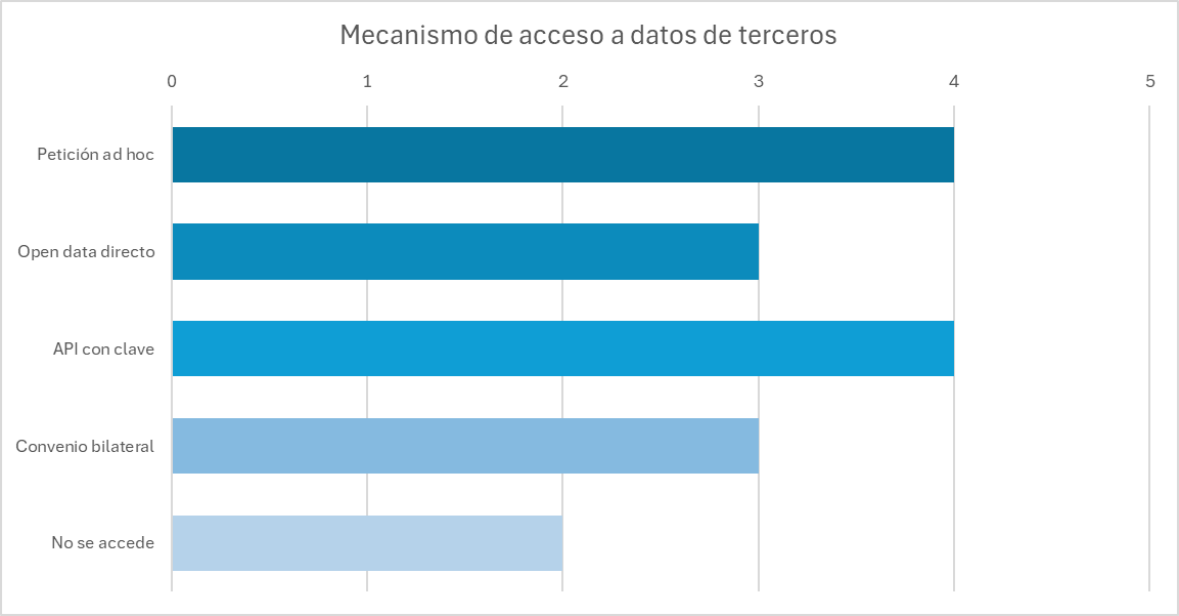


Figura 39. Mecanismo de acceso a datos de terceros

El mecanismo habitual para acceder a datos de terceros completa el cuadro de situación actual. La petición ad hoc y el acceso por API con clave lideran con cuatro actores cada uno, seguidos del open data directo y el convenio bilateral, con tres cada uno. Dos entidades declaran directamente que no acceden a datos de terceros. En conjunto, este resultado confirma que el intercambio de datos en el sector hídrico es hoy un proceso lento, fragmentado y dependiente de acuerdos bilaterales o credenciales de acceso individuales.

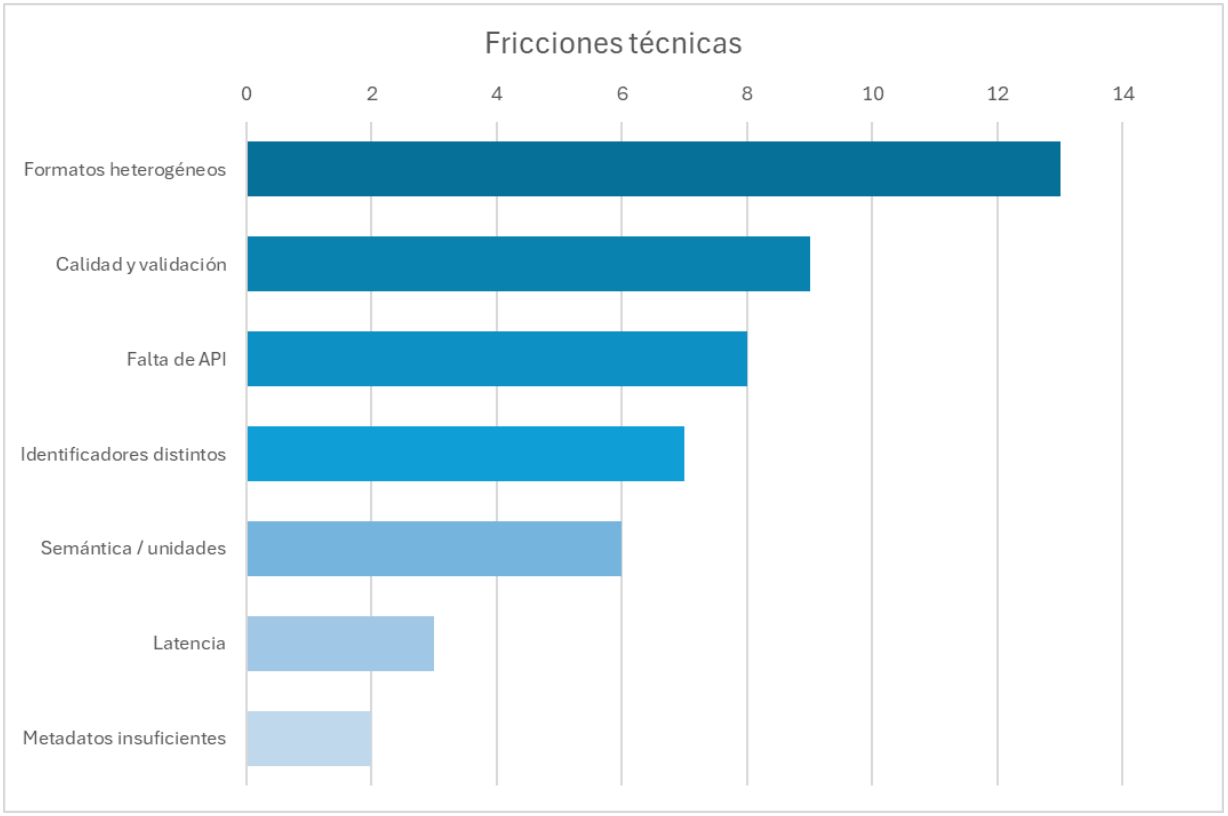


Figura 40. Fricciones técnicas

Las fricciones técnicas presentan un patrón muy claro. La heterogeneidad de formatos es, con diferencia, el obstáculo más citado: trece de los dieciséis actores la señalan entre sus principales fricciones técnicas. Es el único problema verdaderamente transversal, presente en todos los perfiles del panel. A continuación, aparecen la calidad y validación de los datos, con nueve menciones, y la falta de API, con ocho. La fragmentación de identificadores suma siete, la heterogeneidad semántica, distintos nombres, unidades y vocabularios para referirse a los mismos conceptos, seis, y la latencia y los metadatos insuficientes cierran la lista con tres y dos menciones respectivamente. Juntas, las tres fricciones más citadas, formatos, calidad e identificadores, describen un ecosistema donde los actores no hablan el mismo idioma técnico, no confían en los datos que reciben y no tienen forma estandarizada de referenciar las mismas entidades del mundo real.

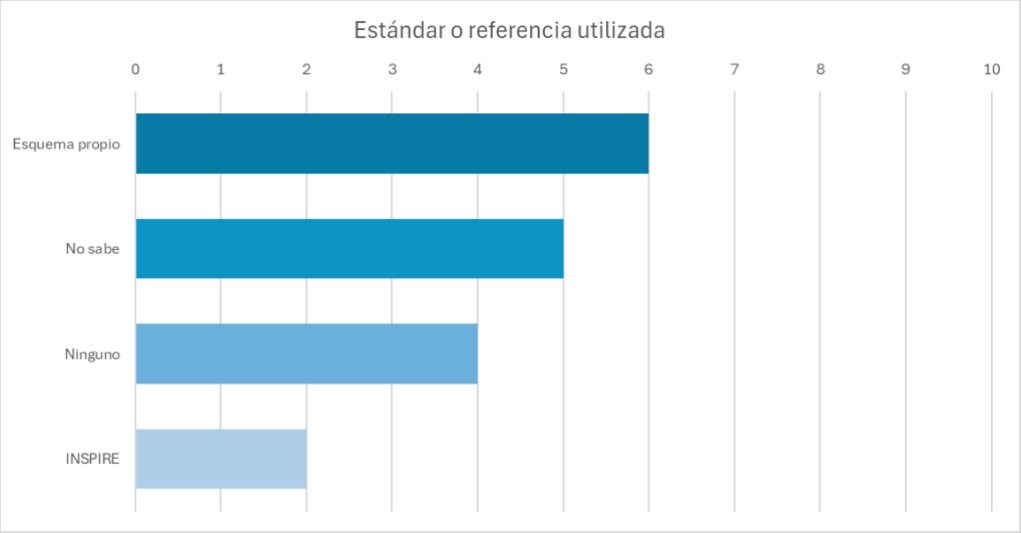


Figura 41. Estándar o referencia utilizada

El apartado de estándares revela quizá el dato más preocupante de las entrevistas. Solo dos actores declaran utilizar un estándar externo reconocido, en concreto INSPIRE, que es el marco europeo obligatorio para datos geoespaciales ambientales. Seis entidades trabajan con esquemas propios, cuatro no utilizan ningún estándar y cinco declaran no saber si usan alguno. Esta última respuesta es especialmente significativa: no se trata solo de que no haya estándares, sino de que en casi un tercio del panel ni siquiera existe conciencia de si se están usando o no. Sin un vocabulario técnico compartido, cualquier iniciativa de intercambio de datos requerirá un esfuerzo de traducción y mapeo que multiplica los costes de integración y limita la escalabilidad del espacio.

A4. Beneficios esperados

El cuarto bloque pide a los actores que valoraran del 1 al 5 los beneficios que consideran que aportaría un espacio de datos del agua en seis dimensiones.

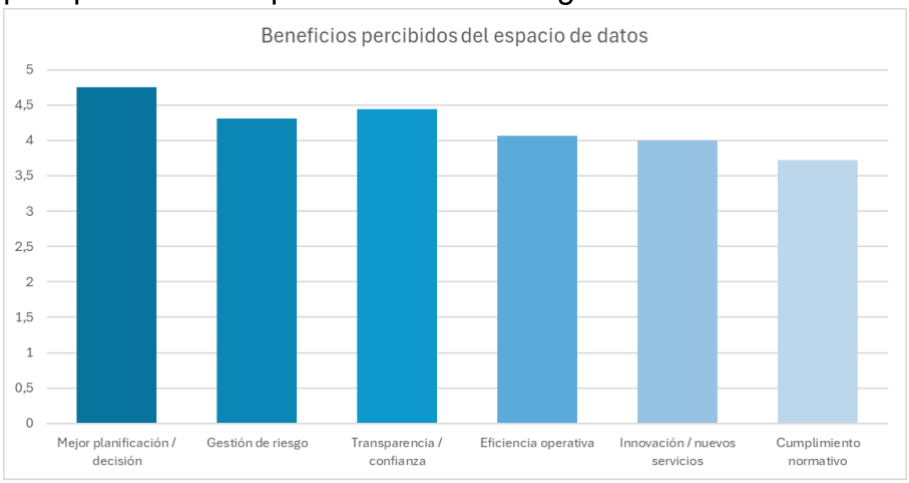


Figura 42. Beneficios percibidos del espacio de datos

La mejora de la planificación y la toma de decisiones es la dimensión mejor valorada, con una media de 4,8. Es el beneficio con mayor consenso transversal de las entrevistas: prácticamente todos los actores, independientemente de su perfil, ven en el acceso a datos integrados una oportunidad clara para mejorar la calidad de sus decisiones. La transparencia y la confianza ocupa el segundo lugar, con 4,4, seguida de cerca por la gestión del riesgo ante sequías, inundaciones y problemas de calidad, con 4,3, lo que refleja que el sector percibe el espacio de datos tanto como un mecanismo para construir credibilidad ante ciudadanos y reguladores como una herramienta de anticipación ante eventos extremos.

La eficiencia operativa y la innovación en nuevos servicios obtienen puntuaciones similares, en torno a 4,0, situándose en una posición intermedia que indica interés, pero no urgencia. El cumplimiento normativo y el reporte es la dimensión menos valorada, con 3,7, lo que es un hallazgo relevante: el sector no percibe el espacio de datos principalmente como una obligación regulatoria sino como una herramienta de gestión.

A5. Barreras percibidas

El quinto bloque identifica los principales obstáculos que los actores anticipan al participar en un espacio de datos compartido.

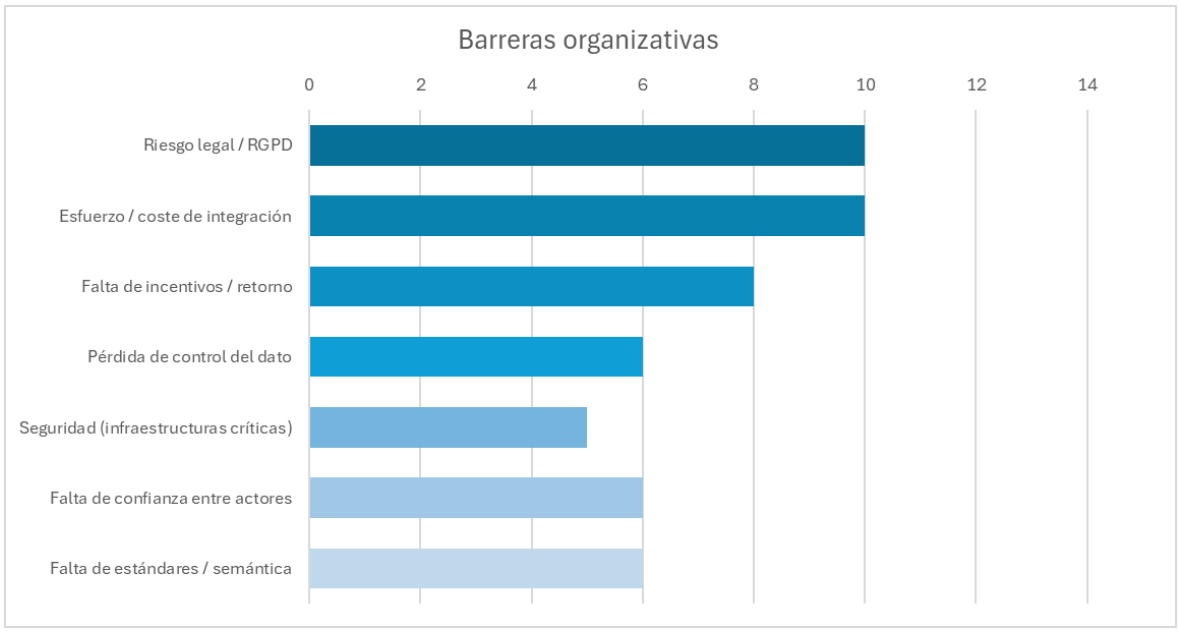


Figura 43. Barreras organizativas

El riesgo legal y el RGPD encabezan la lista junto al esfuerzo y coste de integración, ambos con diez menciones, convirtiéndose en las barreras más citadas de las entrevistas. El primero refleja una preocupación extendida en el sector que conviene atender con rigor: la Agencia Española de Protección de Datos ha publicado orientaciones específicas sobre cómo compatibilizar los espacios de datos con las exigencias del RGPD, lo que sugiere que una parte de esta barrera podría abordarse mediante el acompañamiento

jurídico adecuado durante el diseño y la puesta en marcha del espacio. En cuanto al coste de integración, está estrechamente relacionado con la tercera barrera más citada, la falta de incentivos o retorno claro, con ocho menciones: cuando participar implica dedicar recursos sin tener claro qué se obtiene a cambio, la decisión de incorporarse se vuelve difícil de justificar internamente. Clarificar desde el inicio la propuesta de valor y reducir la carga de integración para los participantes son, por tanto, dos elementos prioritarios.

La pérdida de control del dato, la falta de confianza entre actores y la falta de estándares y semántica común se sitúan en torno a las seis menciones cada una, mientras que la seguridad de infraestructuras críticas cierra la lista con cinco. El peso relativamente similar de estas tres últimas barreras sugiere que los actores las perciben como un conjunto de condiciones de confianza que el espacio deberá garantizar desde su diseño, más que como obstáculos insalvables para decidir participar.

A6. Condiciones de participación

El sexto bloque pide a los actores que valoren del 1 al 5 la importancia de seis condiciones para que su organización decida participar en el espacio de datos.

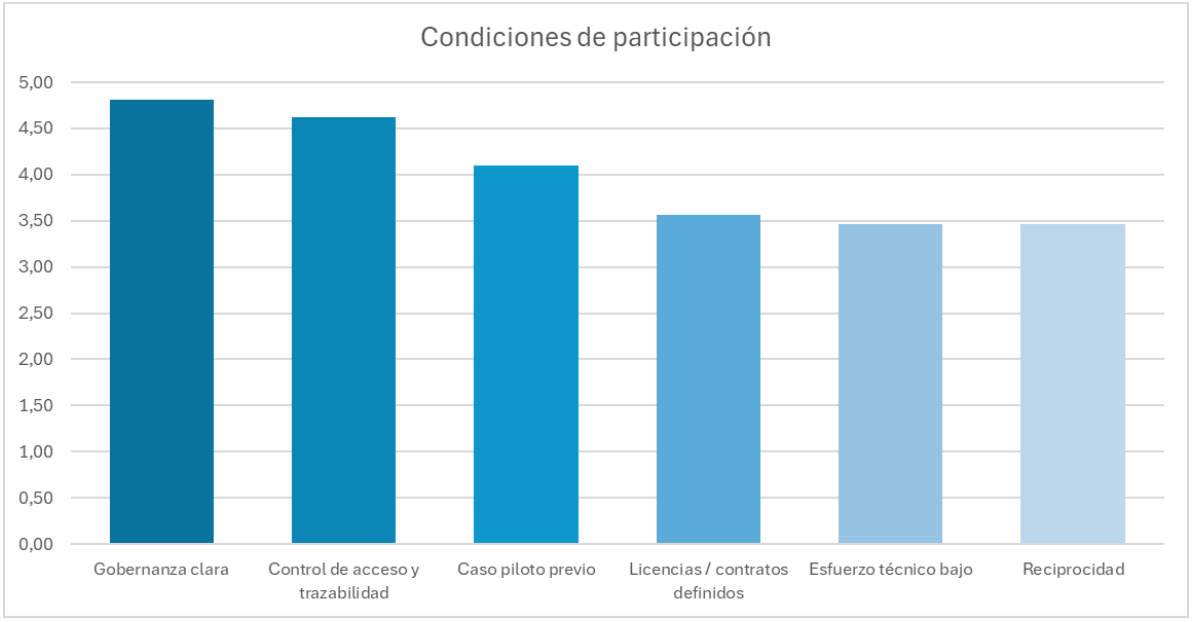


Figura 44. Condiciones de participación

La gobernanza clara, quién decide, cómo se decide y con qué mecanismos de supervisión, obtiene la puntuación más alta de todas las condiciones valoradas, con una media de 4,8. Es uno de los resultados más significativos del panel: los actores otorgan una importancia muy elevada a contar con un marco de gobierno bien definido antes de avanzar en aspectos más técnicos.

El control de acceso y la trazabilidad, saber quién accede a qué datos, cuándo y para qué, ocupa el segundo lugar con 4,6. Esta condición actúa como complemento operativo de la gobernanza: además de que las reglas estén definidas, las entidades valoran poder

verificar que se están cumpliendo y que cualquier uso queda registrado de forma transparente. El caso piloto previo, con 4,1, ocupa el tercer lugar, lo que sugiere que los actores no esperan que el espacio esté completamente desarrollado antes de comprometerse, pero sí valoran contar con alguna evidencia de funcionamiento real.

Las licencias y contratos de datos definidos obtienen 3,6, y el esfuerzo técnico bajo y la reciprocidad cierran la lista empatados en torno a 3,5. La posición algo más baja de estas últimas condiciones apunta a que en este sector las garantías de seguridad y control tienden a pesar más que la facilidad de integración, lo que conviene tener en cuenta a la hora de priorizar los elementos del diseño.

A7. Datos aportables y necesidades de retorno

El séptimo y último bloque explora qué esperan recibir los actores a cambio de participar en el espacio de datos.

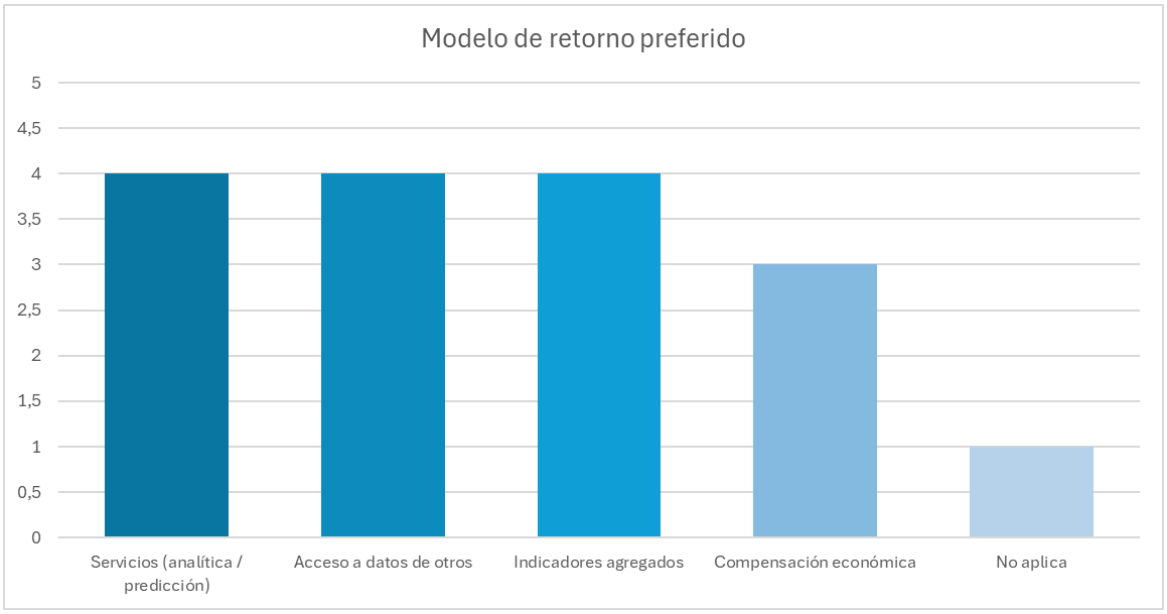


Figura 45. Modelo de retorno preferido

Los tres modelos de retorno más valorados empatan con cuatro respuestas cada uno: los servicios de analítica y predicción, el acceso a datos de otros y los indicadores agregados. Esta distribución refleja una cierta complementariedad entre los actores del panel que podría aprovecharse en el diseño del espacio. Los actores que disponen de datos pero tienen menor capacidad analítica tenderían a buscar servicios de inteligencia como contraprestación, mientras que los que cuentan con mayor capacidad analítica, pero acceso limitado a datos valoran principalmente poder ampliar sus fuentes para desarrollar modelos y servicios. La demanda de indicadores agregados, por su parte, proviene principalmente de actores intermediarios que necesitan información comparativa para sus funciones de seguimiento o reporte.

La compensación económica directa obtiene tres respuestas, una expectativa que conviene tener en cuenta: algunos actores, principalmente tecnológicas y entidades de investigación con recursos limitados, asocian su participación a la existencia de un retorno económico explícito. Solo uno señala que el retorno no aplica a su situación, lo que indica que prácticamente la totalidad del panel tiene expectativas claras sobre lo que el espacio de datos debería ofrecerles, un elemento positivo para orientar la propuesta de valor desde el inicio.

B. Módulos específicos por perfil de actor

Además del bloque común, cada organización respondió a un conjunto de cinco preguntas adaptadas a su tipología. A continuación, se recogen los resultados agrupados por perfil, sin desglose individual.

B2 — Administración autonómica

Este módulo explora qué datos agrega la administración autonómica de municipios y operadores, qué necesidades para preparar informes exigen más volumen de datos, qué barreras normativas existen y qué incentivos podrían activarse.

Los datos que este perfil agrega de los actores bajo su supervisión incluyen disconformidades en agua potable, consumos de entidades locales, datos de gestión de depuradoras y volumen de factura por agua. El reporte que se identifica como más costoso es el de calidad del agua de los abastecimientos, por su vinculación con la salud pública.

B3 — Entidad local

La principal preocupación es la seguridad, dado que parte de las infraestructuras de abastecimiento tienen la condición de infraestructura crítica. Los *quick wins* identificados se centran en la gestión de datos de consumos y calidades a través de informes, gráficas resumen y alarmas, con un tratamiento previo de los datos de consumos.

B4 — Operador del ciclo urbano

El módulo del operador urbano aborda los datos operativos disponibles, la parte compartible sin riesgo, el retorno más valioso, los indicadores compartibles y las principales preocupaciones.

El operador dispone de todos los tipos de datos operativos contemplados: telelectura, sectorización, presiones, fugas y datos de EDAR y ETAP. De todo ese volumen, la parte que considera compartible en formato agregado y anonimizado se limita a la sectorización y los datos de presiones. En cuanto al retorno, lo más valioso serían los modelos de demanda y las alertas tempranas, y los indicadores que estaría dispuesto a aportar son el rendimiento de red y los costes energéticos por metro cúbico. La preocupación principal es la garantía de la una correcta interpretación de los datos.

B5 — Comunidad de regantes

Los conjuntos de datos que se consideran más fáciles de compartir son los procedentes de los sistemas automáticos de información hidrológica: caudales, aforos de nieve y previsión de aportaciones. Se constata la importancia de anonimizar los datos antes de ser compartidos.

La demanda de datos que más recibe este perfil proviene de otros actores del ecosistema que quieren conocer el uso real del agua por parte de los regantes, y se señala la relevancia de disponer de datos en tiempo real para conocer cuánto hay en cada tramo del sistema y cuánto consume cada toma. La propuesta sobre identificación semántica se centra en campos comunes en las bases de datos, estandarización del tipo de dato y las unidades de medida.

B6 — Industria y usuarios intensivos

El módulo de la industria indaga en los datos internos disponibles, la parte compartible sin riesgo comercial, el retorno buscado, las condiciones legales exigidas y la disposición a participar en pilotos.

Este perfil dispone internamente de datos de captación, consumo, vertido y reutilización. Sin embargo, la parte que considera compartible se limita a la información que ya publica en su informe anual de sostenibilidad, es decir, datos de alto nivel de agregación sin contenido operacional propio. El retorno que busca del espacio de datos es la predicción hidrológica y de restricciones de uso, y la condición legal que exige para cualquier intercambio es la firma de un acuerdo de confidencialidad. En cuanto a la participación en pilotos, la actitud es abierta pero estableciendo condiciones claras.

B7 — Empresas tecnológicas e integradoras

El módulo de las tecnológicas aborda la parte del problema que consideran más crítica, los estándares que recomendarían, el modelo técnico viable, cómo evitar el bloqueo tecnológico y el modelo de sostenibilidad económica.

Las entidades de este perfil coinciden en señalar un modelo técnico federado con catálogo común y conectores estándar como el más viable, y el uso de estándares abiertos y APIs bien documentadas como la vía principal para evitar el bloqueo tecnológico. Existe, sin embargo, diversidad en cuanto al problema que consideran más crítico: la ciberseguridad y la conectividad para lograr una interoperabilidad real aparecen como las principales preocupaciones según el tipo de actividad de cada actor. En materia de estándares, las referencias mencionadas incluyen los marcos de IDSA, GAIA-X y FIWARE. En cuanto al modelo de sostenibilidad económica, hay convergencia en un esquema mixto, con variantes que combinan financiación pública inicial con un modelo de servicio posterior, o membresía con pago por uso de datos y servicios.

B8 — Investigación y centros tecnológicos

El módulo de investigación explora qué datos necesitan y no pueden acceder, qué requisitos de calidad exigen, qué pueden devolver al ecosistema, qué condiciones éticas y legales son críticas y qué rol podrían jugar.

Los datos que este perfil necesita y hoy no puede obtener con facilidad incluyen datos fiables en tiempo real sobre el agua, datos meteorológicos e hidrológicos, datos de explotación de infraestructuras y datos de instituciones europeas con acceso restringido. Se señala, además, una tendencia a la reducción de la disponibilidad directa de datos por parte de algunos organismos públicos, que en ocasiones requieren solicitud expresa. Los requisitos de calidad mencionados son la trazabilidad, la calibración y la incertidumbre. El retorno que este perfil puede ofrecer al ecosistema incluye predicciones, modelos, simulaciones, indicadores, validación, extrapolación y análisis de tendencias, así como el desarrollo de servicios de inteligencia artificial. Las condiciones legales que se identifican como críticas son la licencia de uso de los datos, el cumplimiento del AI Act y el RGPD, y la seguridad. En cuanto al rol dentro del espacio, las posiciones van desde la participación en casos piloto hasta funciones de auditoría neutral y desarrollo de servicios avanzados.

B9 — ONG, asociaciones y clústeres sectoriales

El módulo de los intermediarios abordó los usos del dato que priorizan, los riesgos que perciben, la gobernanza que considerarían aceptable, los datos que deberían ser abiertos por defecto y su capacidad real de movilización.

Los usos del dato que este grupo prioriza son diversos: la sostenibilidad y la mejora operativa a lo largo de la cadena de valor, la transparencia y el cumplimiento normativo y la sensibilización ciudadana. En cuanto a los riesgos, la opacidad en ausencia de reglas claras sobre acceso y uso del dato es la preocupación más compartida, a la que se suman las asimetrías de poder entre participantes, los usos indebidos de la información y la posible confusión que datos agregados del sector podrían generar en la sociedad. Para mitigar estos riesgos, las propuestas de gobernanza apuntan a una representación adecuada de todos los tipos de actores, reglas claras sobre propiedad y condiciones de uso, y mecanismos de auditoría asequibles como punto de partida. Sobre el mínimo de transparencia, hay convergencia en señalar los volúmenes servidos, los datos básicos de estado y calidad del agua, la información agregada sobre infraestructuras y los resultados de proyectos de I+D financiados con fondos públicos.

Finalmente, algunos actores de este perfil se posicionan como interlocutores de referencia en el sector, con capacidad demostrada para alinear intereses entre gestores públicos, industria y proveedores tecnológicos, y se postulan como facilitadores naturales de acuerdos en el marco del espacio de datos.

ANEXO G. Fichas ampliadas de casos de uso

Espacios de datos aplicados a la gestión hídrica

Este anexo desarrolla las fichas técnico-narrativas de los casos de uso representativos presentados en el Bloque IV del informe. Las fichas mantienen una estructura homogénea para facilitar la comparación entre casos: mensajes clave, contexto, actores, datos implicados, forma de acceso y persistencia, descripción funcional, lógica y técnica, barreras, indicadores, decisiones previas y conclusión del caso.

G.1. Reporte regulatorio de captaciones y vertidos

Caso principal | *Nivel inicial*

Mensajes clave

Parte de flujos de reporte que ya existen o pueden existir, no de una necesidad abstracta.

El valor del espacio de datos está en la trazabilidad, la validación y la calidad del intercambio, no solo en cambiar el canal de envío.

Puede justificar transferencia o copia persistente de los reportes aceptados por el organismo competente.

Permite comenzar con baja complejidad relativa y beneficios administrativos claros.

La reutilización posterior exige distinguir dato bruto, paquete de reporte, dato aceptado e indicador agregado.

Contexto y motivación

La gestión administrativa del agua se apoya en flujos periódicos de información entre usuarios del recurso y organismos competentes. En captaciones, vertidos u otros usos autorizados, las entidades responsables pueden estar obligadas a registrar y comunicar datos de caudal, temperatura, identificación del punto de medida, estado del equipo o incidencias.

Estos flujos pueden estar parcialmente digitalizados mediante sensores, *dataloggers*, ficheros estructurados o envíos periódicos. Sin embargo, la digitalización del canal no equivale necesariamente a un intercambio gobernado. Puede existir entrega de datos sin trazabilidad completa, sin validaciones homogéneas, sin gestión normalizada de incidencias y sin reutilización posterior bajo condiciones claras.

El interés del caso reside en mostrar que un espacio de datos puede mejorar flujos existentes. La transformación no consiste solo en sustituir un FTP por una API, sino en añadir metadatos, validación, acuses, evidencias de cumplimiento, auditoría y reglas de reutilización.

Actores y roles

Tabla 38. Actores y roles del caso 1: reporte regulatorio

Actor	Rol	Función en el caso
Entidad obligada al reporte	Productor de datos	Registra datos asociados a captaciones, vertidos u otros parámetros exigidos por la autorización.
Organismo de cuenca o administración competente	Consumidor institucional	Recibe datos para seguimiento, control, supervisión y análisis agregados.
Proveedor tecnológico	Custodio técnico o integrador	Despliega sensores, dataloggers, plataformas de adquisición y mecanismos de envío.
Administraciones o centros de investigación	Reutilizadores potenciales	Podrían acceder a datos validados o agregados para análisis hidrológico, planificación o estudios.

Datos implicados

Tabla 39. Datos implicados del caso 1: reporte regulatorio

Dato	Productor	Frecuencia	Sensibilidad	Nivel	Uso
Caudal de captación o vertido	Entidad reportante / sensor local	15 min, diario o mensual	Media	Bruto y reporte consolidado	Cumplimiento, auditoría y balance.
Temperatura de captación o vertido	Entidad reportante / sensor local	15 min, diario o mensual	Media	Bruto y reporte consolidado	Control de impacto térmico.
Metadatos del punto de medida	Entidad reportante / organismo competente	Alta inicial y actualizaciones	Media	Gobernado	Identificación, autorización y trazabilidad.
Incidencias y huecos de datos	Entidad reportante / proveedor	Evento	Media	Dato de calidad	Justificación de retrasos, fallos o reenvíos.
Reporte validado o aceptado	Organismo receptor	Mensual o según obligación	Media-baja	Validado	Supervisión, cumplimiento y análisis agregado.

Forma de acceso y persistencia

El modelo puede ser híbrido. Los datos brutos pueden permanecer en la infraestructura de la entidad reportante o de su proveedor tecnológico, pero el organismo competente puede conservar de forma persistente los reportes aceptados, dado que forman parte de un procedimiento de supervisión y cumplimiento.

La consulta distribuida a cada productor preservaría mejor la lógica federada, pero puede resultar operativamente pesada si existen muchos productores, problemas de disponibilidad o necesidades de auditoría histórica. Por ello, una transferencia controlada de los datos reportados y aceptados resulta coherente con la finalidad administrativa del caso.

La persistencia no tiene por qué afectar a todo el ciclo de vida del dato. Puede limitarse a paquetes de reporte, acuses, validaciones, correcciones, incidencias y datos aceptados.

Descripción funcional

Funcionalmente, el caso convierte un flujo de reporte en un proceso trazable. La entidad reportante registra medidas, genera paquetes de datos y los entrega al organismo competente. El espacio de datos introduce una capa de control que valida estructura, completitud, coherencia y metadatos antes de la aceptación administrativa.

Para la entidad reportante, el principal beneficio es disponer de evidencias verificables de cumplimiento. Para el organismo receptor, el valor está en recibir datos más homogéneos, detectar errores antes y disponer de un histórico mejor estructurado. Para el ecosistema, los datos aceptados pueden convertirse en insumos para análisis agregados de disponibilidad, presión sobre recursos o tendencias.

Descripción lógica

El patrón lógico es bilateral: productor de datos hacia consumidor institucional. No obstante, conviene diferenciar estados del dato: dato capturado por el equipo, dato consolidado, paquete de reporte, dato recibido, dato aceptado, dato corregido e indicador agregado.

Las condiciones de uso derivan del marco administrativo, pero deben formalizarse operativamente: finalidad, periodicidad, formato, unidades, tratamiento de huecos, criterios de aceptación, reenvíos, responsabilidades y posibilidades de reutilización.

Descripción técnica

La implementación puede apoyarse en un conector ligero o API de reporte. La plataforma local genera paquetes conforme a un perfil común. Antes de la entrega se validan campos obligatorios, unidades, frecuencia, identificador de punto, continuidad temporal y metadatos mínimos.

Los componentes mínimos son: catálogo de obligaciones, perfil de reporte, identidad de la entidad reportante, mecanismo de entrega, validador automático, registro de auditoría y

repositorio de reportes aceptados. No es necesario desplegar una arquitectura completa desde el inicio.

Barreras, riesgos y mitigaciones

Tabla 40. Barreras, riesgos y mitigaciones del caso 1

Barrera o riesgo	Tratamiento propuesto	Limitación o cautela
Cambio de canal sin valor añadido	Definir validaciones, acuses, trazabilidad y metadatos obligatorios.	Si solo sustituye un FTP por una API, el valor diferencial será bajo.
Calidad deficiente del dato de origen	Registrar calibración, incidencias, huecos y controles de plausibilidad.	La tecnología no corrige sensores mal mantenidos.
Heterogeneidad de formatos	Perfil común de reporte con variables, unidades y esquema mínimo.	Requiere adopción por entidades y proveedores.
Ambigüedad sobre reutilización	Separar cumplimiento regulatorio de usos agregados o secundarios.	La reutilización requiere políticas adicionales.

Indicadores de éxito y condiciones de viabilidad

Tabla 41. Indicadores de éxito del caso 1

Dimensión	Indicador posible
Ejecución	Número de entidades reportantes y puntos de medida incorporados.
Calidad	Porcentaje de envíos aceptados sin corrección y completitud de series.
Trazabilidad	Número de acuses, reenvíos e incidencias registrados de forma auditable.
Impacto	Reducción de retrasos, errores o carga administrativa.

Decisiones previas que deben cerrarse

Tabla 42. Decisiones previas del caso de uso 1

Decisión	Contenido a definir
Alcance del piloto	Número de entidades, puntos de medida y variables incluidas.
Régimen de validación	Errores bloqueantes, advertencias y criterios de aceptación.
Persistencia	Qué datos conserva el organismo y durante cuánto tiempo.
Reutilización	Qué datos pueden agregarse o usarse para análisis posteriores.

Conclusión del caso

Este caso muestra que un espacio de datos puede aportar valor incluso en flujos ya existentes. Es un candidato razonable para un piloto inicial si se formula como mejora de trazabilidad, validación y reutilización controlada, no únicamente como automatización del envío.

G.2. Compartición gobernada de datos de redes urbanas de abastecimiento

Caso principal | *Nivel intermedio*

Mensajes clave

La ciudadanía es beneficiaria final de servicios de información, no consumidor técnico principal del espacio de datos.

El caso obliga a separar titularidad pública, custodia operativa y acceso técnico.

No todos los datos de red deben compartirse con el mismo nivel de detalle: es necesario diferenciar dato bruto, preprocesado, validado y agregado.

El espacio de datos aporta gobernanza, acceso diferenciado, trazabilidad y reducción de incertidumbre sobre usos posteriores.

El modelo más defendible es federado: el operador mantiene los datos sensibles en sus sistemas y expone accesos controlados.

Contexto y motivación

Las redes urbanas de abastecimiento generan información continua sobre el funcionamiento del servicio. Los sistemas SCADA, la sectorización hidráulica, la telelectura, los laboratorios de calidad, los GIS y los sistemas de incidencias producen datos de alto valor para eficiencia, planificación, transparencia e innovación.

Estos datos suelen permanecer en los sistemas del operador o en intercambios bilaterales con la administración titular. Además, una parte significativa puede considerarse sensible, por revelar información sobre infraestructuras críticas, vulnerabilidades operativas, patrones de consumo o incidencias no contextualizadas.

El caso permite analizar cómo compartir datos operativos sin abrirlos indiscriminadamente y sin perder control sobre su uso, especialmente cuando el servicio es público pero su gestión está delegada.

Actores y roles

Tabla 43. Actores y roles del caso 2: redes urbanas

Actor	Rol	Función en el caso
Ayuntamiento o entidad local	Titular del servicio y autoridad de políticas	Define qué datos pueden compartirse, con quién y bajo qué finalidad.
Operador urbano	Custodio técnico y productor operativo	Gestiona SCADA, telelectura, calidad, incidencias, GIS y exposición técnica.
Administración o regulador	Consumidor institucional	Accede a indicadores para supervisión, reporte o planificación.
Empresa tecnológica	Consumidor técnico y proveedor de servicio derivado	Desarrolla modelos de fugas, demanda, eficiencia o mantenimiento predictivo.
Centro de investigación	Consumidor autorizado	Usa históricos agregados o anonimizados para validar modelos o evaluar políticas.
Ciudadanía	Beneficiaria final	Accede a servicios de información, alertas o indicadores publicados.

Datos implicados

Tabla 44. Datos implicados del caso 2: redes urbanas

Dato	Productor	Frecuencia	Sensibilidad	Nivel	Uso
Caudales por sector	Operador	Tiempo real u horario	Alta	Bruto o preprocesado	Detección de fugas y balance sectorial.
Presiones de red	Operador	Tiempo real u horario	Alta	Bruto o preprocesado	Operación y analítica de anomalías.
Consumo agregado	Operador	Diario o mensual	Media	Agregado	Planificación y transparencia.
Calidad del agua	Operador / laboratorio	Evento o periódico	Media	Validado	Cumplimiento y comunicación pública.
Incidencias y cortes	Operador	Evento	Media-alta	Validado y publicado	Gestión, avisos y comunicación.
Indicadores de eficiencia	Operador / ayuntamiento	Mensual o anual	Baja-media	Indicador	Supervisión, benchmarking y transparencia.

Forma de acceso y persistencia

El modelo más adecuado es federado. Los datos operativos permanecen en los sistemas del operador y el espacio de datos actúa como capa de exposición gobernada. El catálogo describe los datasets disponibles sin exponer por defecto el dato sensible.

La persistencia puede reservarse a metadatos, políticas, registros de acceso, indicadores validados o información pública. Los datos brutos en tiempo real deberían quedar restringidos a operación interna o accesos muy controlados.

La entrega de datos a terceros debe priorizar consultas parametrizadas, agregación, reducción de granularidad o indicadores, evitando descargas masivas cuando la sensibilidad sea alta.

Descripción funcional

El caso combina tres finalidades: mejorar la supervisión pública del servicio, habilitar innovación basada en datos y ofrecer información comprensible a la ciudadanía. El operador continúa gestionando la red, pero el ayuntamiento define las políticas de compartición y transparencia.

Una empresa tecnológica podría acceder a datos preprocesados o agregados por sector para desarrollar un modelo de detección de fugas. Un regulador podría acceder a indicadores validados. La ciudadanía podría consultar avisos, mapas de calidad o indicadores agregados sin interactuar técnicamente con el espacio de datos.

Descripción lógica

El patrón lógico es multi-actor. El operador produce y custodia los datos; el ayuntamiento define políticas; administraciones, empresas o centros acceden con finalidades diferenciadas; y la ciudadanía recibe información transformada en servicios.

La clave es separar titularidad, custodia y exposición técnica. El ayuntamiento no necesita alojar todos los datos, pero sí debe definir las reglas de uso. El operador puede ejecutar el acceso técnico, pero no debería decidir unilateralmente todos los usos externos de datos generados en el marco de un servicio público.

Descripción técnica

La arquitectura debe situarse sobre los sistemas existentes del operador. El conector del operador actúa como punto de exposición gobernado y se conecta a SCADA, GIS, telelectura, incidencias o laboratorio solo para los *datasets* autorizados.

Los componentes prioritarios son: catálogo gobernado, motor de políticas, gestión de identidad y roles, conector del operador, adaptadores internos, servicios de publicación y registro de auditoría. Para datos sensibles, el sistema debe aplicar filtrado, agregación, anonimización o limitación de precisión espacial.

Barreras, riesgos y mitigaciones

Tabla 45. Barreras, riesgos y mitigaciones del caso 2

Barrera o riesgo	Tratamiento propuesto	Limitación o cautela
Exposición de datos sensibles	Clasificación por niveles, minimización, agregación y acceso por consulta.	No todos los datos pueden abrirse ni compartirse con la misma granularidad.
Confusión entre titularidad y custodia	Ayuntamiento como autoridad de políticas y operador como custodio técnico.	Requiere reflejo contractual y acuerdo entre partes.
Mala interpretación pública	Publicar información validada y contextualizada.	Los datos operativos sin contexto pueden generar lecturas erróneas.
Uso indebido por terceros	Contratos, trazabilidad, auditoría y limitación de finalidad.	El control posterior nunca es absoluto si se entregan datos descargables.

Indicadores de éxito y condiciones de viabilidad

Tabla 46. Indicadores de éxito del caso 2

Dimensión	Indicador posible
Ejecución	Número de datasets catalogados y clasificados por sensibilidad.
Gobernanza	Políticas de acceso definidas entre ayuntamiento y operador.
Uso	Número de consumidores institucionales o técnicos incorporados.
Transparencia	Servicios ciudadanos generados a partir de datos validados o agregados.

Decisiones previas que deben cerrarse

Tabla 47. Decisiones previas del caso 2

Decisión	Contenido a definir
Clasificación de datos	Variables sensibles, agregables, publicables o restringidas.
Autoridad de políticas	Cómo formaliza el ayuntamiento las reglas de acceso.
Papel del operador	Qué sistemas expone y bajo qué condiciones.
Servicios ciudadanos	Qué información se publica y con qué nivel de validación.

Conclusión del caso

Este caso evidencia que el reto principal en redes urbanas no es solo técnico, sino de gobernanza. La separación entre titularidad pública, custodia operativa y acceso por terceros debe resolverse mediante políticas, contratos, niveles de dato y trazabilidad.

G.3. Servicios predictivos para la gestión del riesgo hídrico

Caso principal | *Nivel avanzado*

Mensajes clave

El caso puede funcionar parcialmente con datos abiertos, pero hoy exige integración ad hoc por proveedor.

El espacio de datos aporta valor si reduce heterogeneidad técnica y semántica mediante catálogos, metadatos, modelos comunes y adaptadores reutilizables.

El actor analítico no es solo consumidor: consume datos primarios, los transforma y produce información derivada.

La trazabilidad de fuentes, versiones de modelo, calidad e incertidumbre es crítica cuando los resultados apoyan decisiones públicas.

El caso permite evolucionar desde open data hacia un ecosistema gobernado que incorpore también datos restringidos de operadores o usuarios intensivos.

Contexto y motivación

La gestión del riesgo hídrico requiere integrar información de muchas fuentes: caudales, embalses, meteorología, niveles piezométricos, consumos, captaciones, demandas sectoriales, restricciones administrativas y previsiones climáticas.

Buena parte de esta información existe y una parte se publica como datos abiertos. Sin embargo, cada proveedor puede emplear una API diferente, formatos propios, nomenclaturas no homogéneas, unidades distintas, cambios de versión o metadatos insuficientes. La disponibilidad formal de datos no equivale a interoperabilidad efectiva.

El caso muestra el valor de un espacio de datos cuando el problema no es solo liberar datos, sino organizarlos, describirlos, hacerlos comparables y conectarlos con modelos predictivos.

Actores y roles

Tabla 48. Actores y roles del caso 3: servicios predictivos

Actor	Rol	Función en el caso
Organismos de cuenca / SAIH	Productores de datos hidrológicos	Publican caudales, aforos, embalses, niveles o series asociadas a redes de control.
AEMET y fuentes meteorológicas	Productores de datos meteorológicos	Aportan observaciones, predicciones, precipitación, temperatura o variables climáticas.
Redes piezométricas y administraciones	Productores de datos hidrogeológicos	Aportan niveles de acuíferos, puntos de control, históricos y contexto territorial.
Operadores y usuarios intensivos	Productores complementarios	Pueden aportar demanda, consumos, captaciones, restricciones o estado de infraestructuras.
Empresa especializada o entidad analítica	Consumidor y productor de dato derivado	Integra fuentes, normaliza datos, ejecuta modelos y genera predicciones, indicadores o escenarios.
Administración pública	Consumidor de información derivada	Usa resultados para planificación, gestión de sequía, restricciones o comunicación de riesgo.
Centros de investigación	Validador metodológico	Evalúan modelos, incertidumbre, calidad de datos y reproducibilidad.

Datos implicados

Tabla 49. Datos implicados en el caso 3: servicios predictivos

Dato	Productor	Frecuencia	Sensibilidad	Nivel	Uso
Caudales, aforos y embalses	Organismo de cuenca / SAIH	Tiempo real, horario o diario	Baja-media	Observado u oficial	Modelos hidrológicos, alertas y seguimiento de disponibilidad.
Niveles piezométricos	Red piezométrica / administración	Diario, semanal o mensual	Media	Observado validado	Predicción de acuíferos y tendencias.
Meteorología observada y prevista	AEMET, Copernicus u otros	Horario o diario	Baja	Observado y forecast	Entrada a modelos, escenarios y estimación de recarga o demanda.
Consumos, captaciones o demandas	Usuarios, operadores o comunidades	Diario o mensual	Media-alta	Agregado o restringido	Presión sobre recursos y calibración de modelos.
Indicadores derivados	Entidad analítica	Diario, semanal o bajo demanda	Media	Derivado	Decisión pública, alertas y comunicación de riesgo.
Versiones de modelo e incertidumbre	Entidad analítica / investigación	Versionado	Media	Metadato técnico	Auditoría, reproducibilidad y confianza.

Forma de acceso y persistencia

El modelo debe ser federado o híbrido. Las fuentes públicas y privadas permanecen en sus sistemas de origen, mientras el espacio de datos proporciona catálogo, metadatos, condiciones de acceso, adaptadores y trazabilidad.

Puede existir persistencia temporal de series normalizadas o resultados derivados cuando sea necesario para ejecutar modelos, auditar predicciones o reproducir resultados. En cambio, los datos sensibles de demanda, captación o operación deberían exponerse preferentemente como agregados, consultas controladas o indicadores.

El servicio predictivo puede publicar de nuevo en el espacio de datos sus resultados derivados, con fuentes, versión de modelo, fecha de cálculo e incertidumbre asociada.

Descripción funcional

Funcionalmente, el caso persigue convertir datos dispersos en información útil para anticipar situaciones de riesgo hídrico. La administración no necesita recibir más tablas inconexas, sino indicadores comprensibles, escenarios y alertas basadas en fuentes trazables.

El servicio puede apoyar decisiones como anticipar descensos piezométricos, detectar zonas vulnerables ante sequía, valorar restricciones, priorizar actuaciones, planificar campañas de riego o comunicar situaciones de riesgo.

Descripción lógica

El patrón lógico es una cadena de valor del dato. Los productores publican o comparten datos primarios; una entidad especializada los consume, normaliza e integra; el motor analítico produce indicadores o predicciones; y la administración consume información derivada.

La gobernanza debe contemplar derechos y responsabilidades sobre datos derivados. Cada resultado debería conservar trazabilidad hacia fuentes, fecha de consulta, versión de modelo, parámetros principales, ventana temporal y nivel de incertidumbre.

Descripción técnica

La arquitectura técnica combina catálogo federado, adaptadores, perfiles semánticos y capa de modelización. Las APIs existentes no tienen por qué sustituirse, pero deben describirse y conectarse mediante adaptadores que normalicen formatos, unidades, identificadores y series temporales.

Para un piloto conviene seleccionar familias prioritarias, por ejemplo, caudales, niveles piezométricos y meteorología. Para cada familia se definirían variable, unidad, sistema de referencia espacial, referencia temporal, calidad, frecuencia, propietario, licencia, *endpoint* e identificador persistente.

Barreras, riesgos y mitigaciones

Tabla 50. Barreras, riesgos y mitigaciones del caso 3

Barrera o riesgo	Tratamiento propuesto	Limitación o cautela
Integración ad hoc por proveedor	Catálogo, adaptadores reutilizables y perfiles comunes.	Requiere adopción por proveedores; el conector no resuelve por sí solo la semántica.
Cambios en APIs o formatos	Versionado de endpoints, pruebas automáticas y metadatos de estabilidad.	Siempre habrá coste de mantenimiento si las fuentes externas cambian.
Mala interpretación de resultados	Publicar incertidumbre, alcance, periodo, fuentes y supuestos.	La decisión pública debe incorporar juicio experto.
Datos restringidos o sensibles	Contratos, políticas de acceso, minimización y agregación.	La incorporación de datos privados exige incentivos y confianza.

Indicadores de éxito y condiciones de viabilidad

Tabla 51. Indicadores de éxito del caso 3

Dimensión	Indicador posible
Ejecución	Número de fuentes integradas con metadatos normalizados.
Interoperabilidad	Reducción del tiempo necesario para incorporar una nueva fuente.
Calidad	Porcentaje de series con completitud, frecuencia y calidad documentada.
Confianza	Trazabilidad completa de fuentes y versiones en cada resultado derivado.
Impacto	Decisiones apoyadas, restricciones mejor justificadas o mejora en anticipación del riesgo.

Decisiones previas que deben cerrarse

Tabla 52. Decisiones previas del caso 3

Decisión	Contenido a definir
Variables prioritarias	Caudales, piezometría, meteorología y, en su caso, demandas o captaciones.
Territorio piloto	Cuenca, subcuenca, acuífero o zona de gestión.
Nivel de apertura	Datos open data, datos bajo contrato y datos solo ofrecidos como indicadores.
Modelo de validación	Cómo se comparan predicciones con observaciones y quién revisa la metodología.

Conclusión del caso

Este caso demuestra que la interoperabilidad no se consigue únicamente publicando APIs. El valor del espacio de datos aparece cuando reduce heterogeneidad técnica y semántica, permite incorporar fuentes restringidas y convierte datos dispersos en información fiable para la toma de decisiones.

G.4. Mercado de compensación hídrica verificada

Caso exploratorio | *Nivel avanzado de frontera*

Mensajes clave

El caso incorpora una capa adicional de confianza: certificación científica, auditoría, reglas de mercado y trazabilidad de transacciones.

No basta con medir ahorro en parcela; hay que relacionarlo con una masa de agua, acuífero o sistema hidrológico de referencia.

El espacio de datos permite conectar evidencias de campo, datos oficiales, modelos hidrológicos, certificados y operaciones de compra o retirada.

El mercado solo es creíble si evita doble cómputo, define adicionalidad, documenta incertidumbre y conserva evidencias auditables.

Es un caso adecuado para mostrar un escenario de madurez, no como primer piloto del espacio de datos.

Contexto y motivación

La compensación hídrica y los compromisos *water-positive* están ganando relevancia entre empresas con alto consumo directo o indirecto de agua. A diferencia de otros ámbitos ambientales, la compensación del agua tiene una naturaleza territorial muy

marcada: el valor ambiental depende de la cuenca, masa de agua, acuífero, estacionalidad y contexto de escasez.

El reto no es solo cuantificar un ahorro puntual. Una mejora de eficiencia en riego, una actuación de restauración, una recarga o un cambio de gestión debe poder relacionarse con un efecto verificable en el sistema hídrico. Medir menos consumo en una parcela no demuestra por sí solo que se haya recuperado agua disponible en la masa de agua de referencia.

Este caso va más allá de la compartición de datos. Introduce una capa económica y de confianza: los datos se convierten en evidencias, las evidencias en certificados y los certificados en activos transaccionables.

Actores y roles

Tabla 53. Actores y roles del caso 4: compensación hídrica verificada

Actor	Rol	Función en el caso
Agricultores, comunidades de regantes o gestores de proyectos	Productores de ahorro o reposición	Implementan actuaciones de eficiencia, restauración, recarga o reducción de consumo que pueden generar volumen certificable.
Plataforma IoT o agronómica	Proveedor de datos operativos	Registra riegos, consumos, sensores, datos agronómicos, evidencias de actuación y series de seguimiento.
Entidad científica independiente	Certificador científico	Valida metodología, modelos, trazabilidad, incertidumbre y relación entre actuación y efecto hídrico.
Entidad de gobernanza	Coordinador del ecosistema	Define reglas de participación, onboarding, gobernanza del mercado y relación entre actores.
Organismos públicos	Proveedor de datos y autoridad contextual	Aportan datos oficiales, contexto de cuenca y coherencia con planificación hidrológica.
Empresas con compromisos water-positive	Compradores de certificados	Adquieren y retiran certificados para justificar compromisos de compensación en la cuenca.
Auditores externos	Verificadores de proceso	Revisan evidencias, metodología, transacciones y ausencia de doble cómputo.

Datos implicados

Tabla 54. Datos implicados en el caso 4: compensación hídrica verificada

Dato	Productor	Frecuencia	Sensibilidad	Nivel	Uso
Ahorro de riego en parcela	Plataforma IoT / agricultor	Diario, campaña o evento	Media	Primario validado	Base de cálculo del volumen certificable.
Dotación, cultivo y práctica agronómica	Agricultor / plataforma	Campaña	Media	Contextual	Línea base, adicionalidad y comparabilidad.
Estado del acuífero o masa de agua	Red piezométrica, SAIH, DGA, CHE	Diario, semanal o mensual	Media	Oficial u observado	Validación hidrológica y contexto territorial.
Datos satelitales y climáticos	Copernicus, AEMET u otros	Semanal o diario	Baja-media	Observado o derivado	Evidencia complementaria de cultivo, humedad, evapotranspiración y sequía.
Modelo hidrológico	Entidad científica	Versionado	Alta	Modelo o derivado	Correlación actuación - masa de agua - periodo.
Certificado hídrico	Marketplace / certificador	Evento	Media	Activo verificable	Compra, transferencia, retirada, auditoría y reporte.
Registro de transacción y retirada	Marketplace	Evento	Media	Registro de mercado	Evitar doble cómputo y acreditar uso por comprador.

Forma de acceso y persistencia

El modelo debe combinar federación y persistencia fuerte de evidencias y certificados. Los datos primarios sensibles de parcela, empresa o actuación pueden mantenerse en origen o en repositorios con acceso controlado. Sin embargo, el registro de certificados, transacciones y retiradas debe ser persistente y auditable.

La unidad de transacción no es el dato bruto, sino el volumen verificado representado por un certificado. Por ello, debe poder reconstruirse la cadena de evidencias que sustenta cada certificado, aunque no todos los datos subyacentes sean públicos.

La información pública puede incluir volumen, cuenca, periodo, tipo de actuación, metodología y certificador, mientras que datos personales, comerciales o de parcela pueden quedar restringidos a certificadores y auditores autorizados.

Descripción funcional

Funcionalmente, el caso articula un mercado de compensación hídrica verificada. Un proyecto genera ahorro, reposición o mejora hídrica; una infraestructura de datos recoge evidencias; un modelo científico estima el efecto sobre la masa de agua; una entidad independiente certifica el volumen admisible; y el certificado se pone a disposición de compradores con compromisos hídricos.

El comprador no adquiere una declaración genérica, sino un activo respaldado por datos, metodología y trazabilidad. El productor del ahorro obtiene una vía de financiación adicional. La gobernanza del mercado evita que el mismo volumen sea vendido varias veces o que se certifiquen actuaciones sin impacto real.

Descripción lógica

El patrón lógico es un mercado gobernado. Los productores de actuaciones hídricas generan evidencias; el espacio de datos integra esas evidencias con datos oficiales y modelos; el certificador valida el volumen; el *marketplace* permite transacciones; y el comprador retira certificados para justificar compromisos.

La unidad lógica central es el certificado. Cada certificado debe estar vinculado a una actuación, una línea base, un periodo, una masa de agua, una metodología, un volumen, una incertidumbre y un estado de mercado. Emitir un certificado significa reconocer que existe un volumen verificable disponible; retirarlo significa asociarlo a un compromiso e impedir que vuelva a utilizarse.

Descripción técnica

La arquitectura técnica requiere cuatro capas: evidencias, modelización, certificación y mercado. La primera integra datos IoT, agronómicos, satelitales, hidrológicos y piezométricos. La segunda relaciona la actuación con la masa de agua. La tercera valida volumen, metodología e incertidumbre. La cuarta gestiona emisión, titularidad, transferencia, retirada y auditoría.

Los componentes mínimos son: catálogo de fuentes y proyectos, repositorio de evidencias, motor de modelos, módulo de certificación, registro de certificados, *marketplace*, sistema de identidad, motor de políticas y registro de auditoría.

Barreras, riesgos y mitigaciones

Tabla 55. Barreras, riesgos y mitigaciones del caso 4

Barrera o riesgo	Tratamiento propuesto	Limitación o cautela
Desconexión entre ahorro y masa de agua	Modelos hidrológicos que relacionen actuación, acuífero o masa superficial y periodo.	La relación puede tener incertidumbre y requiere validación científica.
Doble cómputo	Registro único de emisión, titularidad, transferencia y retirada.	Necesita reglas aceptadas por participantes y compradores.
Greenwashing	Metodología pública, certificación independiente y transparencia sobre incertidumbre.	La credibilidad depende de gobernanza y no solo de tecnología.
Datos sensibles de parcelas o empresas	Acceso por roles, agregación, minimización y evidencias auditables no necesariamente públicas.	Debe equilibrarse transparencia y confidencialidad.
Complejidad jurídica	Contratos, reglas de mercado, responsabilidades y procedimiento de disputas.	Puede requerir coordinación con autoridades de cuenca y normativa aplicable.

Indicadores de éxito y condiciones de viabilidad

Tabla 56. Indicadores de éxito del caso 4

Dimensión	Indicador posible
Ejecución	Número de proyectos incorporados, fuentes integradas y certificados emitidos.
Calidad	Porcentaje de certificados con evidencias completas, modelo versionado e incertidumbre documentada.
Mercado	Volumen certificado, vendido y retirado sin doble cómputo.
Confianza	Auditorías superadas, disputas resueltas y compradores recurrentes.
Impacto	Volumen de ahorro o reposición asociado a masa de agua y periodo concreto.

Decisiones previas que deben cerrarse

Tabla 57. Decisiones previas del caso 4

Decisión	Contenido a definir
Unidad de certificado	Volumen, periodo, cuenca, masa de agua, tipo de actuación e incertidumbre.
Criterios de elegibilidad	Qué actuaciones pueden generar certificados y cuáles quedan excluidas.
Metodología de línea base	Cómo se calcula el escenario sin actuación.
Gobernanza del mercado	Roles de coordinador, certificador, auditor, comprador y productor.
Reglas de publicación	Qué información del certificado es pública y cuál queda restringida.

Conclusión del caso

Este caso muestra el potencial más transformador del espacio de datos: convertir evidencias ambientales en certificados verificables y transaccionables. Su viabilidad depende de que la arquitectura técnica esté acompañada por metodología científica, gobernanza, reglas de mercado y auditoría independiente.

Con el apoyo de:

GRACIAS

Contacto

www.ecodes.org

+34 976 29 82 82

Plaza San Bruno, 9, 1º Oficinas, 50001 Zaragoza.