

JORNADA TÉCNICA SOBRE EL ESTADO DE IMPLANTACIÓN
DEL PLAN DE ACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Posibilidades estratégicas para la implantación de herramientas
de inteligencia artificial en la evaluación y seguimiento del estado
de las aguas subterráneas en España

Jorge Molinero

Director General, Amphos 21 Consulting SL



Antecedentes

AMPHOS²¹
an RSE company

Estudio de antecedentes
sobre el grado de
implantación de
herramientas de IA
Artificial en la
evaluación y seguimiento
del estado de las aguas subterráneas

Trabajo dentro del marco del proyecto
"Posibilidades estratégicas para la
implantación de herramientas de
inteligencia artificial en la evaluación y
seguimiento del estado de las aguas
subterráneas en España"

Ester Aguilera, Ersan Demirel,
Iraola, Jorge Molinero, Xabier
David Negro, Ester Vilanova

Fecha: 4 de diciembre de 2025

Versión 1

• 4068_IA_AGUAS_ANTEC

AMPHOS²¹
an RSE company

Informe sobre la
implementación de la
Inteligencia Artificial en la
evaluación y seguimiento
del estado de las aguas
subterráneas

Trabajo dentro del marco del proyecto
"Posibilidades estratégicas para la
implantación de herramientas de
inteligencia artificial en la evaluación y
seguimiento del estado de las aguas
subterráneas en España"

Albert Nardi, Aitor Iraola, Ester Vilanova, Jorge
Molinero

Fecha: 12 de febrero de 2025

Versión 1

• 4068_IA_PLAN_AGUAS_IP_v1 •

- ✓ **La IA está emergiendo como herramienta con potencial** para diversas aplicaciones hidrogeológicas y de gestión de recursos hídricos en general, como por ejemplo optimizar redes de monitorización, predecir niveles y calidad del agua, detectar anomalías, integrar datos de teledetección y emular modelos numéricos complejos
- ✓ El Ministerio para la Transición Ecológica, a través de la Subdirección General de Protección de las Aguas y Gestión de Riesgos, y en colaboración con Tragsatec encargó a Amphos 21 un **estudio sobre el grado de implantación y las posibilidades estratégicas de herramientas de IA** en la evaluación y seguimiento de aguas subterráneas.

Posibilidades estratégicas: Objetivo general

Definir líneas estratégicas para la implementación de herramientas de IA de cara a la mejora del conocimiento, seguimiento y gestión del estado cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas en España, considerando redes de control, normativa y capacidades institucionales

- ✓ Adaptación al contexto español
- ✓ Priorización de acciones
- ✓ Condiciones habilitantes y hoja de ruta



Marco de gestión y condicionamientos

- ✓ **Marco normativo y territorial complejo:** La gestión se enmarca en la DMA y la planificación por demarcaciones,
- ✓ **Redes de control desiguales:** Diferencias significativas entre cuencas en densidad, frecuencia y variables monitorizadas.
- ✓ **Limitaciones y fragmentación de datos:** Persisten desigualdades en disponibilidad, calidad y continuidad de la información, así como dificultades para integrar fuentes diversas en procesos sistemáticos de análisis y decisión.
- ✓ **Dependencia de enfoques metodológicos clásicos:** La evaluación se apoya en análisis estadísticos, interpretación experta y modelización numérica, herramientas sólidas pero exigentes en datos, tiempo y recursos.
- ✓ **Nuevos retos estructurales:** El cambio climático y la intensificación de presiones antrópicas incrementan la complejidad de la gestión y refuerzan la necesidad de sistemas más integrados, predictivos y adaptativos.

Enfoque estratégico

? ¿Qué se puede hacer?

Informe antecedentes



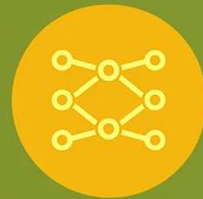
? ¿Cuál es nuestra realidad?

Marco de Gestión en España y condicionantes



Enfoque estratégico

Tipos de Inteligencia Artificial



Aprendizaje
Automático



Aprendizaje
Profundo

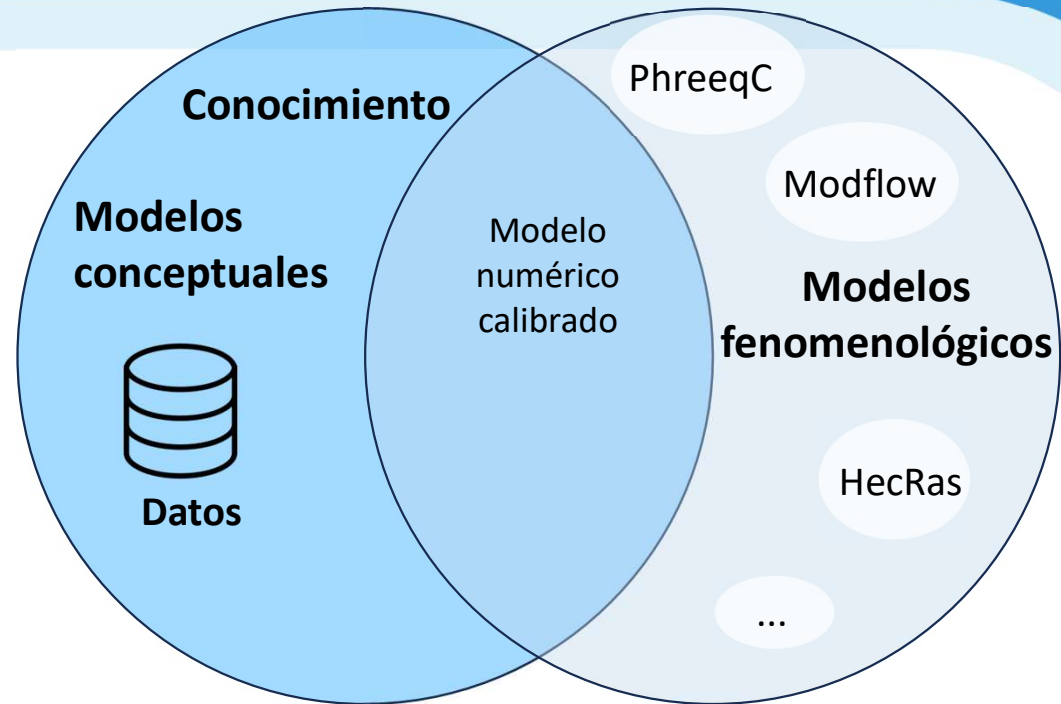


Procesamiento
de Lenguaje
Natural

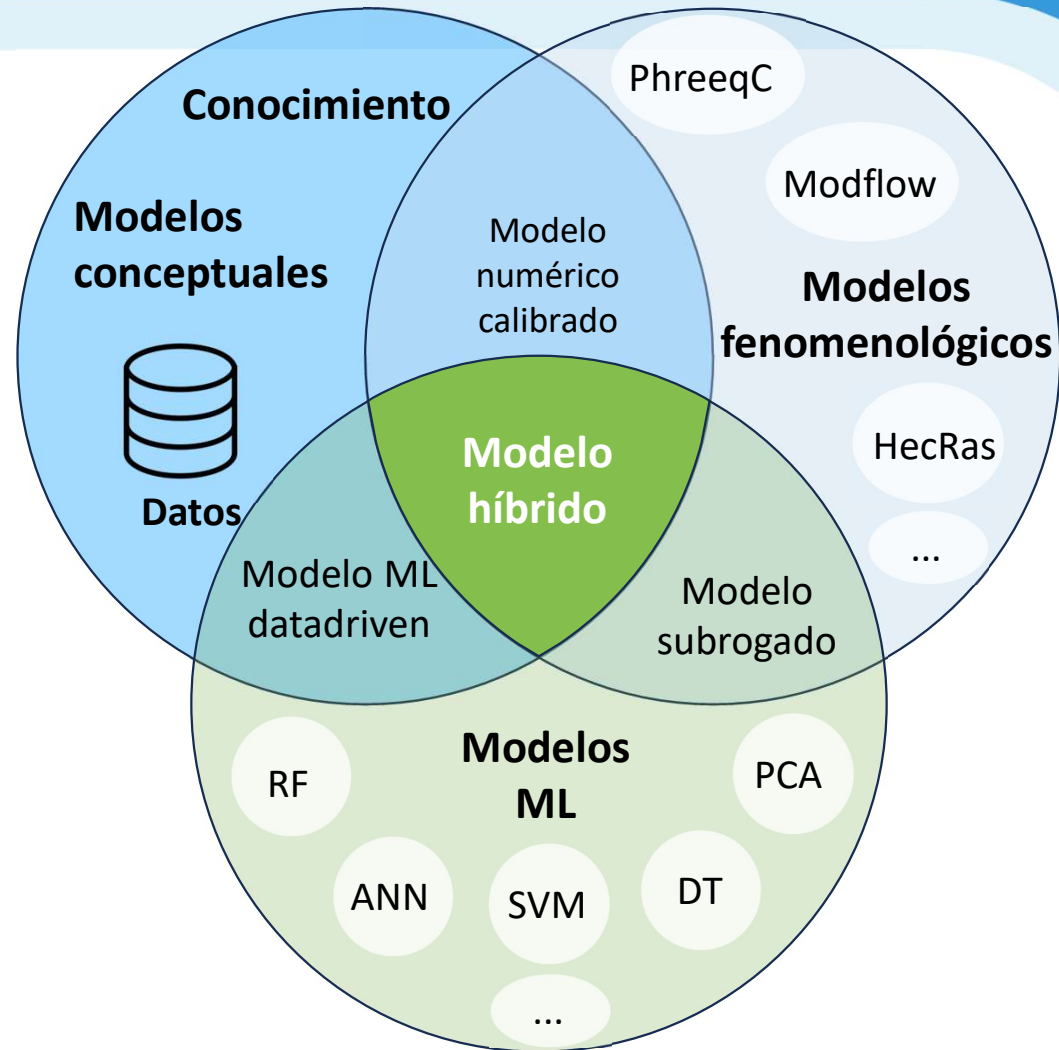


IA
Generativa

Enfoque estratégico



Enfoque estratégico



Ámbitos prioritarios de aplicación



Aprendizaje automático

LLMs

Evaluación del potencial de impacto

	Impacto	Madurez	Dependencia Datos	Escalabilidad/ Transferencia	Transparencia	Coste
Diagnóstico y optimización de las redes de seguimiento						
Clustering y clasificación de aguas / zonas / acuíferos	Medio	Alta	Media	Alta	Alta	Bajo
Identificar zonas infrarrepresentadas y comportamientos diferenciados	Alto	Alta	Media	Alta	Alta	Bajo
Apoyar procesos de revisión y racionalización de redes	Alto	Alta	Media	Media	Alta	Bajo
Identificación de puntos representativos a escala de masa de agua	Alto	Media	Alta	Baja	Media	Bajo
Predicción de niveles y evolución de la calidad del agua						
Predicción de niveles a corto plazo (Data Driven)	Medio	Alta	Alta	Baja	Media	Medio
Predicción de tendencias de niveles a escala interanual (Subrogados/Híbridos)	Alto	Media	Media	Baja	Media	Alto
Predicción de calidad a corto plazo (Data Driven)	Medio	Media	Alta	Baja	Media	Medio
Predicción de tendencias de calidades a escala interanual (Subrogados/Híbridos)	Alto	Baja	Media	Baja	Media	Alto
Detección temprana de anomalías y eventos críticos						
Errores de medida o de calibración	Alto	Alta	Media	Alta	Media	Bajo
Detección de anomalías de interés para la gestión	Alto	Media	Media	Alta	Media	Bajo
Integración y explotación de datos espaciales y de teledetección						
Generación de variables de interés satélite y datos de la red de control	Alto	Media	Media	Media	Media	Medio
Generación de mapas de vulnerabilidad con soporte IA	Medio	Media	Media	Media	Media	Medio
Apoyo a la interpretación técnica y a la gestión del conocimiento						
Uso de LLMs para facilitar la búsqueda, síntesis y contexto de info. técnica	Medio	Alta	Baja	Alta	Baja	Medio
Uso de LLMs para agilizar la tramitación de expedientes	Alto	Alta	Baja	Alta	Baja	Alto

Líneas estratégicas de inversión

Línea estratégica	Horizonte temporal	Complejidad organizativa	Impacto esperado	Tipo de actuación recomendada
L1 – Datos, digitalización y gobernanza del dato	Corto – Medio plazo	Alta	Muy alto (habilitante)	Actuaciones estructurales continuas
L2 – Aplicaciones operativas de IA para redes de seguimiento y control	Corto plazo	Media	Alto (resultados visibles rápidos)	Pilotos escalables + despliegue progresivo
L3 – Modelos subrogados y enfoques híbridos para simulación en tiempo cuasi-real	Medio – Largo plazo	Alta	Alto (estratégico)	Proyectos estratégicos coordinados
L4 – Integración de grandes bases de datos espaciales y de teledetección	Medio plazo	Media	Medio – Alto	Proyectos piloto y plataformas comunes
L5- Inversión en agentes de IA que ayuden a agilizar procedimientos administrativos y concesiones de explotación.	Medio – Largo plazo	Alta	Alto (eficiencia)	Proyectos estratégicos coordinados
L6 – Capacidades técnicas y gestión del conocimiento	Transversal (continuo)	Media	Alto (sostenibilidad)	Programas de formación y apoyo continuado

Aspectos Transversales

- ✓ **Gobernanza del dato, interoperabilidad y estándares:** Definir propiedad, responsabilidades, trazabilidad y ciclos de vida de los datos; avanzar en estándares comunes, metadatos e interoperabilidad para garantizar información consistente y auditable.
- ✓ **Transparencia, explicabilidad y aceptación regulatoria:** Priorizar modelos interpretables y documentados que apoyen el criterio técnico, facilitando su validación, auditoría e integración en procesos.
- ✓ **Gestión de la incertidumbre y comunicación / transparencia:** Incorporar explícitamente rangos de confianza y fuentes de error en los resultados.
- ✓ **Riesgos tecnológicos, organizativos y de dependencia:** Anticipar obsolescencia, ciberseguridad, fragmentación interna y dependencia de proveedores, apostando por soluciones modulares, estándares abiertos y desarrollo de capacidades propias.
- ✓ **Formación y cambio cultural:** Impulsar competencias en datos e IA, fortalecer la colaboración entre perfiles técnicos y de gestión, y promover una cultura organizativa que integre de forma sostenible el uso de modelos avanzados.

Recomendaciones estratégicas (I)

- ✓ **Adoptar un enfoque progresivo y orientado a la gestión:** Implantar la IA de forma gradual, priorizando aplicaciones maduras y de impacto inmediato que refuercen el análisis experto sin sustituir la decisión técnica o regulatoria.
- ✓ **Priorizar datos y gobernanza del dato:** Invertir en calidad, continuidad, interoperabilidad y marcos sólidos de gobernanza como condición estructural y habilitante para cualquier estrategia de IA.
- ✓ **Focalizar primeras aplicaciones en casos de alto impacto:** Comenzar por diagnóstico y optimización de redes, detección de anomalías y predicción a corto plazo de niveles piezométricos, por su madurez y escalabilidad.

Recomendaciones estratégicas (II)

- ✓ **Impulsar proyectos piloto en ámbitos de madurez intermedia:** Desarrollar demostradores en predicción de calidad, integración de teledetección y modelos híbridos o subrogados, con criterios claros de evaluación y escalado.
- ✓ **Garantizar transparencia y gestión de la incertidumbre:** Asegurar explicabilidad, auditabilidad y comunicación adecuada de límites y rangos de confianza, especialmente en aplicaciones con implicaciones regulatorias.
- ✓ **Reforzar capacidades internas y reducir dependencias:** Invertir en formación, comunidades de práctica y estándares abiertos para asegurar autonomía técnica, resiliencia institucional y adaptación futura.

Recomendaciones estratégicas (II)

Muchas gracias por su atención



AMPHOS²¹
an **RSK** company

ESPAÑA

C. Pujades, 326, 340, 4ª planta
08019 Barcelona
Tel.: +34 93 583 05 00

Paseo de la Castellana 40, 8ª Planta
28046 Madrid
Tel.: +34 620634729

CHILE

Avda. Nueva Tajamar, 481
WTC – Torre Sur – Of 1005
Las Condes, Santiago
Tel.: +562 2 7991630

PERÚ

Av. Primavera 785, Int. 201,
Urb. Chacarilla - San Borja
Lima 41
Tel.: +51 1 592 1275

www.amphos21.com