

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

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Inteligencia artificial para apoyo, predicción y emulación en
modelación hidrogeológica

Vanessa A. Godoy

Investigadora Doctora, Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
Universitat Politècnica de València



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

SECRETARÍA DE ESTADO
DE MEDIO AMBIENTE
DIRECCIÓN GENERAL
DEL AGUA



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



PAAS
Plan de acción
de aguas subterráneas

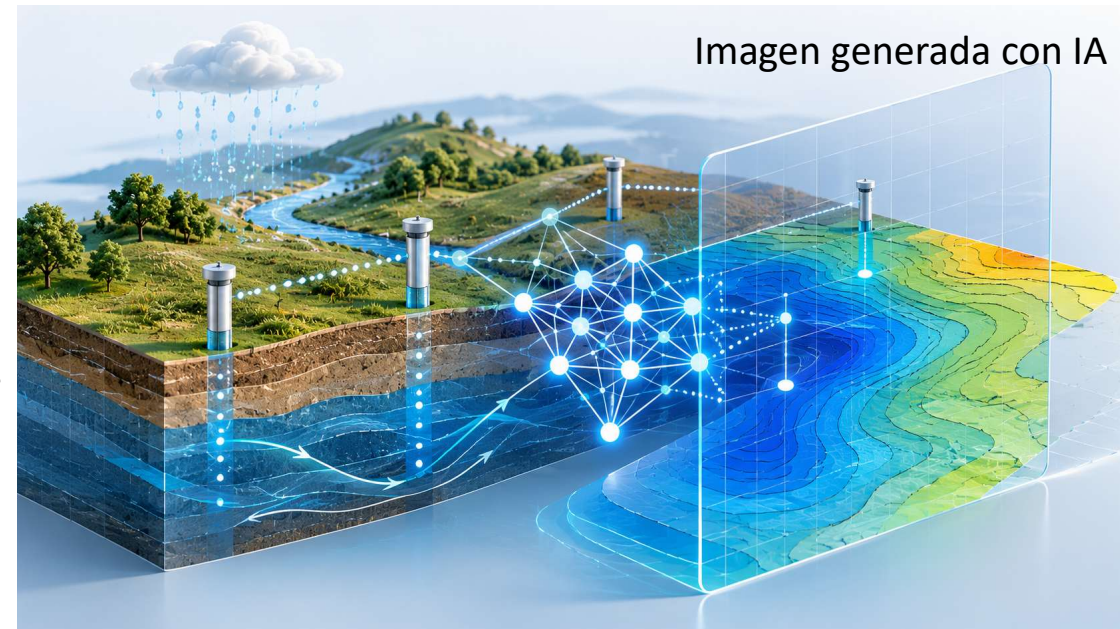
OURMED
OUR NATURE OUR FUTURE



¿Por qué hablar de IA en hidrogeología?

Porque trabajamos con:

- Datos incompletos
- Sistemas complejos y heterogéneos
- Alta incertidumbre
- Modelos computacionalmente costosos
- Necesidad de evaluar múltiples escenarios
- Procesos difíciles de comunicar



¿Cómo puede ayudar la IA?

Etapa	Aplicaciones de IA
Recopilación de datos	Completar y analizar series de datos
Modelo conceptual	Estimar propiedades y reducir incertidumbre
Simulación	Emular o acelerar simulaciones
Resultados/Gestión	Comunicar resultados y apoyar decisiones

Aplicaciones de la IA

Ejemplo 1: Tratamiento de datos

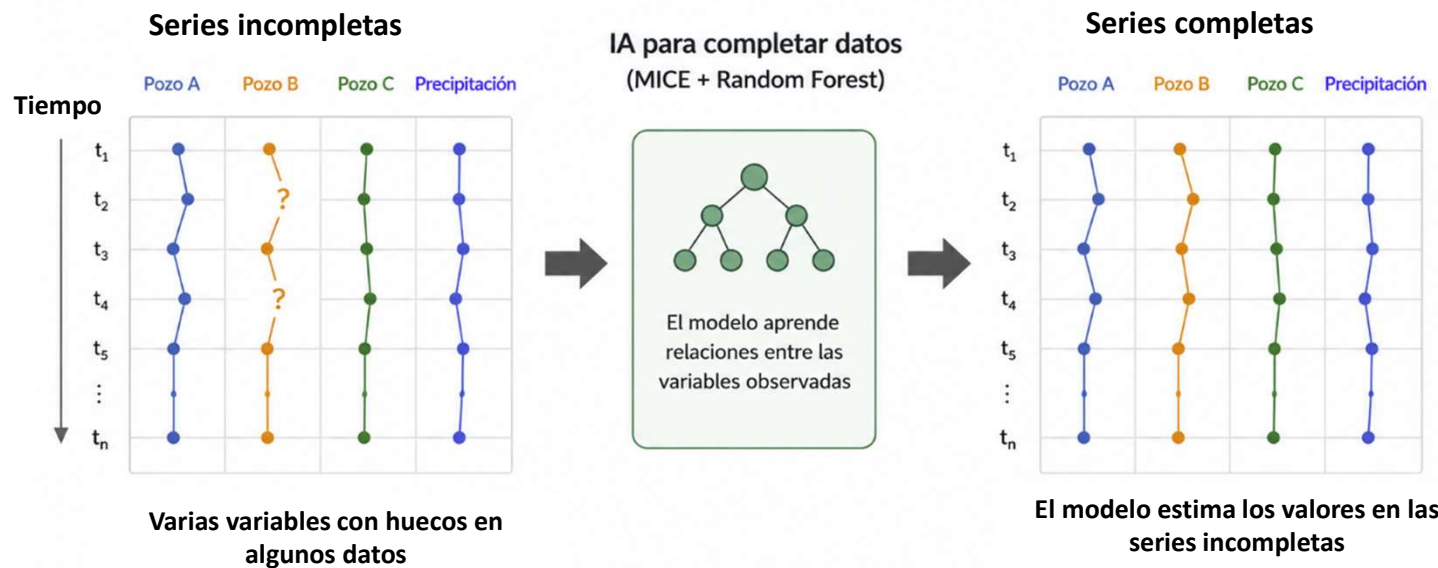
[Pumping strategies in data-sparse environments: Insights from the Eastern Mancha System, Spain - ScienceDirect](#)



IA para apoyo al tratamiento de datos

Imputación iterativa utilizando Random Forest

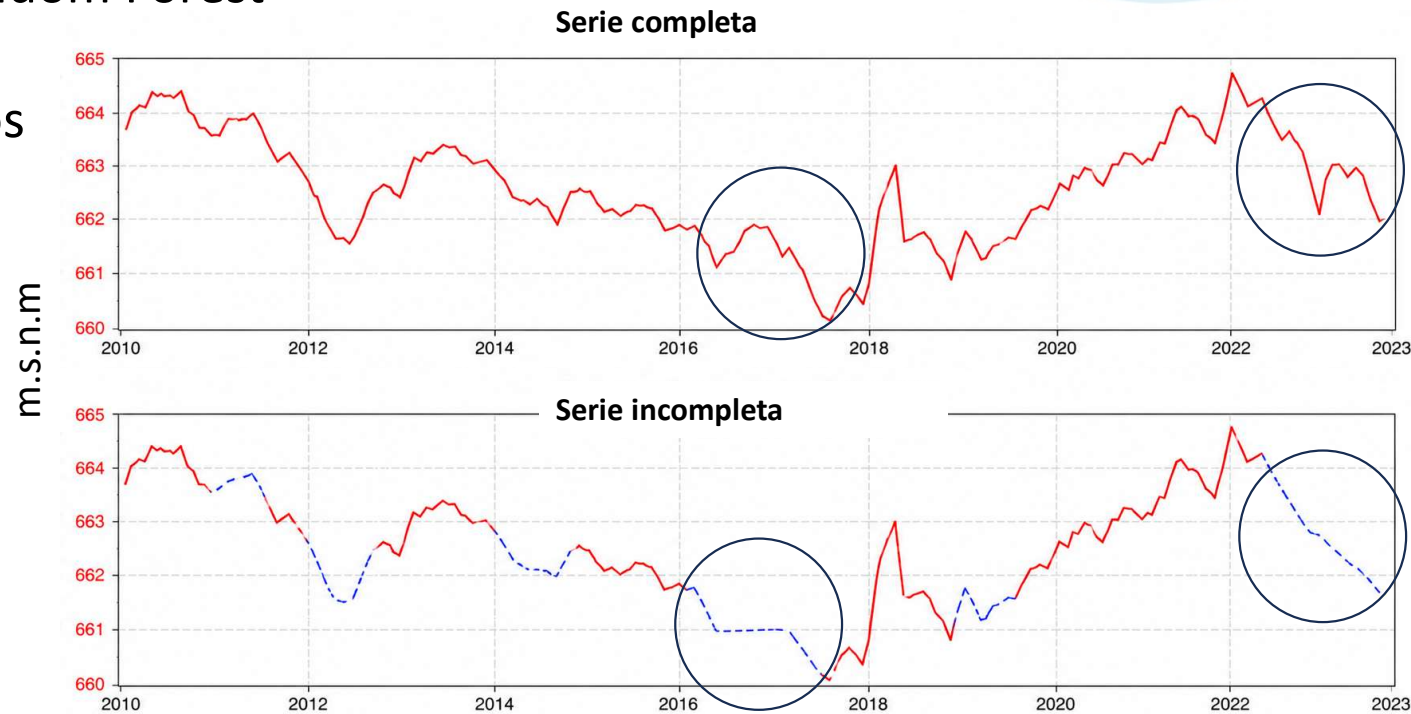
- El algoritmo aprende relaciones entre diferentes variables observadas y utiliza esta información para estimar datos faltantes de forma iterativa



IA para apoyo al tratamiento de datos

Imputación iterativa utilizando Random Forest

- Completar series de piezómetros
- Precipitación
- Temperatura
- Apoyo a modelos climáticos



IA para apoyo al tratamiento de datos

- Puede introducir incertidumbre si existen pocos datos observados
- No siempre la IA va a ser “mejor” que métodos estadísticos más clásicos y robustos
- La IA es una herramienta más, no una solución mágica.

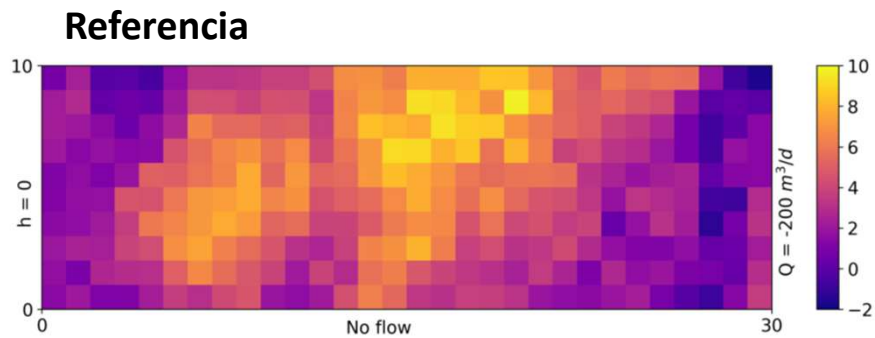
Aplicaciones de la IA

Ejemplo 2: Estimación de parámetros

[Ensemble random forest filter: An alternative to the ensemble Kalman filter for inverse modeling - ScienceDirect](#)

IA para la estimación de parámetros

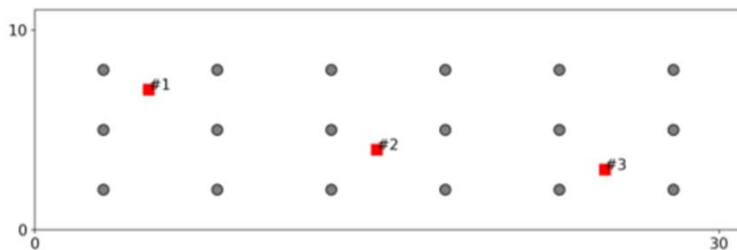
Aquí el objetivo no es reemplazar el modelo físico, sino ayudarnos a reducir incertidumbre.



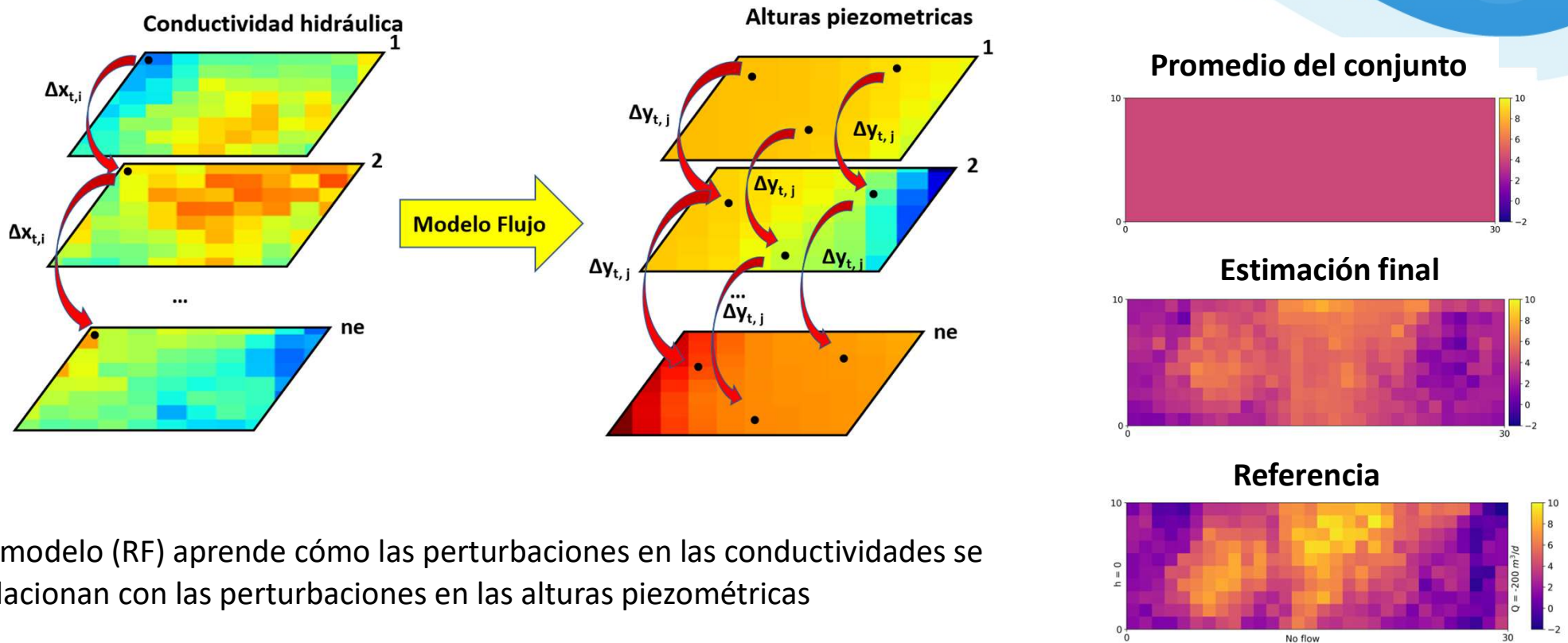
Promedio del conjunto de posibilidades



Puntos monitoreo



IA para la estimación de parámetros



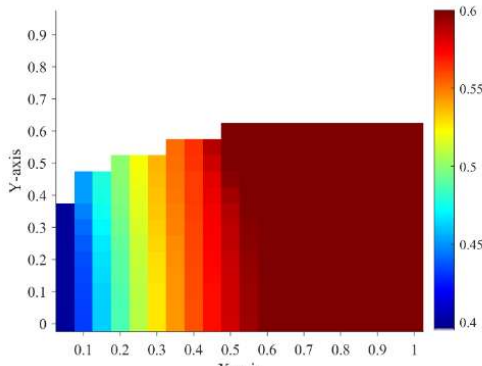
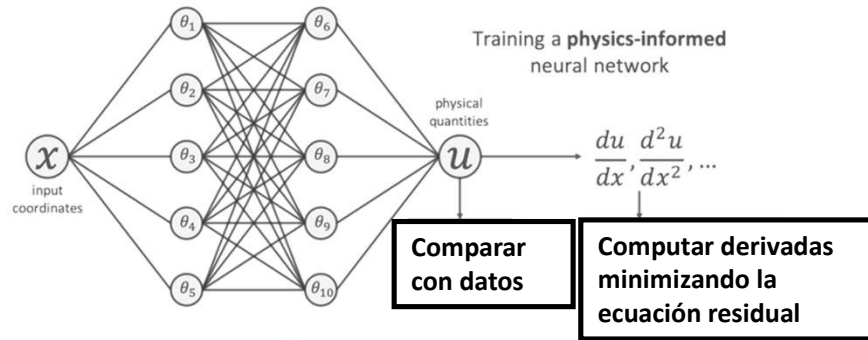
Aplicaciones de la IA

Ejemplo 3: IA como motor de cálculo

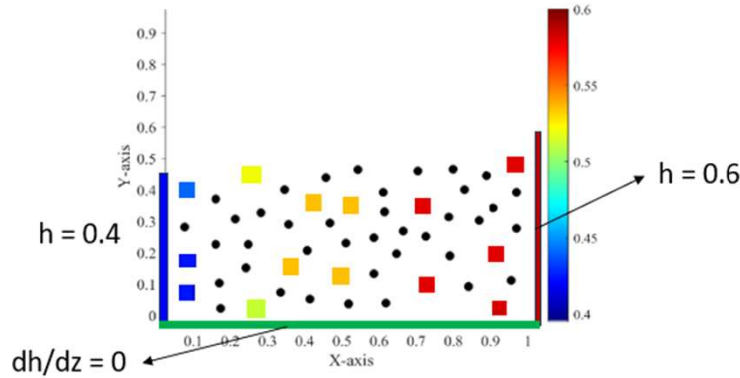
[Physics-Informed Neural Networks for solving transient unconfined groundwater flow - ScienceDirect](#)

Redes Neuronales Informadas por la Física

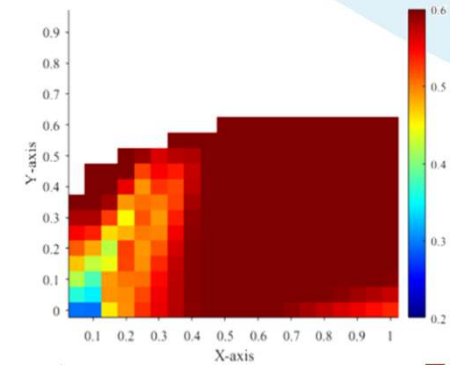
x, z, t



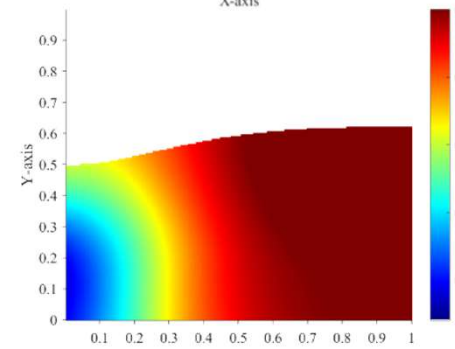
Predicción de alturas piezométricas en sesión vertical – Ac. Libre - MODFLOW



Puntos entrenamiento (Imposición de la Física + Monitoreo)



Predicción con RN



Predicción con RNIF

Aplicaciones de la IA

Ejemplo 4: Modelos de reemplazo

[Innovative and Accessible Tool to Support Groundwater Management in the Requena-Utiel and Cabrillas-Malacara Aquifers in Spain](#)

IA como modelo de reemplazo

Los modelos hidrogeológicos completos son muy potentes... pero también complejos, lentos....

¿Cómo desarrollar modelos rápidos y fáciles de utilizar para gestores y usuarios?

Plataforma web DSS basada en modelos subrogados



IA como modelo de reemplazo

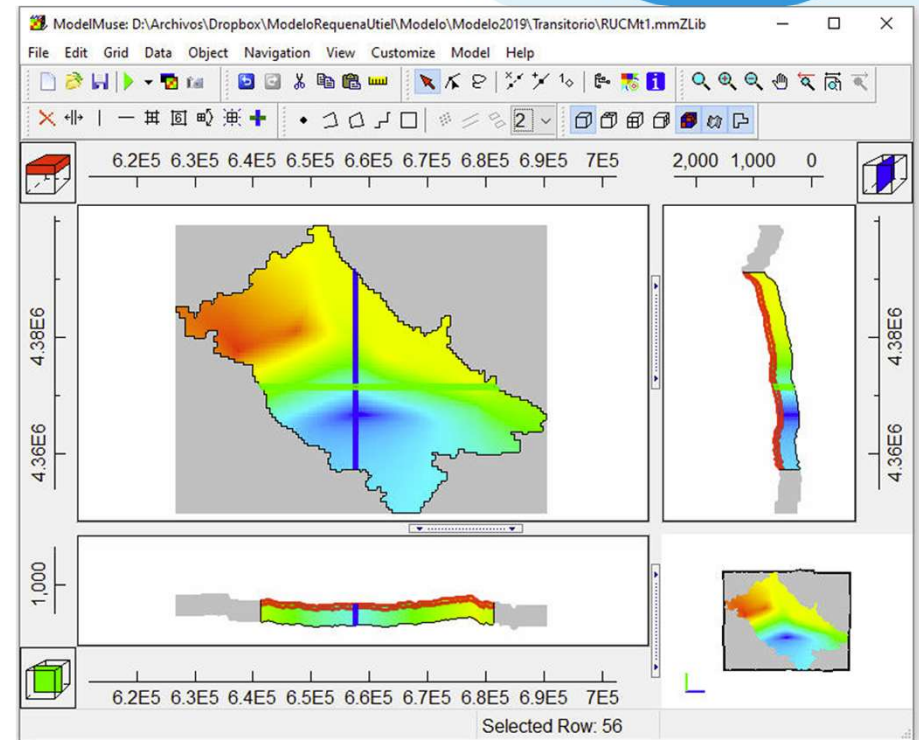
Modelo Requena-Utiel Cabrillas-Malacara:

Parámetros hidrogeológicos (K, Ss, porosidad, recarga)

Condiciones de contorno y geometría del acuífero

Datos climáticos y de explotación (precipitación, bombes, recarga)

Observaciones para calibración y validación del modelo



IA como modelo de reemplazo

Generar banco de datos para el entrenamiento

100 escenarios combinando:

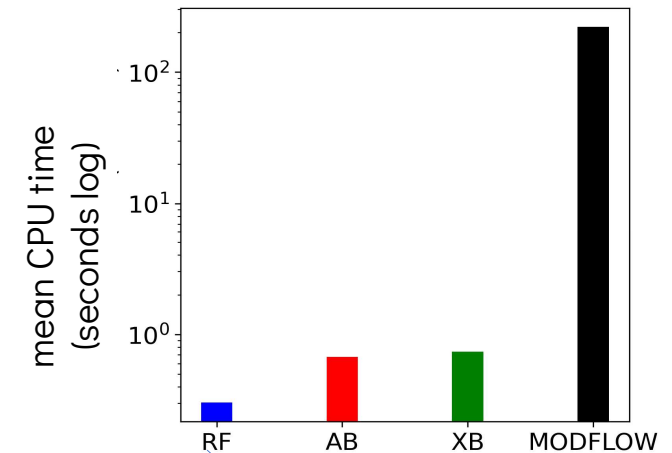
Tasa de bombeo

Recarga (modelos climáticos)

100 modelos MODFLOW (uno por escenario)

Simulación: 2022–2052, pasos mensuales

Todos los demás parámetros se mantuvieron constantes



557 veces más rápido
que MODFLOW!

IA como modelo de reemplazo

[InTheMED Project - DSS Tutorial with Spanish Subtitles](#)

Cluster Analysis

Scenario 1:

Month (1-12):

Year (2016-2052):

Recharge (0.7-1.3):

Pumping (0.75-1.25):

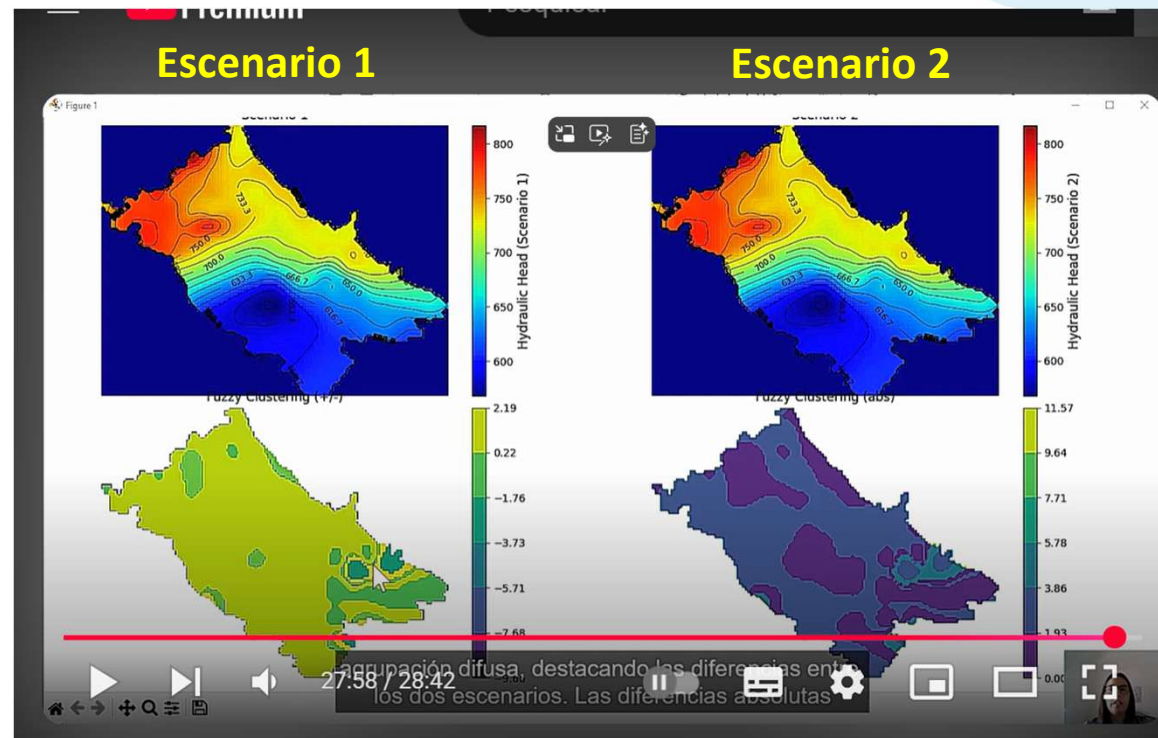
Scenario 2:

Month (1-12):

Year (2016-2052):

Recharge (0.7-1.3):

Pumping (0.75-1.25):



IA e hidrogeología: oportunidades y desafíos

Reflexiones finales

IA e hidrogeología: oportunidades y desafíos

La IA no sustituye la modelización hidrogeológica.

La hace más rápida, accesible e interactiva.

La física, los datos y el conocimiento experto siguen siendo fundamentales.

Como cualquier modelo, la IA debe utilizarse comprendiendo sus fortalezas y limitaciones.

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

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Inteligencia artificial para apoyo, predicción y emulación en
modelación hidrogeológica

Vanessa A. Godoy

Investigadora Doctora, Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente
Universitat Politècnica de València

Este trabajo fue apoyado por el proyecto OurMED del programa PRIMA, financiado por el programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea bajo el acuerdo de subvención nº 2222.

