

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

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y AGUAS SUBTERRÁNEAS

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la
modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

Antonio Collados

Científico Titular, IGME-CSIC



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

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS

1.1 Redes neuronales artificiales



A parsimonious methodological framework for short-term forecasting of groundwater levels



A.J. Collados-Lara^{a,*}, D. Pulido-Velazquez^b, L.G.B. Ruiz^c, M.C. Pegalajar^d, E. Pardo-Igúzquiza^e, L. Baena-Ruiz^b

1.2 Modelización híbrida



EGU26-19011
EGU General Assembly 2026
© Author(s) 2026. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



A Hybrid Physically Based-AI Framework for Improving Groundwater Level Simulations

Antonio-Juan Collados-Lara¹, David Pulido-Velazquez¹, Leticia Baena-Ruiz¹, and Miguel Mejías²
¹Department Water and Global Change Research, Spanish Geological Survey (IGME-CSIC), Granada 18006, Spain (aj.collados@igme.es)
²Department Water and Global Change Research, Spanish Geological Survey (IGME-CSIC), Madrid 28003, Spain

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES

2.1 Redes neuronales artificiales



EGU24-14793, updated on 03 May 2024
<https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-14793>
EGU General Assembly 2024
© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 License.



Modelling inundated area in wetlands combining satellite and hydrological data: A comparison of classical methods and machine learning algorithms

Antonio-Juan Collados-Lara¹, Héctor Aguilera², **David Pulido-Velazquez²**, Eulogio Pardo-Igúzquiza³, Leticia Baena-Ruiz², Juan de Dios Gómez-Gómez², Miguel Mejías², and Juan Grima²

2.2 Gradient Boosting

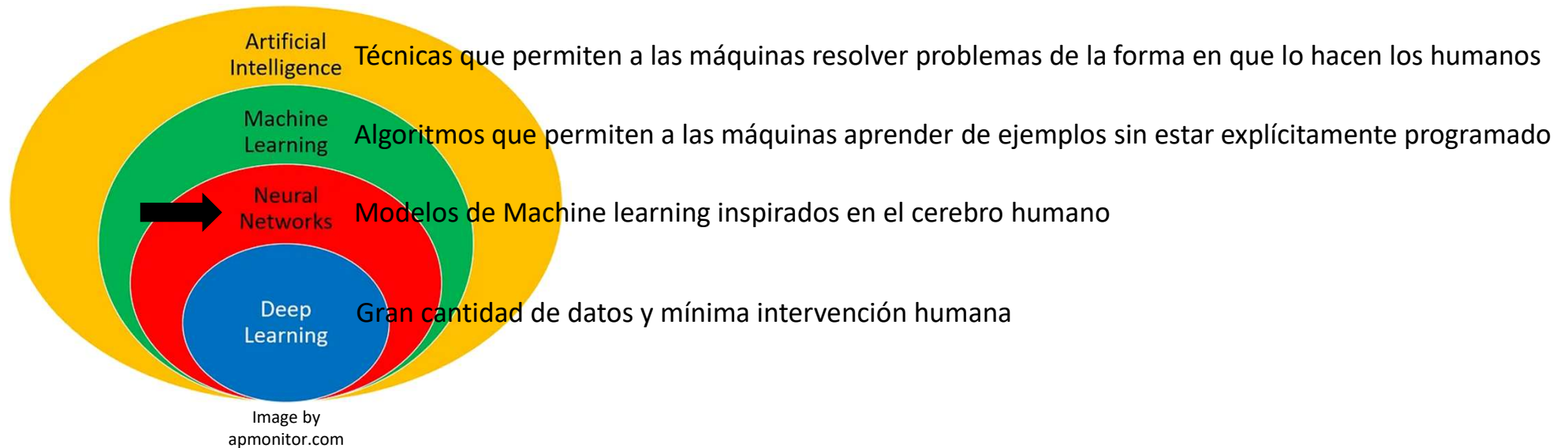


Arturo León
David Pulido
Antonio Collados

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.1 Redes neuronales artificiales

Predicen automáticamente el siguiente componente de una serie temporal (o secuencia) a partir de las entradas anteriores de la serie temporal (o secuencia).



Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

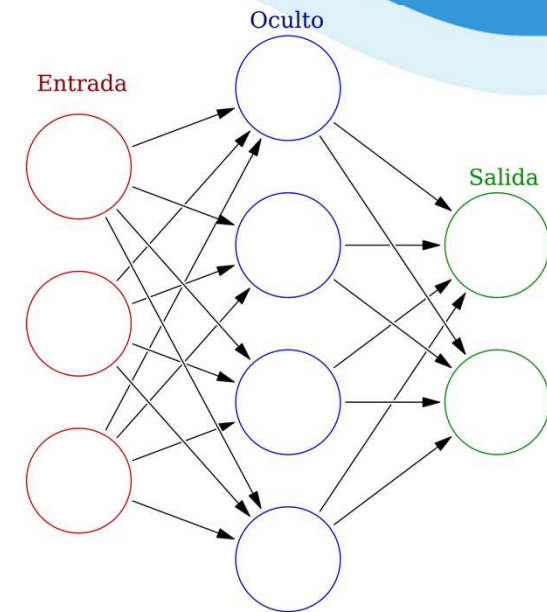
1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.1 Redes neuronales artificiales **CON VARIABLE EXÓGENA**

Tres tipos de capas:

- Entrada
- Ocultas
- Salida.

Variable explicativa 1 →

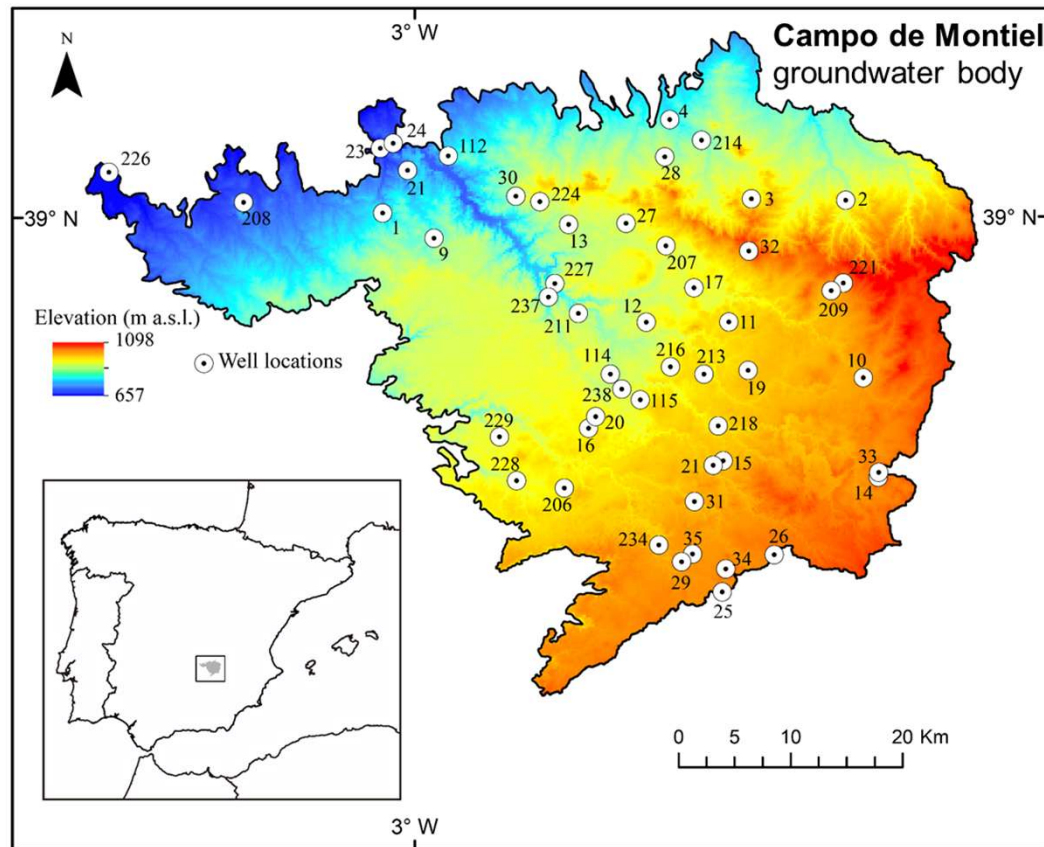
Variable explicativa 2 →



Formadas por neuronas y las capas están interconectadas por pesos.

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.1 Redes neuronales artificiales

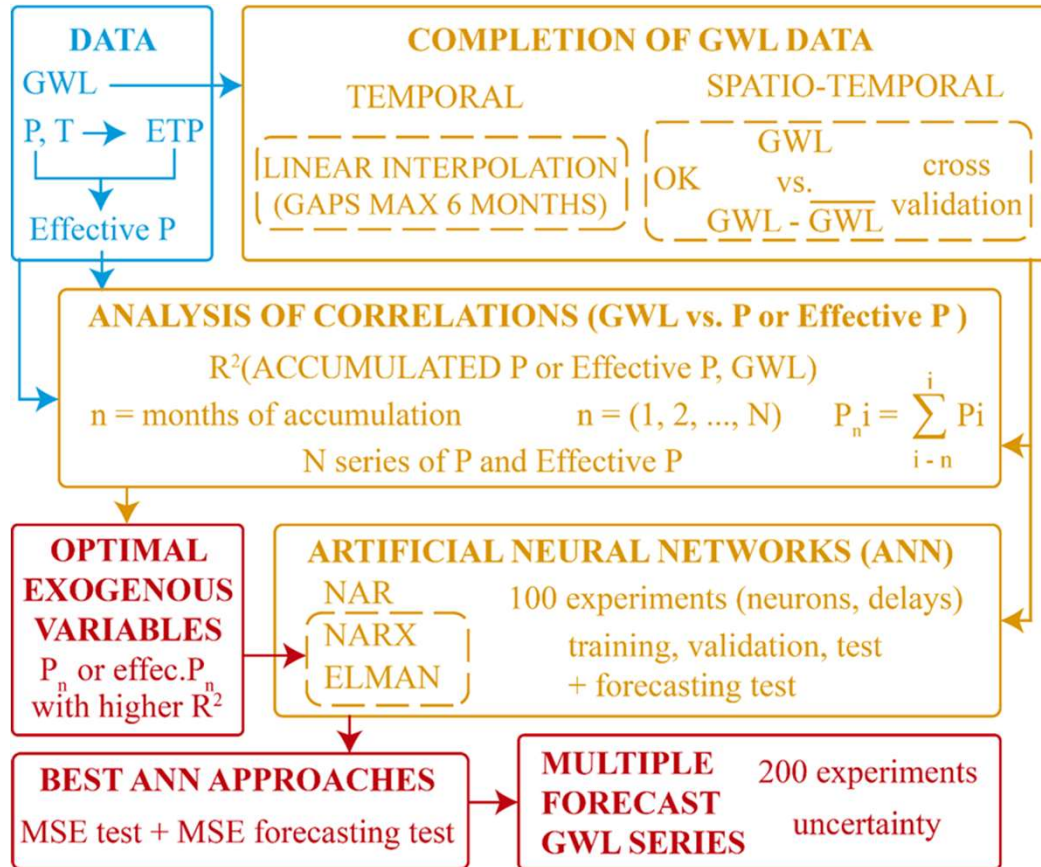


Área con conflicto entre conservación de ecosistemas y el bombeo para agricultura

- Formaciones: calizas y dolomías
- Acuífero libre
- Superficie $\approx 2200 \text{ km}^2$
- T media = $14.2 \text{ }^\circ\text{C}$
- P media = 503 mm/año
- Pef media = 331 mm/año

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.1 Redes neuronales artificiales



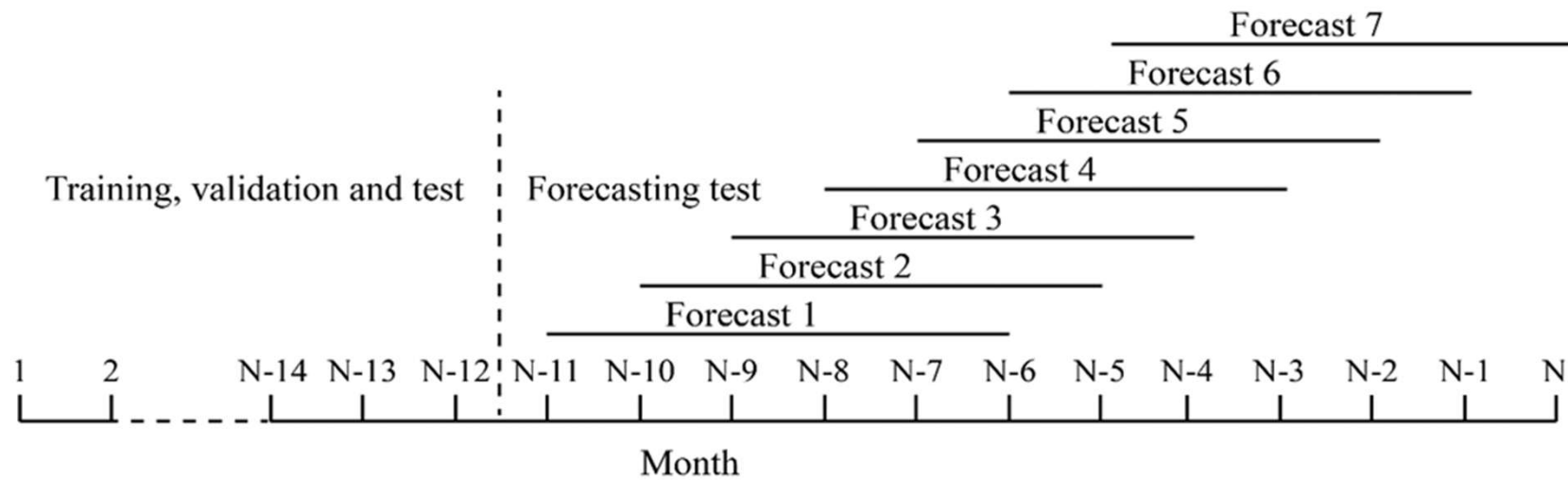
→ Procedimiento geoestadístico óptimo

→ Tiempo de respuesta al forzamiento meteorológico

→ Incluye un test de predicción

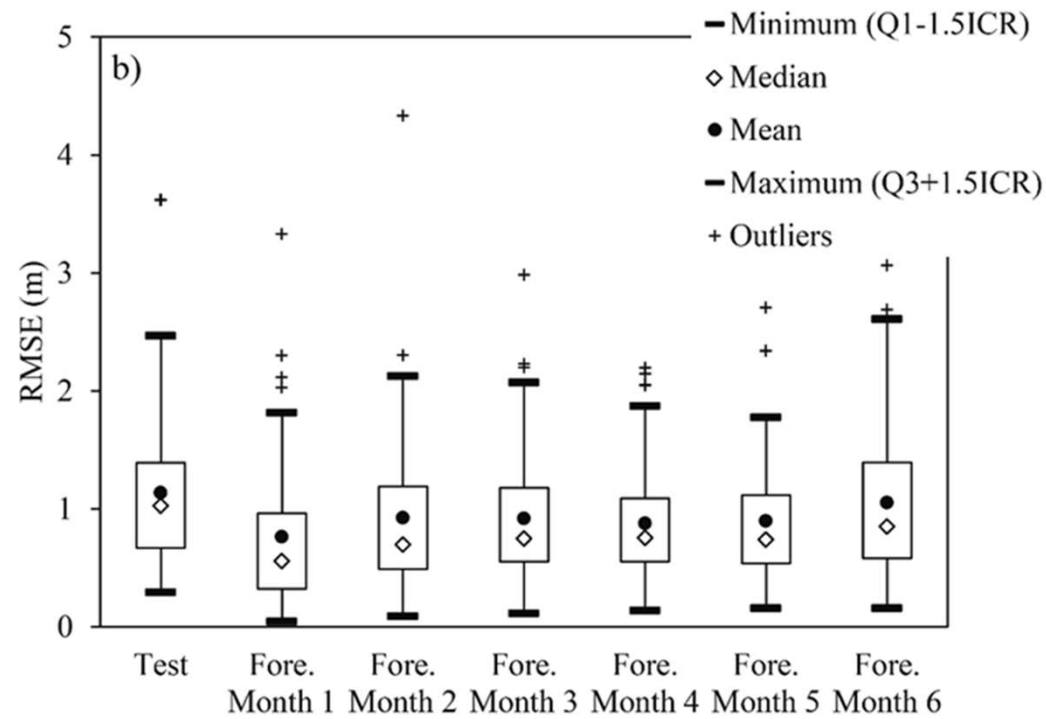
Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.1 Redes neuronales artificiales



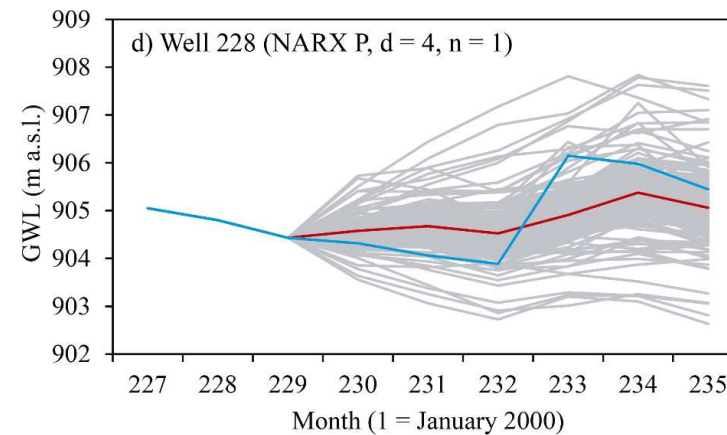
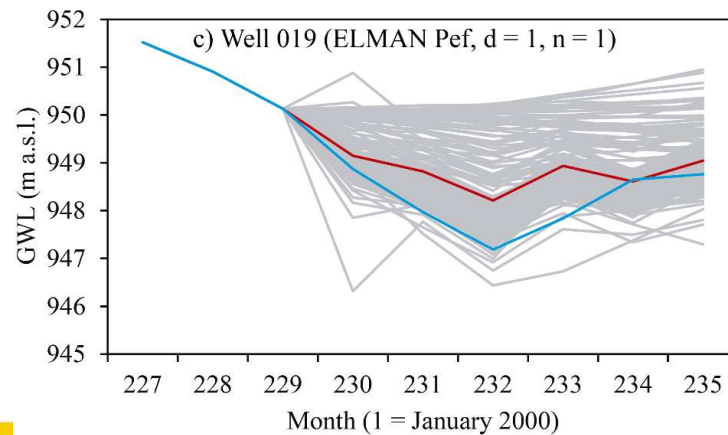
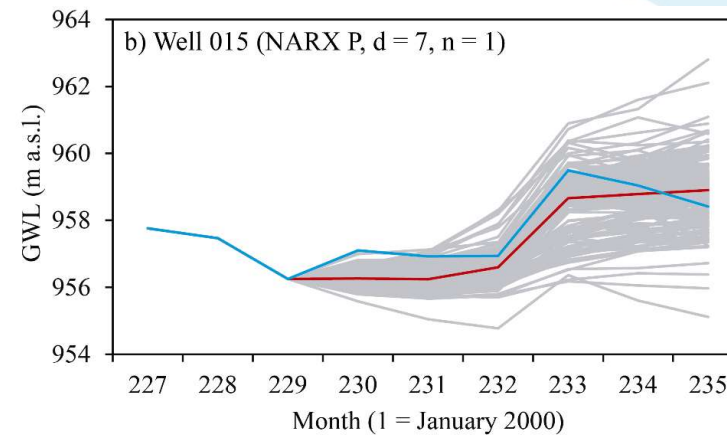
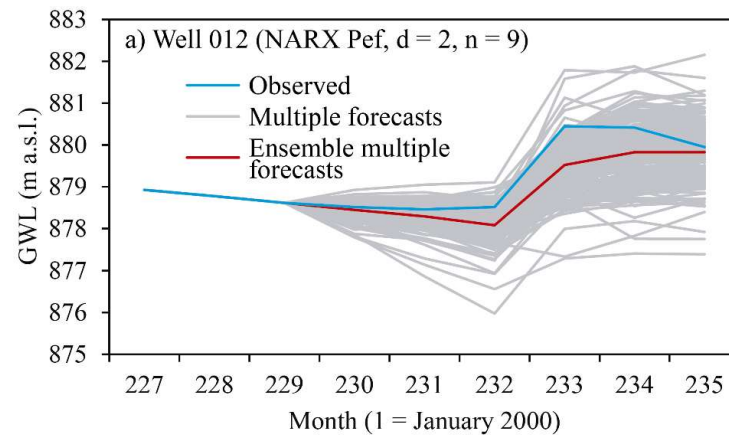
Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.1 Redes neuronales artificiales



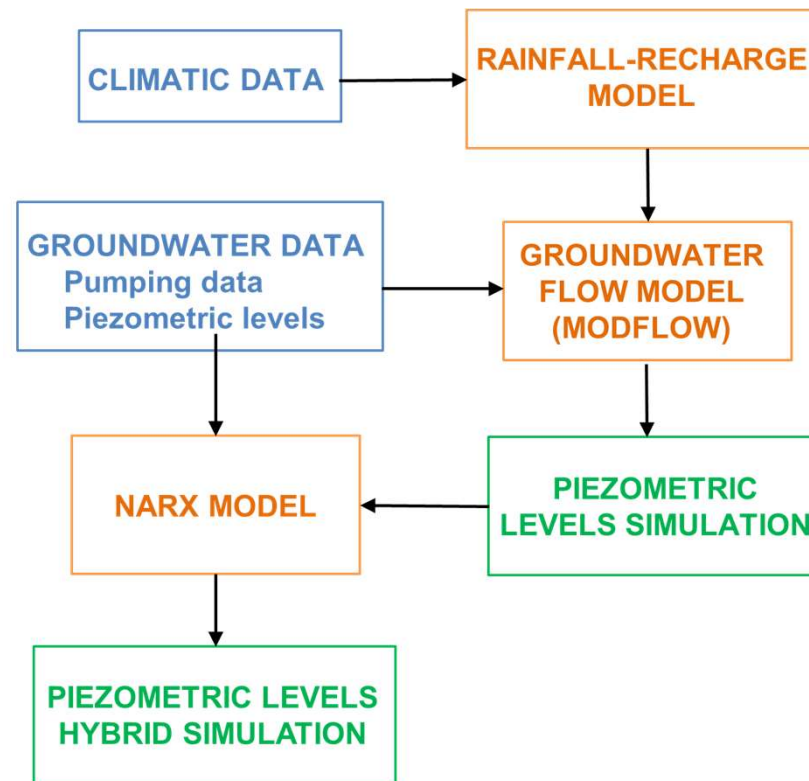
Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.1 Redes neuronales artificiales



Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.2 Modelización híbrida

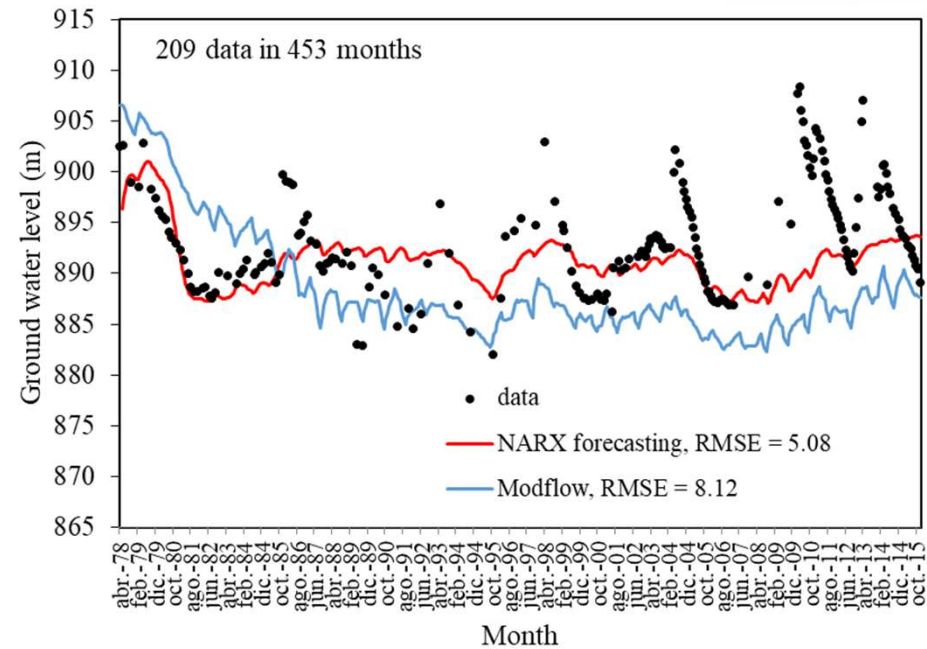
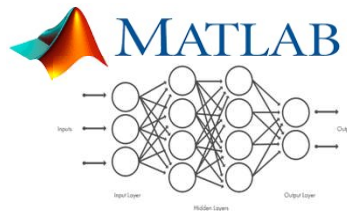


Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

1. NIVELES PIEZOMÉTRICOS 1.2 Modelización híbrida

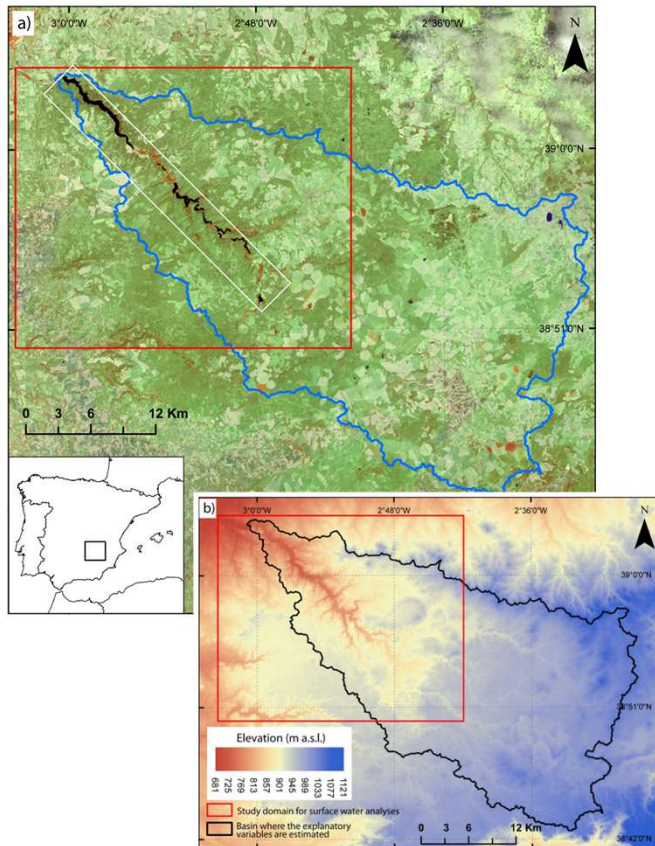
Visual MODFLOW
Waterloo
HYDROGEOLOGIC

+



Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.1 Redes neuronales artificiales



Lagunas de Ruidera

Área inundada: Landsat 5, 7 y 8 (1984-2015)

Variables explicativas:

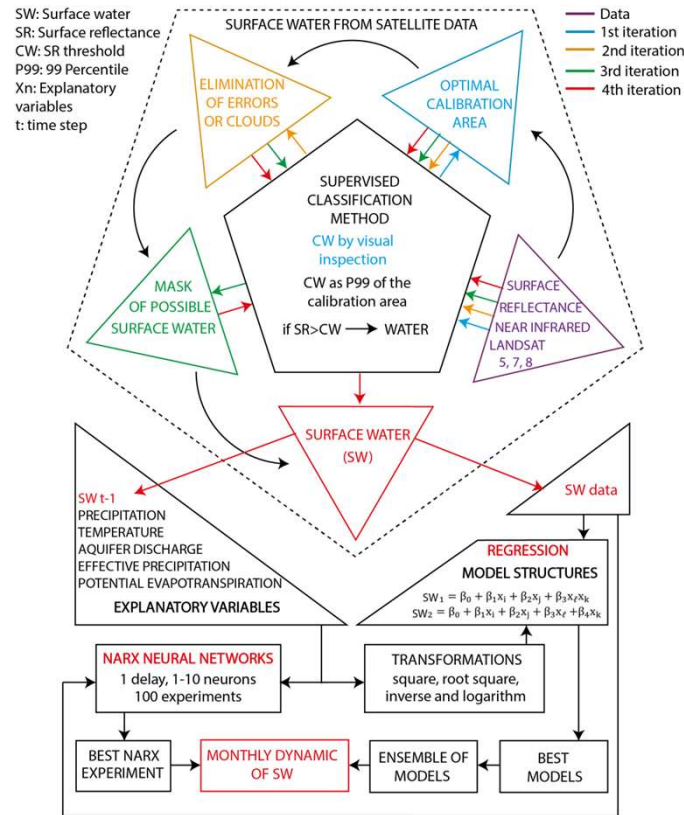
P y T (media, max, y min) → Spain02 (AEMET)

ETP y Pef → Método de Hargreaves

Descarga acuífero → Modelo diferencias finitas AS

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.1 Redes neuronales artificiales



→ Obtención de área inundada (con huecos)

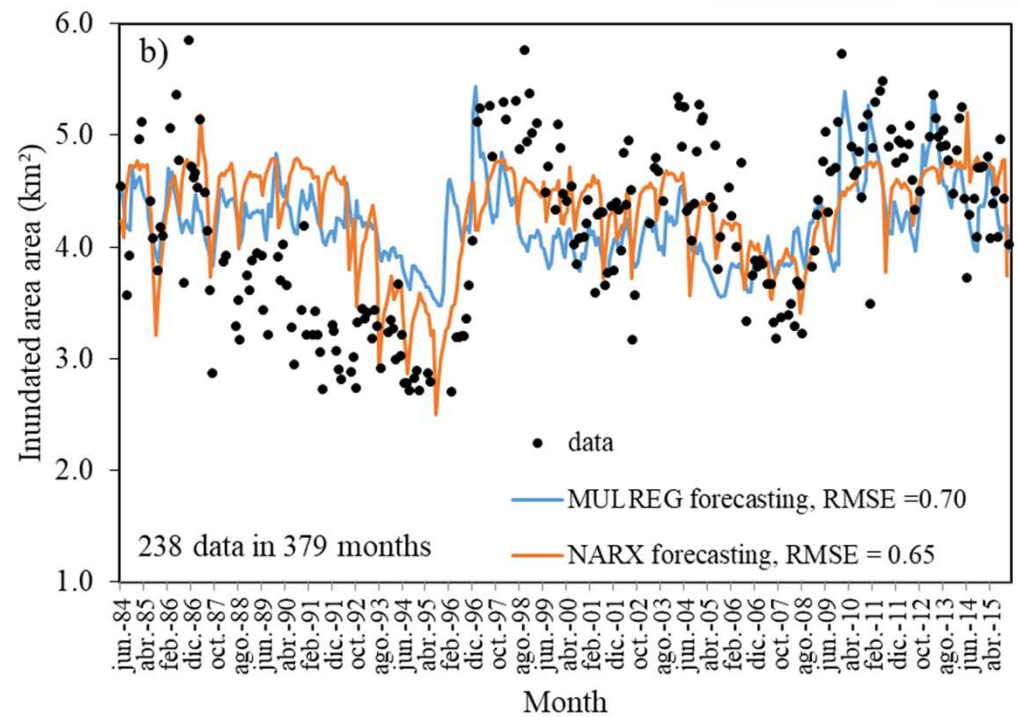
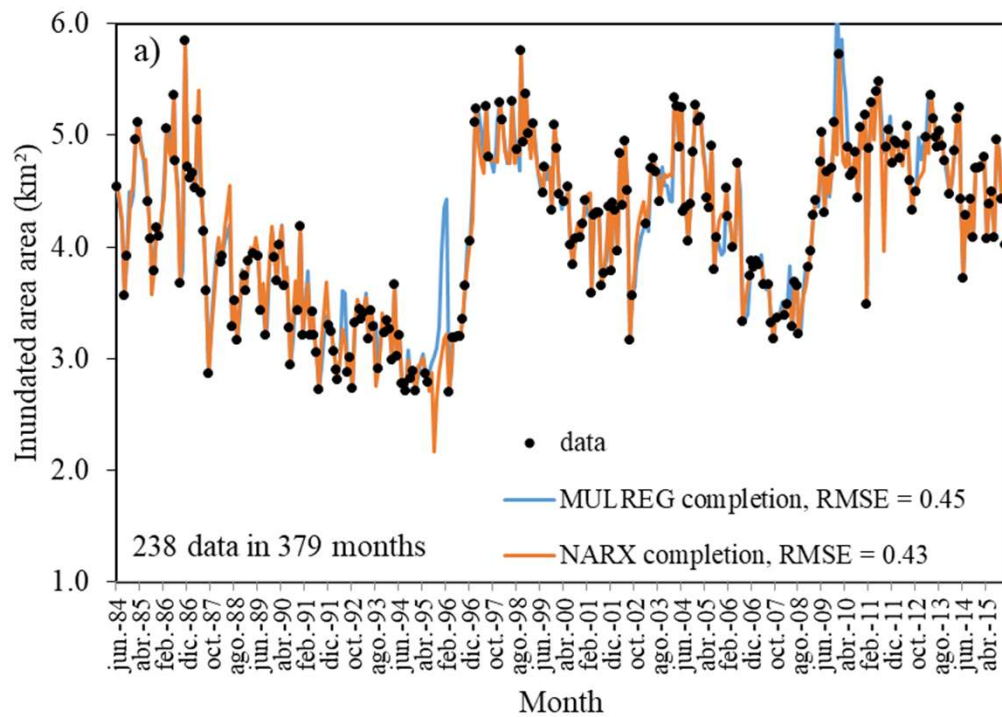
← Variables explicativas

→ Modelos de regresión múltiple

← RNA

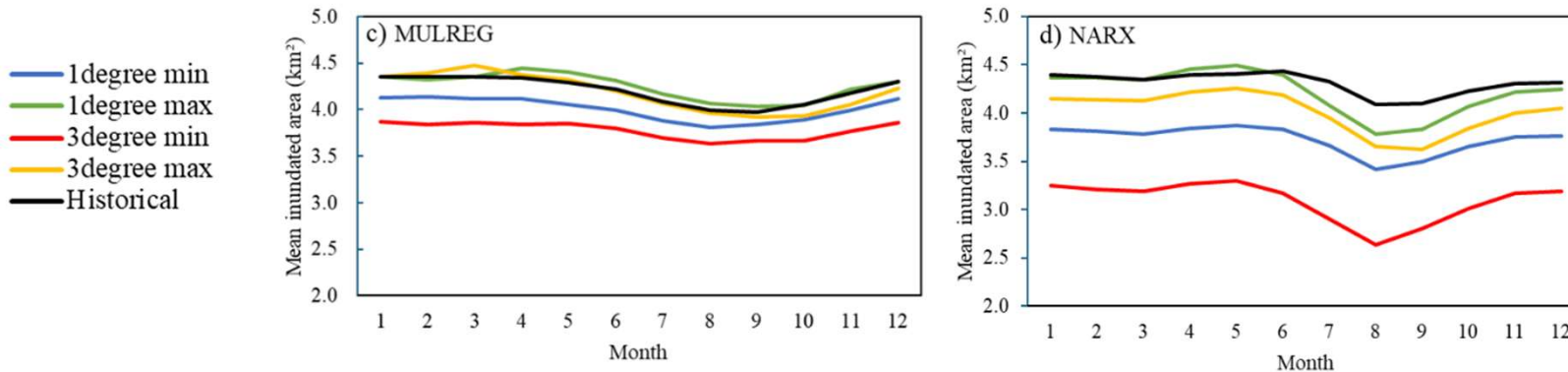
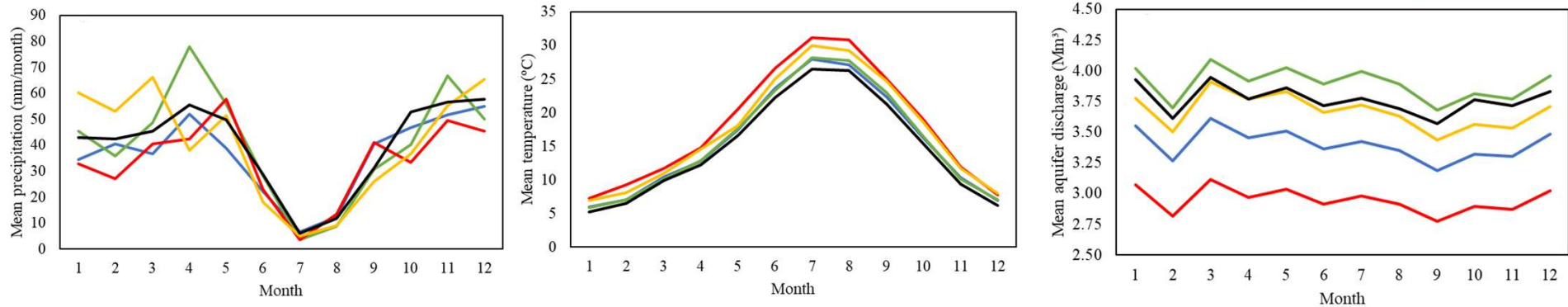
Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.1 Redes neuronales artificiales



Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.1 Redes neuronales artificiales



Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

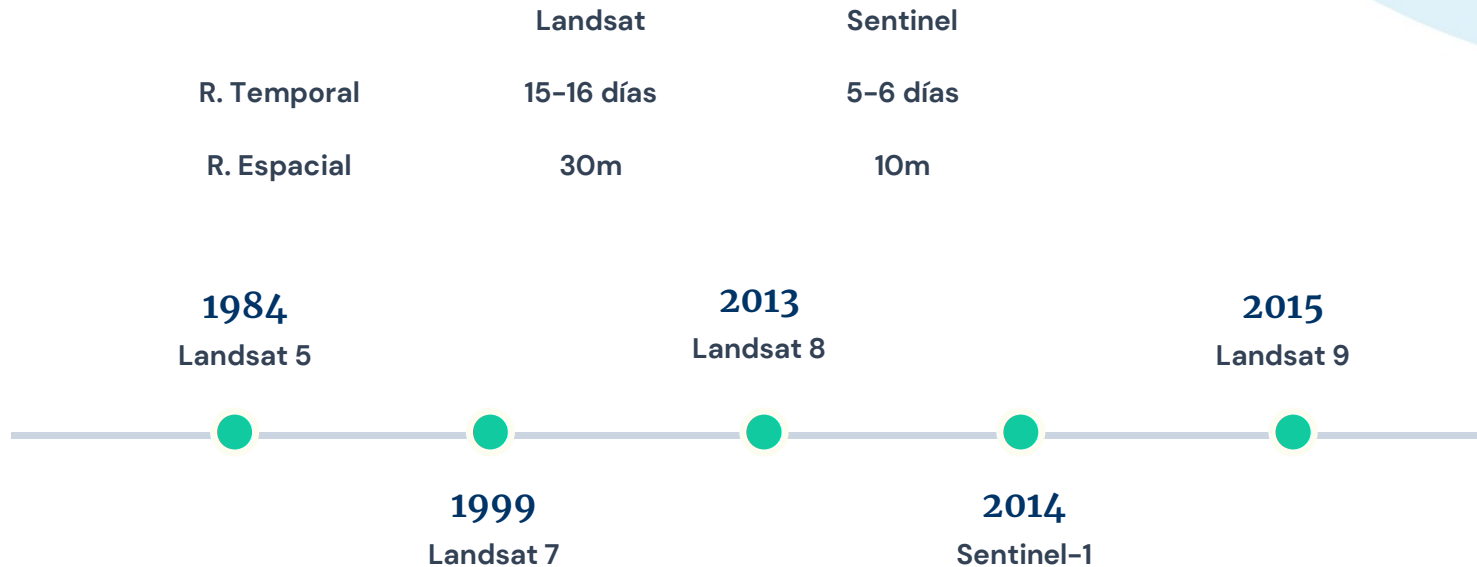
2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.2 Gradient Boosting



Arturo León
David Pulido
Antonio Collados

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

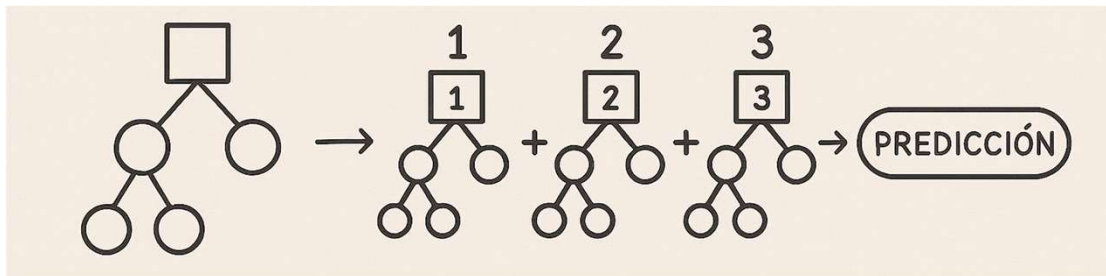
2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.2 Gradient Boosting



El modelo permite reconstruir el área inundada desde 1984 hasta 2024 con metodologías complementarias.

Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.2 Gradient Boosting

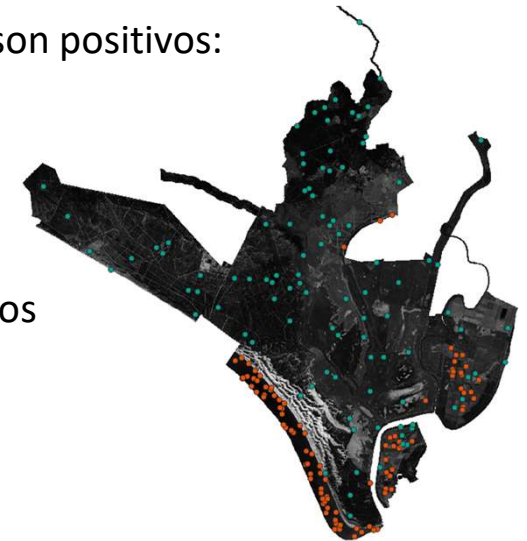


Cada árbol corrige los errores del anterior para mejorar la predicción final

Se utiliza el índice **MNDWI** (Landsat) para detectar áreas donde los píxeles de agua son positivos:

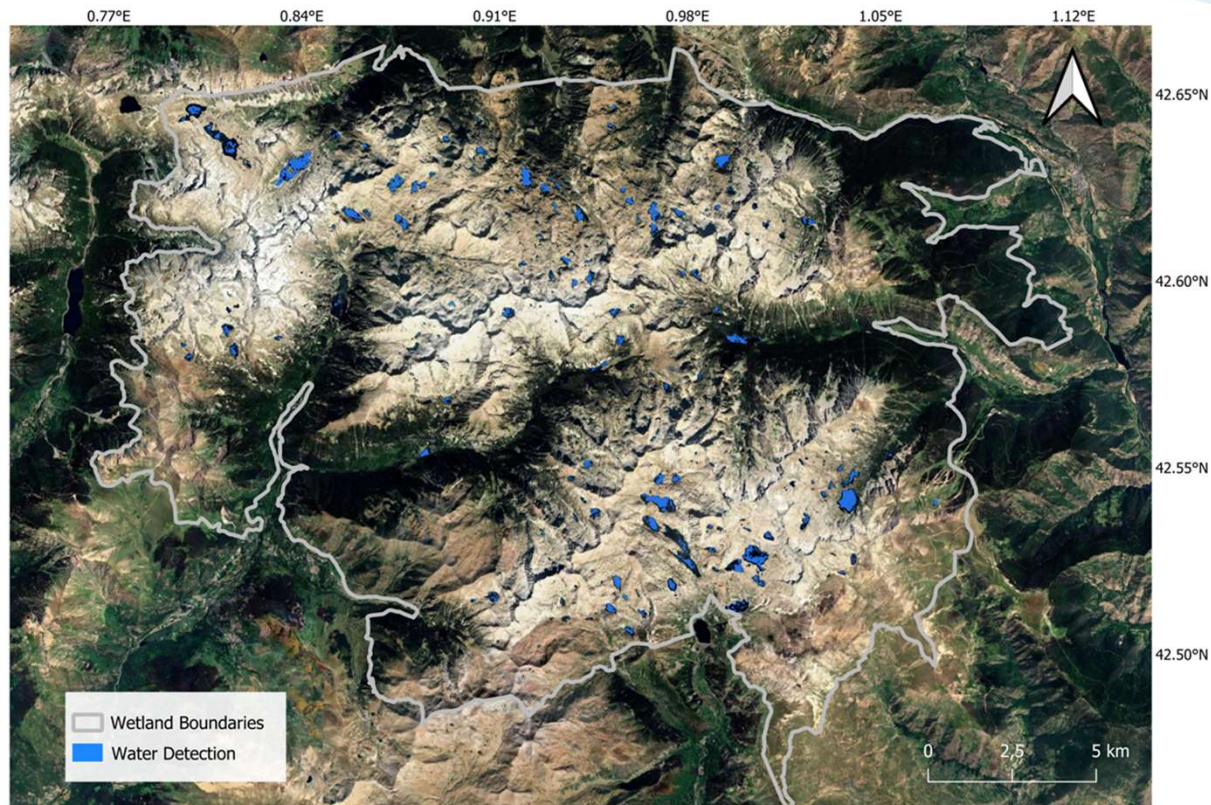
$$MNDWI = \frac{Green + SMR}{Green - SMR}$$

- Puntos aleatorios en zonas de agua positivas y negativas
- Extracción de valores de imágenes de Sentinel-1 (bandas VV y VH) en esos puntos
- Creación de dataframe de entrenamiento con variables VV y VH
- Modelo de pendientes para eliminar falsos positivos en orografía compleja



Aplicación de técnicas de inteligencia artificial para la modelización de aguas subterráneas y ecosistemas asociados

2. ÁREA INUNDADA EN HUMEDALES 2.2 Gradient Boosting



Aigüestortes i Estany de Sant Maurici

Gracias por la atención

Antonio Collados
aj.collados@igme.es

