

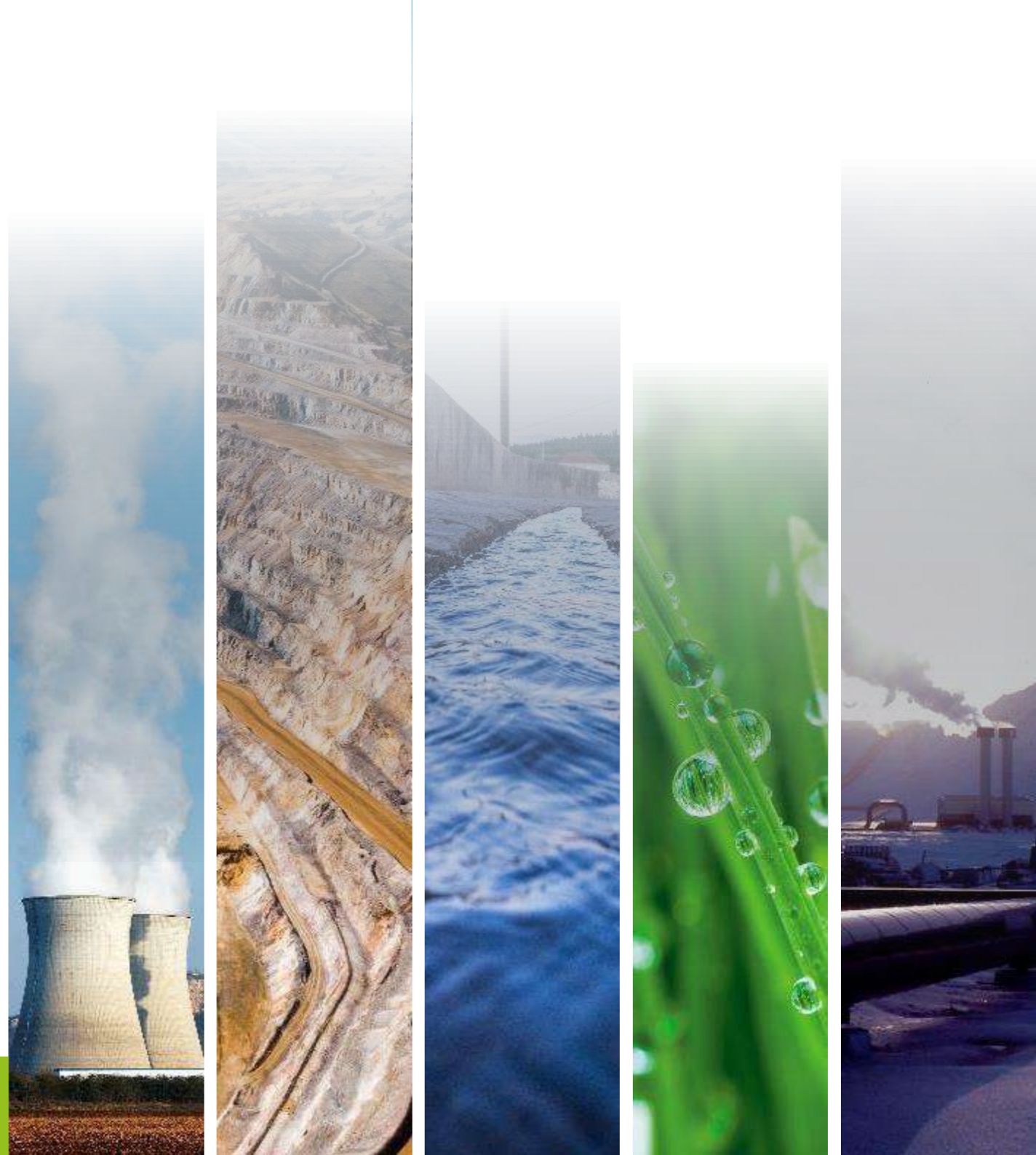
EL PLAN DE ACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS: OPORTUNIDAD CIENTÍFICA-TÉCNICA Y DISPONIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN



Sesión 5. Profesionales hidrogeólogos y la empresa privada en el desarrollo del Plan de Acción de Aguas Subterráneas.

J. Molinero, E. Vilanova, E. Abarca, S. Jordana, J. Guimerà

13/6/24



Agradecimientos

A la Asociación Española de Hidrogeólogos por la oportunidad de dar esta charla.

Al equipo de Amphos 21 por el tratamiento de datos, figuras y correcciones a esta presentación



PAAS

Plan de acción
de aguas subterráneas



AMPHOS 21 y el grupo RSK



ESPAÑA
c/ Veneçuela, 103, 2ª planta
08019 Barcelona
Tel.: +34 93 583 05 00

c/ Raquel Meller, nº7,
Planta baja
28027 Madrid
Tel. ++34 91 123 55 62

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

NUCLEAR
MINERÍA
AGUA
SOSTENIBILIDAD
OIL & GAS

Consultoría e ingeniería
I+D
Modelización numérica
Digitalización

A²¹

30 años de historia
400 empleados
75 en España, (en. gran parte dedicados a aguas subterráneas)

Hidrogeología, geoquímica, geomecánica
Minería, Agua, Nuclear, Hidrocarburos

AMPHOS 21 y el grupo RSK

**Responsible.
Sustainable.
Knowledgeable.**

RSK es una empresa líder mundial en el desarrollo de soluciones sostenibles. Nuestra familia está compuesta por más de 175 unidades de negocio de consultoría medioambiental, ingeniería y servicios técnicos que trabajan juntas para aportar soluciones prácticas a algunos de los mayores retos que enfrenta nuestra sociedad.

Mediante una amplia oferta integradora de servicios y productos, RSK ofrece a sus clientes en todo el mundo soluciones medioambientales completas.

RSK



RSK en números, a día de hoy

15.000+

Empleados

175+

Unidades de negocio operativas en 7 divisiones

10,000+

Clientes activos

£1.60bn

Ventas totales

£145m

EBITDA

9%

Crecimiento orgánico anual desde 2011

6

Continentes

40+

Países

250+

Oficinas

John Cherry en una visita reciente a Barcelona (entrevista en eldiario.es):

https://www.eldiario.es/catalunya/john-cherry-premio-nobel-agua-hay-paises-secan-acuiferos-riego-directos-desastre_1_11356063.html



¿Existe alguna Administración o algún país que usted considere que mantiene una buena supervisión del agua subterránea?

Me han sorprendido ustedes, en Catalunya, en mis encuentros con las universidades y con la Agencia Catalana del Agua, que tiene competencias sobre su gestión. Están muy avanzados en ciencia, regulación y supervisión del agua subterránea. ¿A qué se debe? Puede que porque sus normativas se crearon después de Franco, en la España moderna. Algo parecido ocurre con la legislación de Sudáfrica, que es post *apartheid*, y es muy avanzada también. En otros países las normas se remontan a muy atrás y en algunos sitios, como California, la ley del agua está vinculada a la propiedad y a las tierras.

Pocos países como España en Europa y quizás en el Mundo tienen la constelación de Universidades (que formen e investiguen) , Centros de I+D (que investiguen y transfieran), colegios y asociaciones de profesionales del agua subterránea (AEH, CAS, AIH-GE) y una Administración que vele por el conocimiento y gestión de las aguas subterráneas del país.

¿y las empresas?

Licitaciones públicas aguas subterráneas en España 2020-23

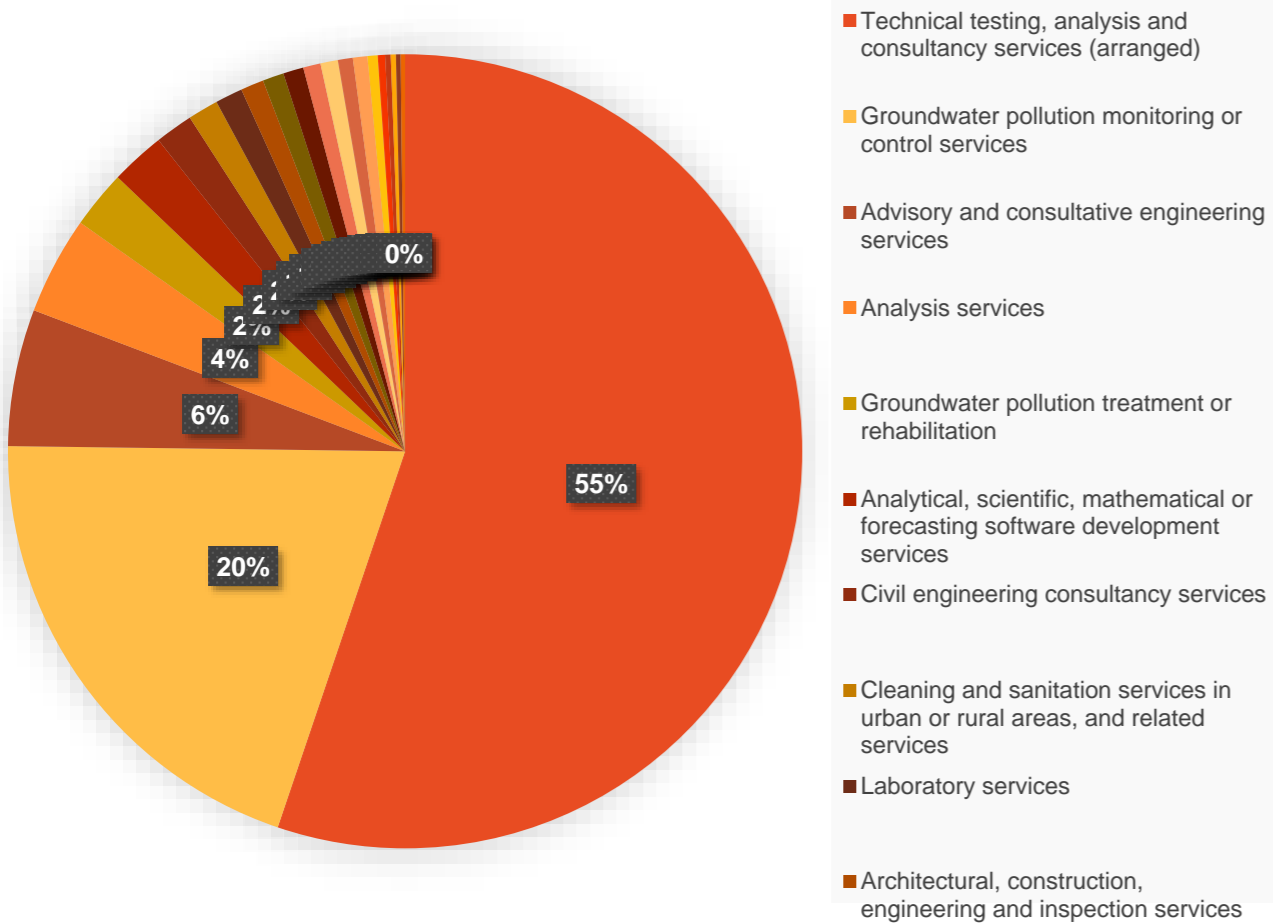
(>100 k€ Fuente: Tenderlake)

Subject	Lump sum
Technical testing, analysis and consultancy services (arranged)	73,925,722 €
Groundwater pollution monitoring or control services	26,803,651 €
Advisory and consultative engineering services	7,459,406 €
Analysis services	5,337,936 €
Groundwater pollution treatment or rehabilitation	3,157,131 €
Analytical, scientific, mathematical or forecasting software developmen	2,966,098 €
Civil engineering consultancy services	2,070,228 €
Cleaning and sanitation services in urban or rural areas, and related servi	1,660,572 €
Laboratory services	1,493,754 €
Architectural, construction, engineering and inspection services	1,258,903 €
Miscellaneous repair and maintenance services	1,158,065 €
Polluted soil removal services	1,110,000 €
Environmental engineering consultancy services	951,140 €
Sewage services	949,455 €
Environmental quality control services	812,579 €
Technical work related to groundwater exploitation files: registrations, i	790,530 €
Technical assistance services	554,863 €
Engineering-related scientific and technical services	398,163 €
Pollution investigation services	300,000 €
Pollutants tracking and monitoring and rehabilitation services	280,320 €
Geological, geophysical and other scientific prospecting services	254,090 €
Engineering services	238,978 €
Technical work related to groundwater exploitation files: registrations, i	0 €
	133,931,584 €
	33,482,896 € /año
	167,414,480 € en 5 años
	500,000,000 € PAAS en 5 años

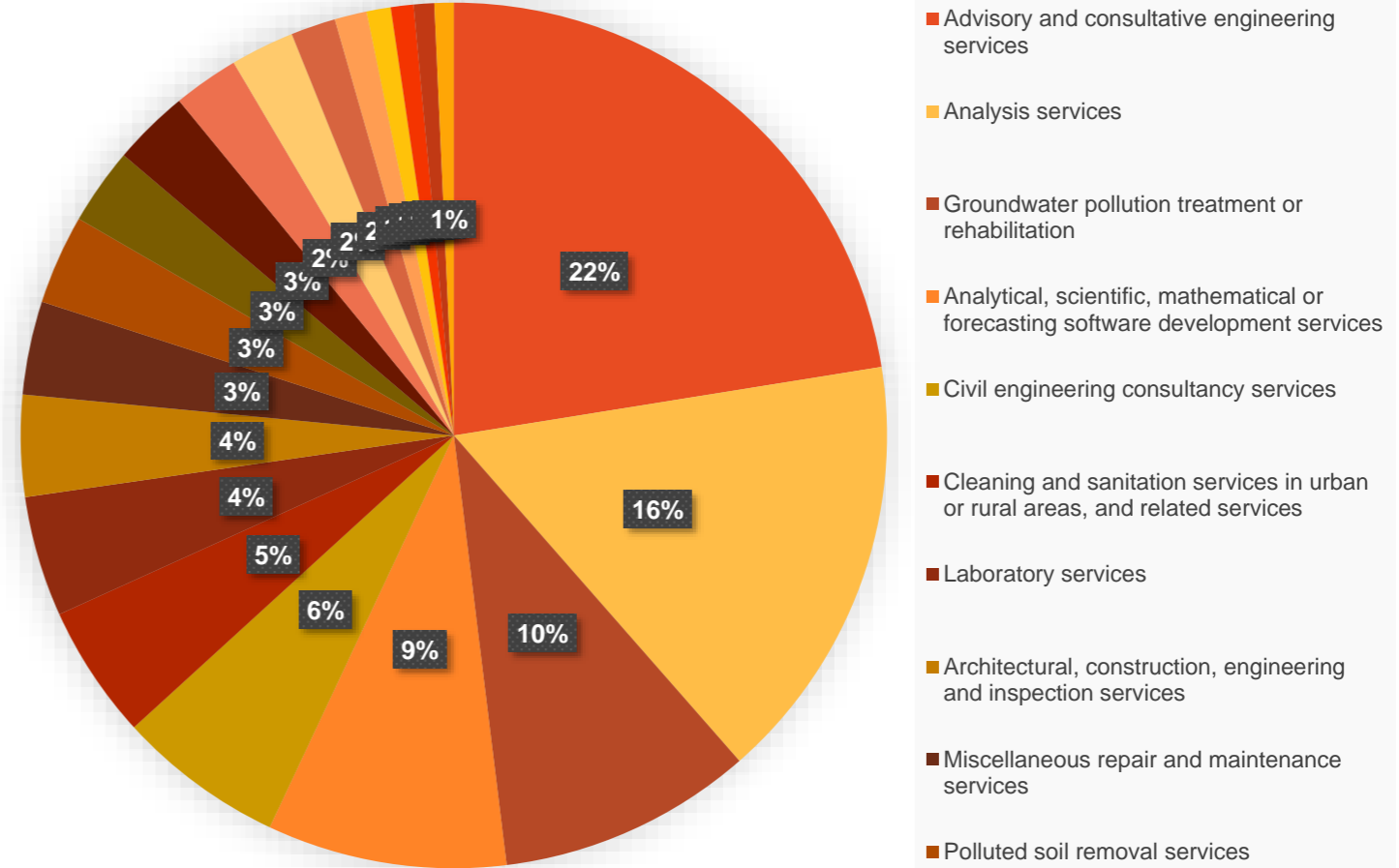
76% del total

75% licitaciones para control calidad de aguas subterráneas

Licitaciones por tipo de servicio



Licitaciones por tipo de servicio (detalle)



Mensaje:



Hay masa crítica de empresas para hacer frente al reto que supone el PAAS



¿Qué implica el PAAS?

PIAS (Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas)

Es en 1970 cuando puede decirse que comenzó la investigación hidrogeológica en España de una forma sistemática y abarcando globalmente todo el ámbito nacional, con el inicio del Programa "Mapa Hidrogeológico Nacional", realizado por el IGME en el marco del Plan Nacional de la Minería, como contribución de nuestro país al Decenio Hidrológico Internacional y en cumplimiento de las recomendaciones séptima y octava de la Carta del Agua, firmada por la mayoría de los gobiernos europeos en 1968.

La 1ª parte del Programa y sus resultados quedaron plasmados en la obtención, y posterior publicación, de Mapas de Lluvia Útil y de Reconocimiento Hidrogeológico (ambos a escala 1:1 000 000) y Mapa de Síntesis de Sistemas Acuíferos a escala 1:1 500 000.

La 2ª parte del Programa constituyó el Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS) que, encuadrado dentro del Programa Nacional de la Minería (PNIM), fue también encargado al IGME. Para su ejecución contó con la decisiva colaboración del Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario en los apartados de ejecución de sondeos y bombeos de ensayo.

Dada la complejidad de los trabajos a realizar y ante la imposibilidad de atender simultáneamente a todo el territorio nacional, se planificó la investigación en el sentido de comenzar por el estudio de grandes áreas con problemas urgentes. Consecuencia de ello fue que durante el período de 1971 a 1975, 1ª fase del PIAS, se llevó a cabo la investigación de: Cuenca del Júcar, Segura, Guadiana, Sur y Baleares.

Con posterioridad a 1975, ya dentro de la 2ª Fase del PIAS, el IGME realizó los proyectos de investigación de las cuencas del Duero, Tajo, Ebro y Norte, pudiendo decirse que el PIAS como tal concluyó en 1984.

A partir de esa fecha ha continuado, la labor de actualización y mejora del conocimiento hidrogeológico de los acuíferos, a través del Plan Nacional de Vigilancia y Control de Acuíferos, de los Proyectos de Asesoramiento en Materia de Aguas Subterráneas, de los Proyectos de Actualización de Infraestructura Hidrogeológica y de los de vigilancia y Catálogo de Acuíferos.

MOPU:

REPO (Recursos Totales del Pirineo Oriental) 1974

PHPO (Plan Hidrológico ...) 1984

...

DMA 2000/60 (las masas de agua!)

DIRECTIVA 2006/118/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO

Encomienda DGA-IGME

Sucesivos Planes Hidrológicos...

(como nos ha explicado Juan Antonio)

Por su ambición y calado, el PAAS es una oportunidad histórica en el avance de la gestión de las aguas subterráneas en España

Diagnóstico del PAAS (resumen resumen):

- Apuntes sobre falta de recursos humanos en la Administración (*Plan Estratégico de Recursos Humanos de la CHs*)
- Contaminación difusa (“nitratos” aparece en el 24% de las pp del documento)
- Papel de las CUAS en la gestión del agua subterránea
- Papel de las **empresas de calidad** frente al **bajo coste** (Compra Pública de Innovación)



Objetivos (15)



Dirigidos a un objetivo general:

Conocimiento
Gestión
Gobernanza



Buen Estado de las MAS



Zonas protegidas
Ecosistemas asociados



Utilización sostenible



Líneas de acción y trabajos a realizar

1. Mejora del conocimiento
2. Impulso a los programas de seguimiento
3. Protección frente al deterioro de su estado
4. Digitalización y control de usos
5. Gobernanza y marco normativo



(fuente: MEC)

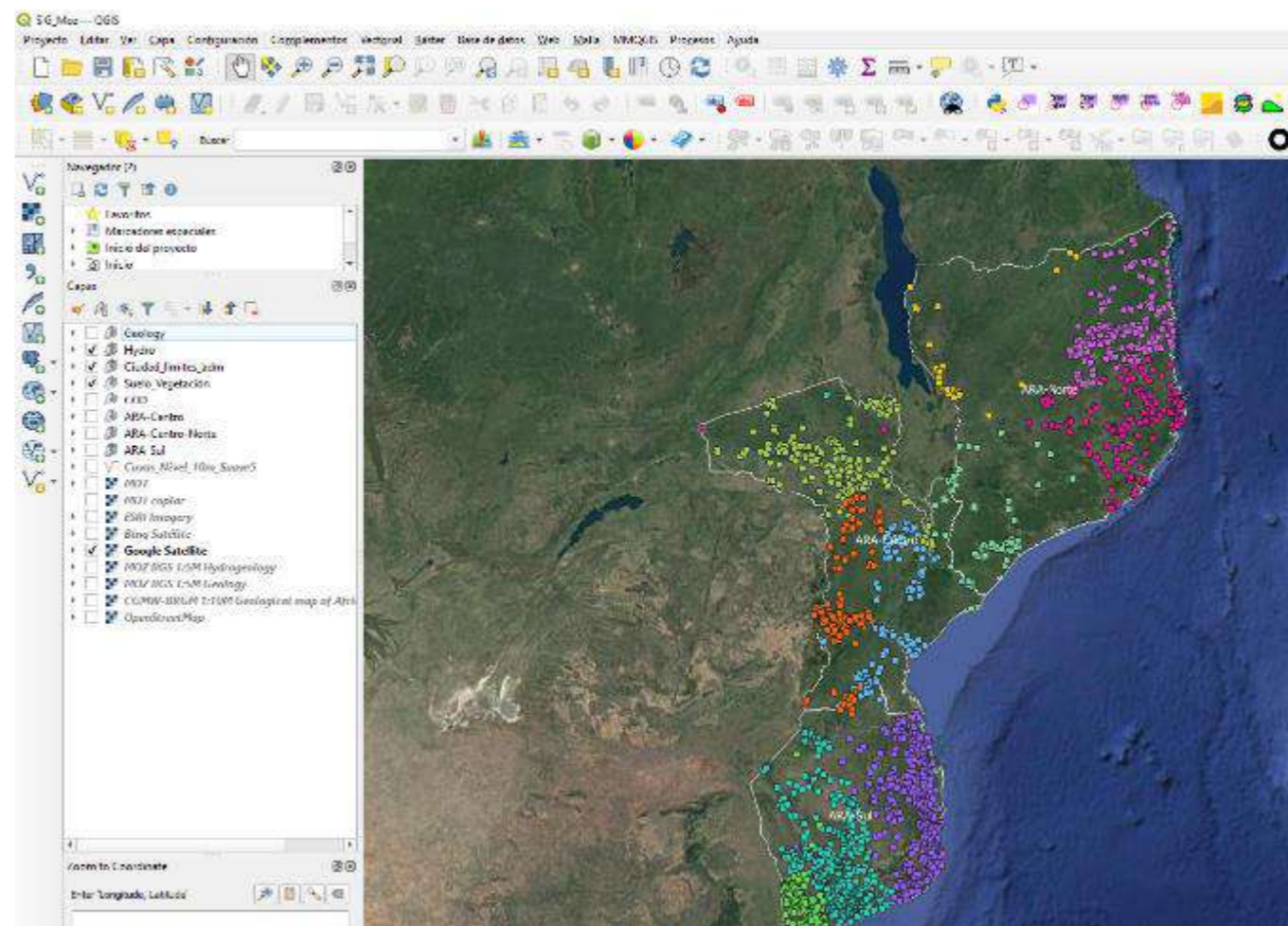
1. Mejora del conocimiento

- seguridad alimentaria, la garantía de suministro, las consideraciones energéticas, el empleo, la ocupación humana del territorio, la valoración de los servicios ecológicos

Recopilación y análisis de información

Estudios hidrogeológicos generales

Modelación numérica de las aguas subterráneas



Ej. Diseño red de control Mozambique

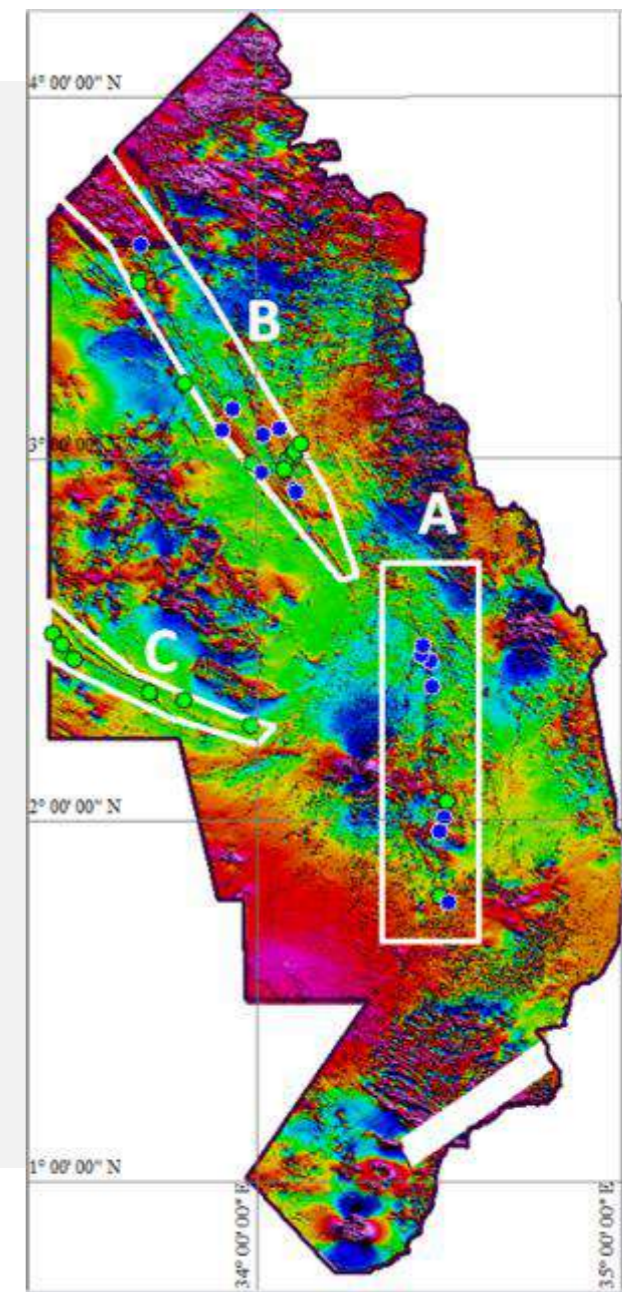
- Recopilación y análisis de información
- Estudios hidrogeológicos generales

A gran escala, campo tradicionalmente muy vinculado a empresas

A pequeña escala, campo tradicionalmente muy vinculado a universidades (tesis, ...)

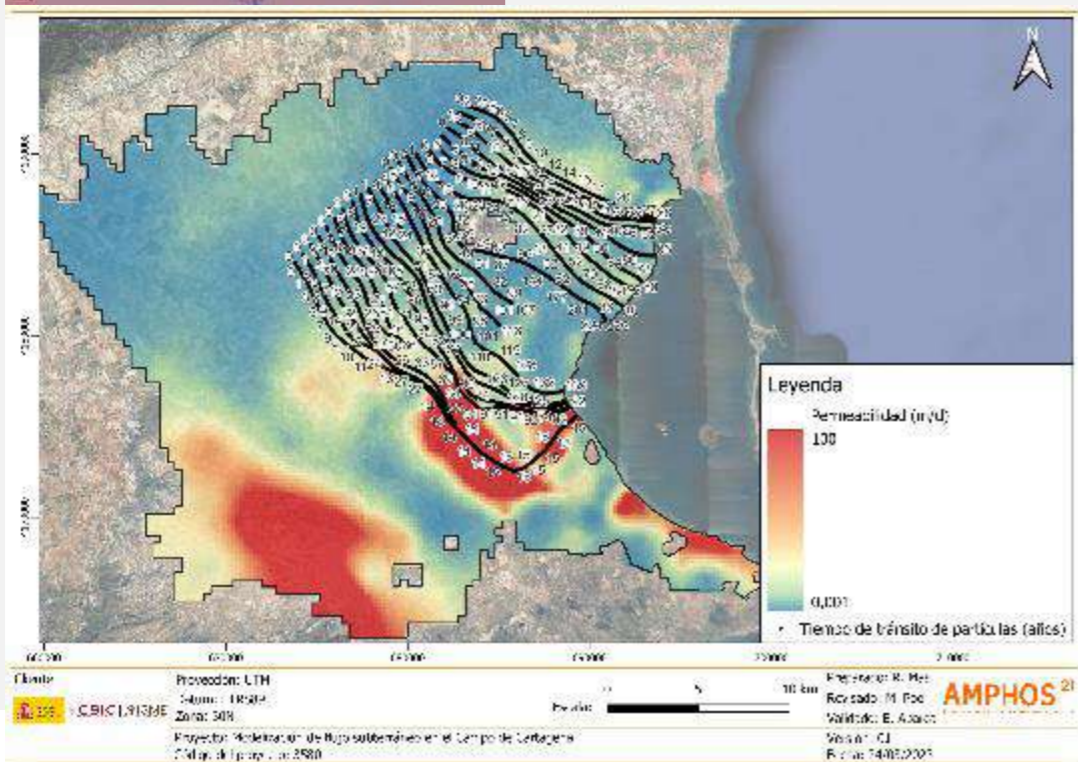
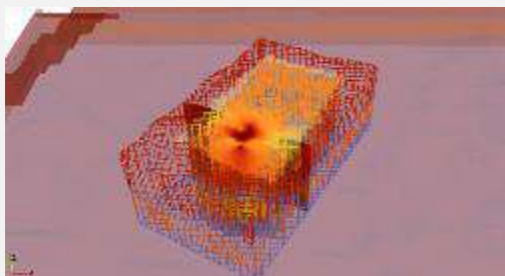
Oportunidad para colaboración universidad + empresa:
transferencia de conocimiento

(Estudios particulares, análisis no-convencionales, ...)



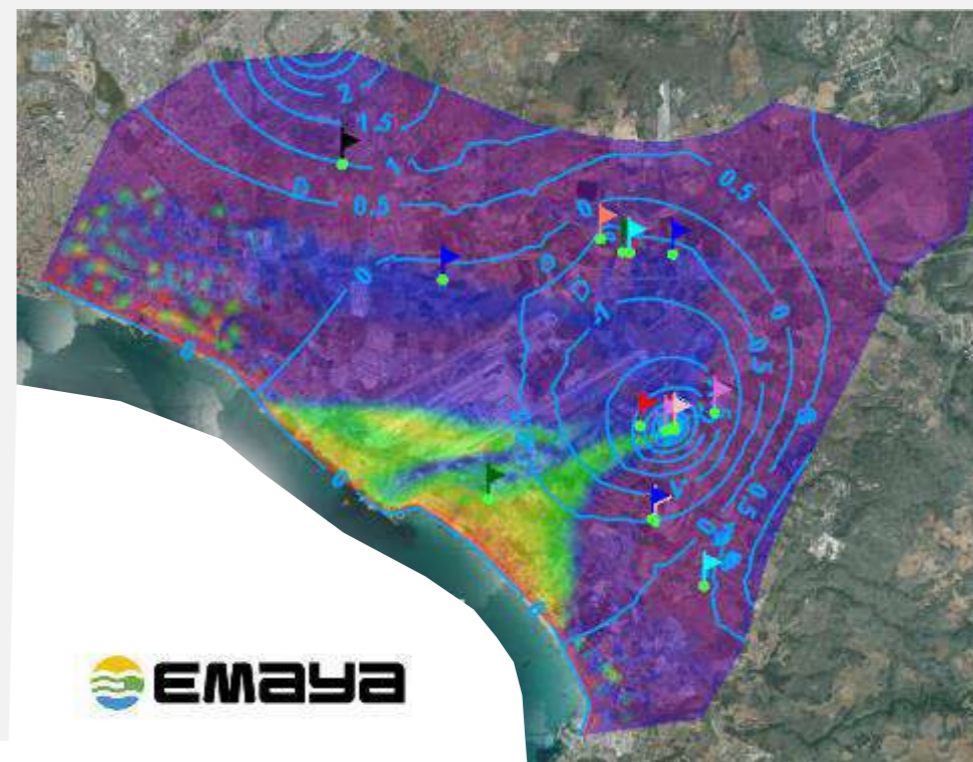
Ej. Mapa hidrogeológico regional Uganda

- Modelación numérica de las aguas subterráneas



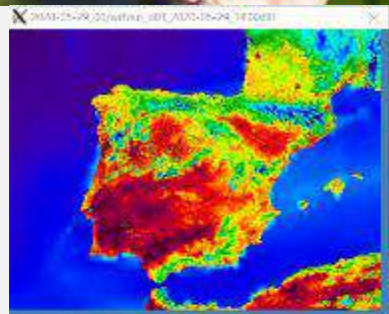
Campo abonado tradicionalmente para las universidades (si tiene interés científico, publicaciones, ...)

Masa crítica en empresas para producir herramientas de gestión



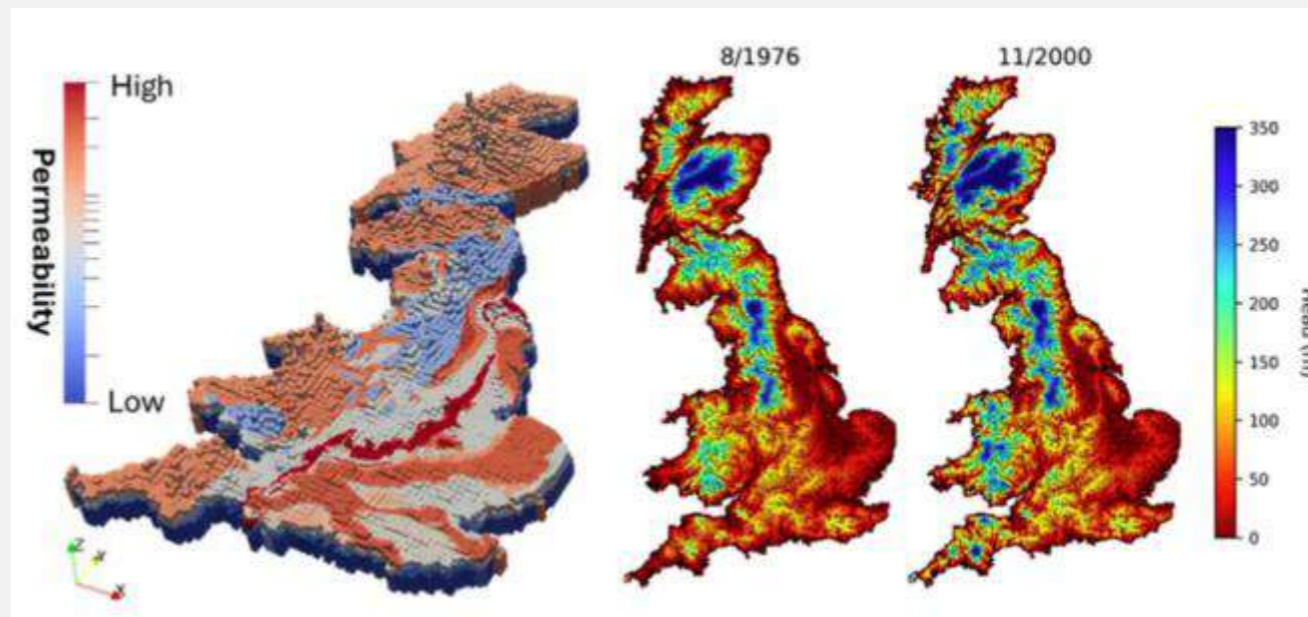
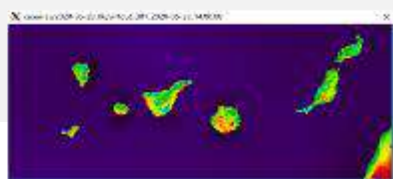
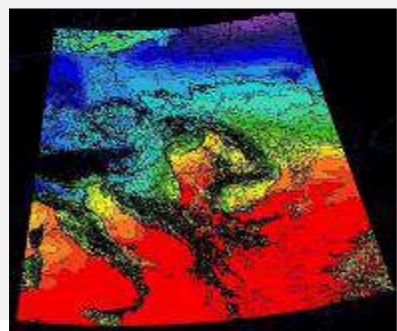
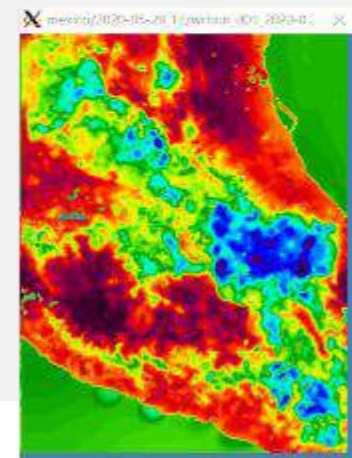
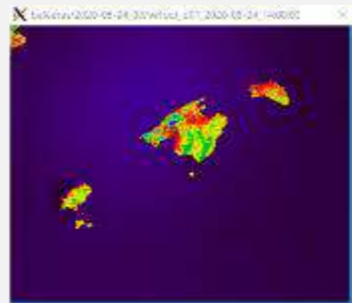
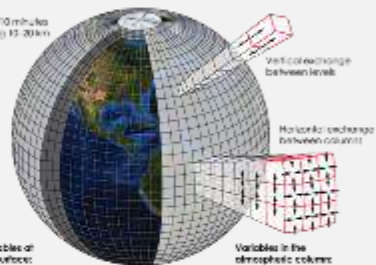
modelo Pla de Sant Jordi, Mallorca

¿Podríamos hacer un modelo numérico hidrogeológico de toda España?



Weather forecast modeling

Time step: 5-10 minutes
Outgoing: 12-20 km



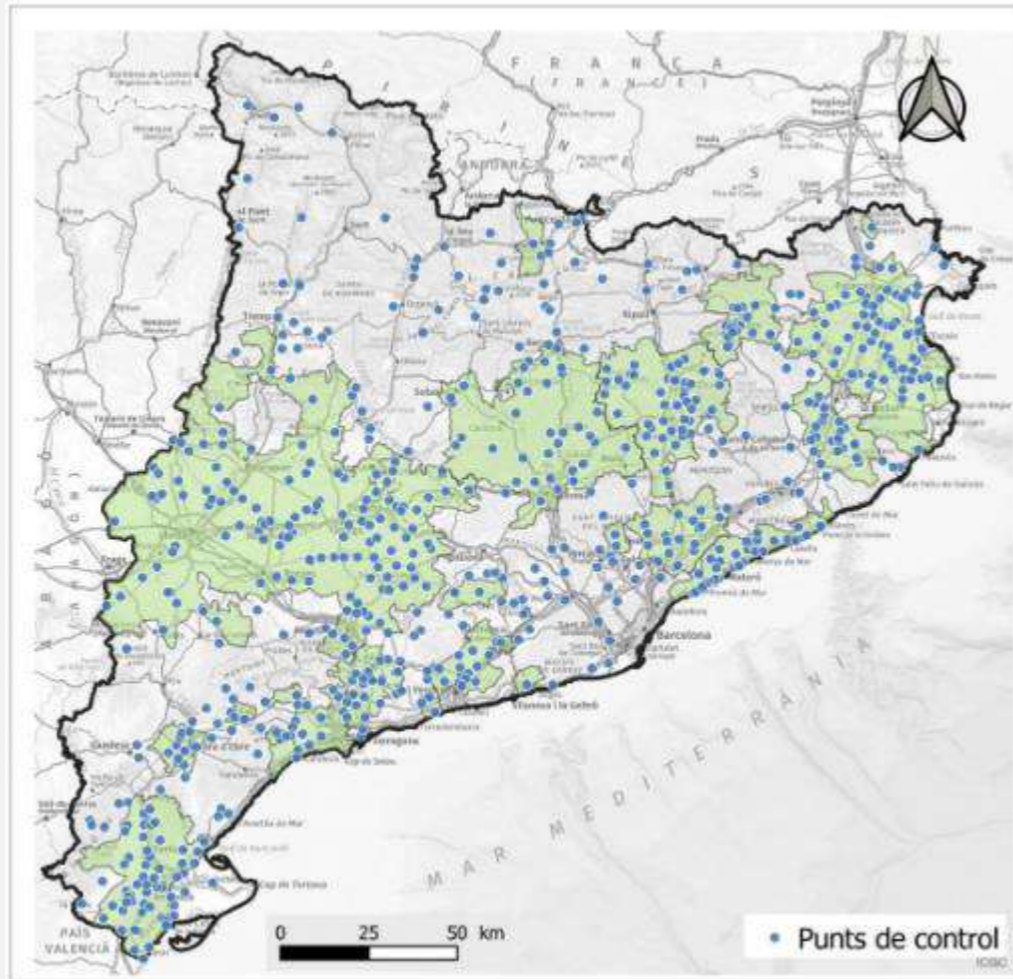
en el Reino Unido ya lo hacen

2. Impulso a los programas de seguimiento

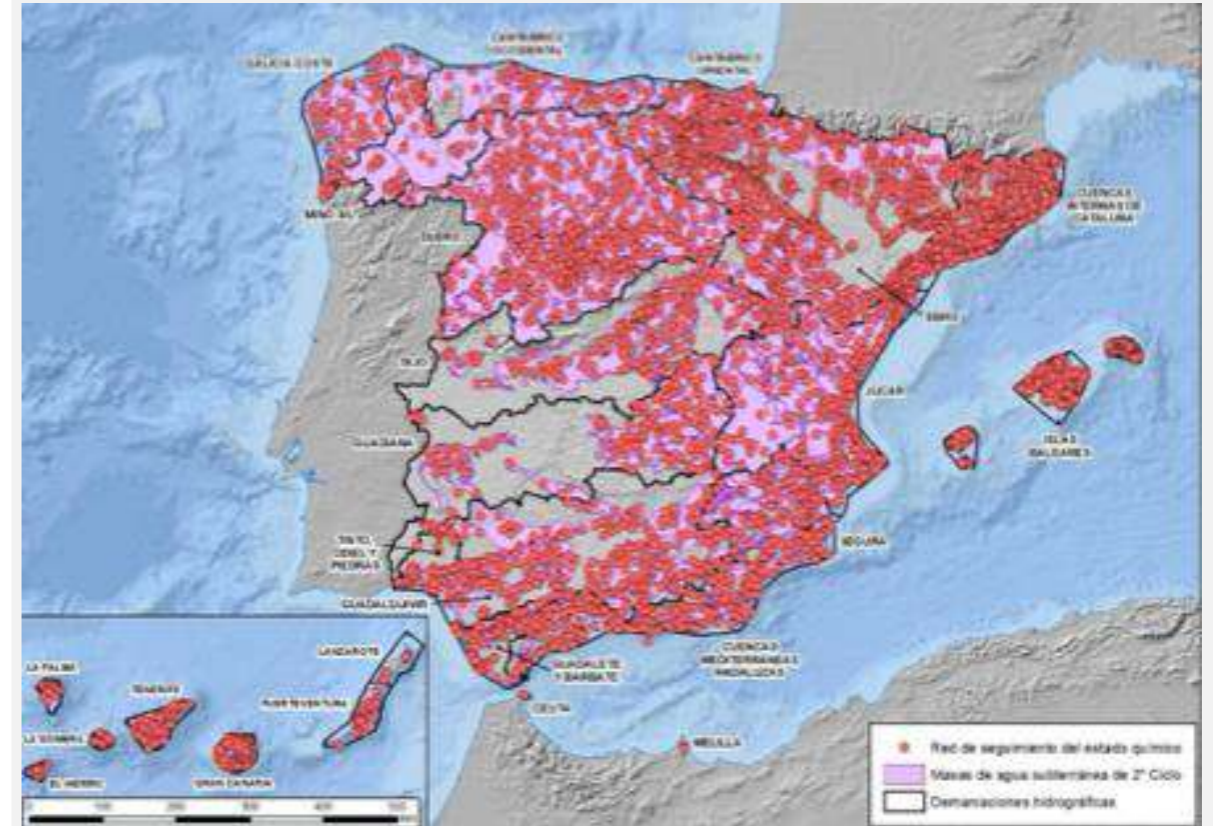
- I. Análisis y diagnóstico general del estado de los programas de seguimiento existentes
- II. Propuestas para la consolidación de las redes de control
- III. Propuestas para la mejora y ampliación de las redes de control
- IV. Consolidación de la gestión en los programas de seguimiento del estado químico

Recordar: aprox 75% presupuesto

Red de nitratos ACA



Red de estado químico DGA

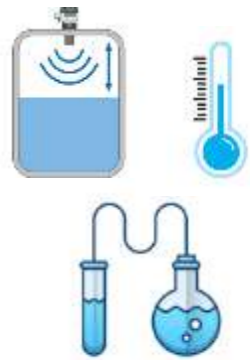


La pregunta es: ¿qué hacemos con tanto dato?

Inteligencia artificial (machine learning)



Es la solución que optimiza la gestión del agua mediante el establecimiento de **sistemas de alerta temprana** basados en algoritmos de aprendizaje automático (Machine Learning)*.



bases de datos

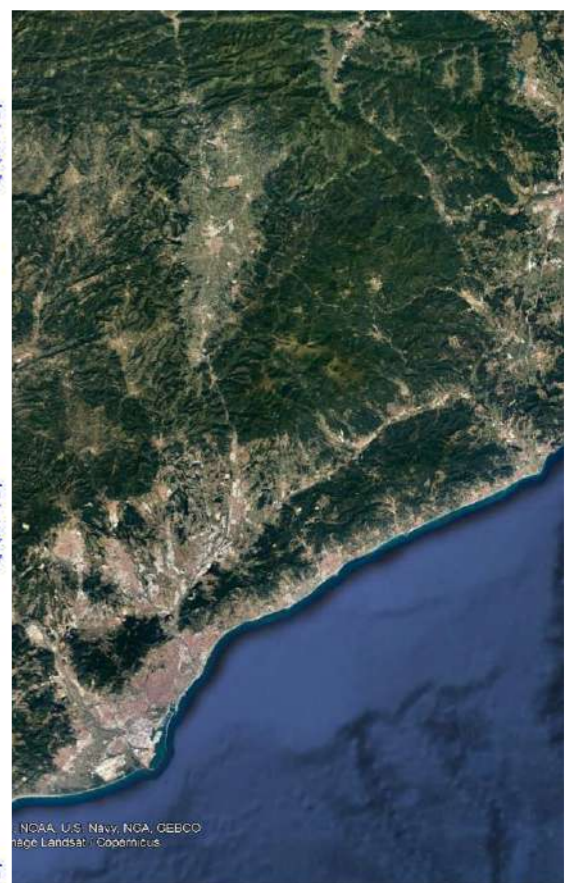
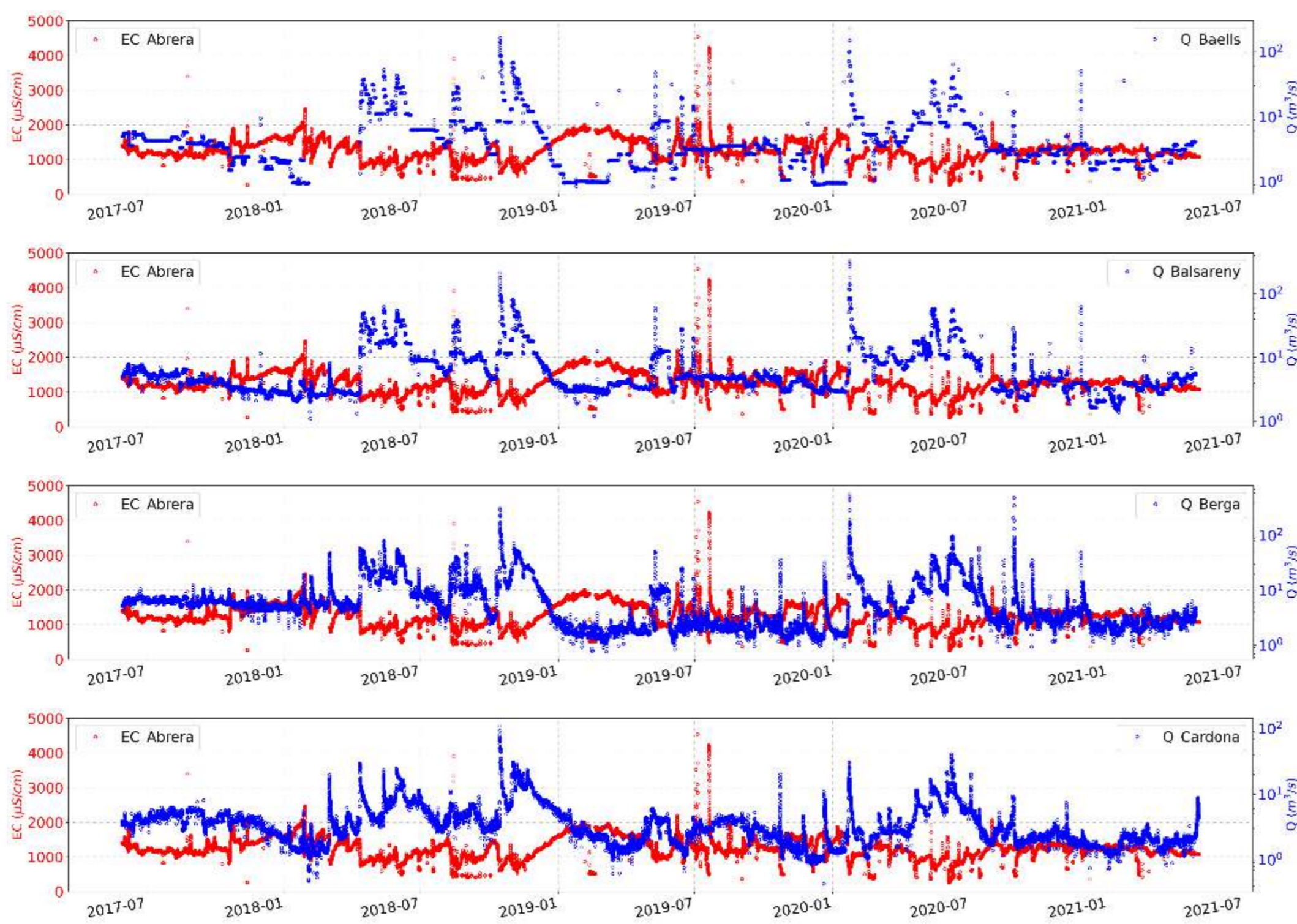


algoritmos predictivos

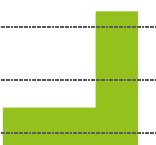


alerta y gestión

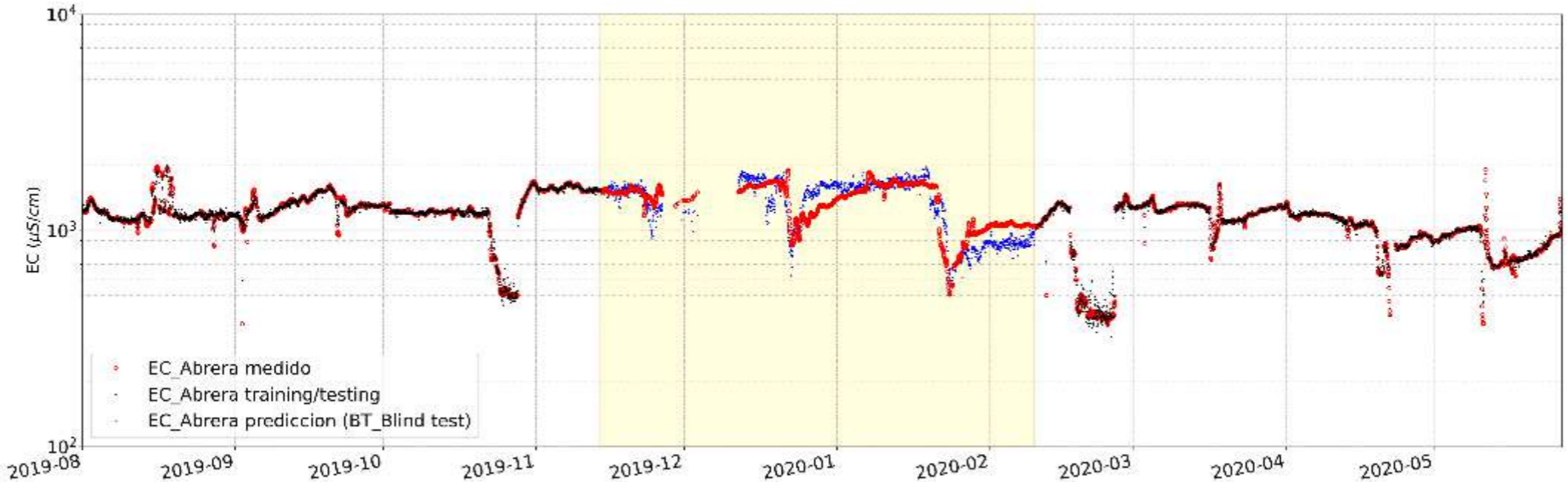




	Periodo històric
	25/12/2010-25/04/2021
	26/09/1995-28/04/2021
	01/01/2004-03/05/2021
	28/06/2010-28/04/2021
	26/09/1995-26/04/2021
elèctrica	03/12/1998-31/05/2011
	30/05/2017-03/05/2021
Abbrera	Conductivitat elèctrica
	05/01/2010-03/05/2021

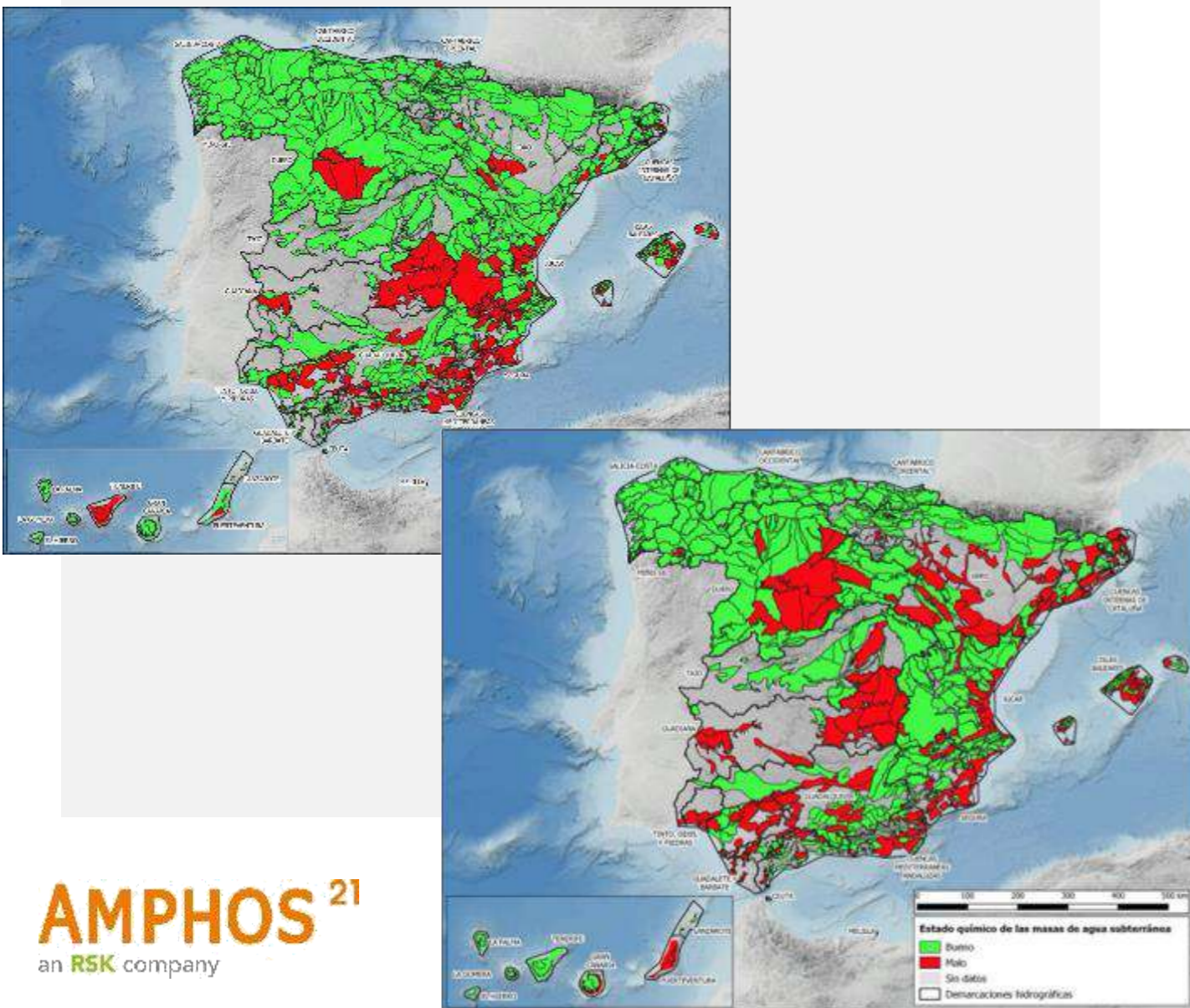


- En el periodo 14/11/2019 - 10/02/2020 la CE medida en Abrera muestra tres eventos de disminución brusca y ascenso rápido.



- La herramienta entrenada es capaz de predecir con bastante precisión dichos eventos.
- La herramienta captura con bastante precisión el evento más brusco (21/01/2020) en el cual la CE disminuye de valores del orden de 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en dos días.
- El error medio absoluto obtenido para dicha validación es de 162 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aceptable para el rango medido en dicho periodo (500-1900 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y el error relativo es de 12%.

3. Protección frente al deterioro de las aguas subterráneas



- I. Contaminación difusa
- II. Contaminación puntual
- III. Explotación no sostenible (MAR! en 7 pp Reutilización en 1!!!)
- IV. Conservación y puesta en valor reservas hidrológicas
- V. Perímetros de protección

Contaminación difusa

Es **EL** tema

POR IMPACTO, POR ALCANCE, POR RIESGO
Capital humano en las empresas para seguimiento,
control y soporte en la toma de decisiones

- **Recarga Gestionada o Artificial de Acuíferos**
- **Uso de agua regenerada**



Oportunidades de todos los tamaños y conceptos

Gran implicación de grupos de investigación en proyectos de I+D

Transferencia de tecnología a los gestores

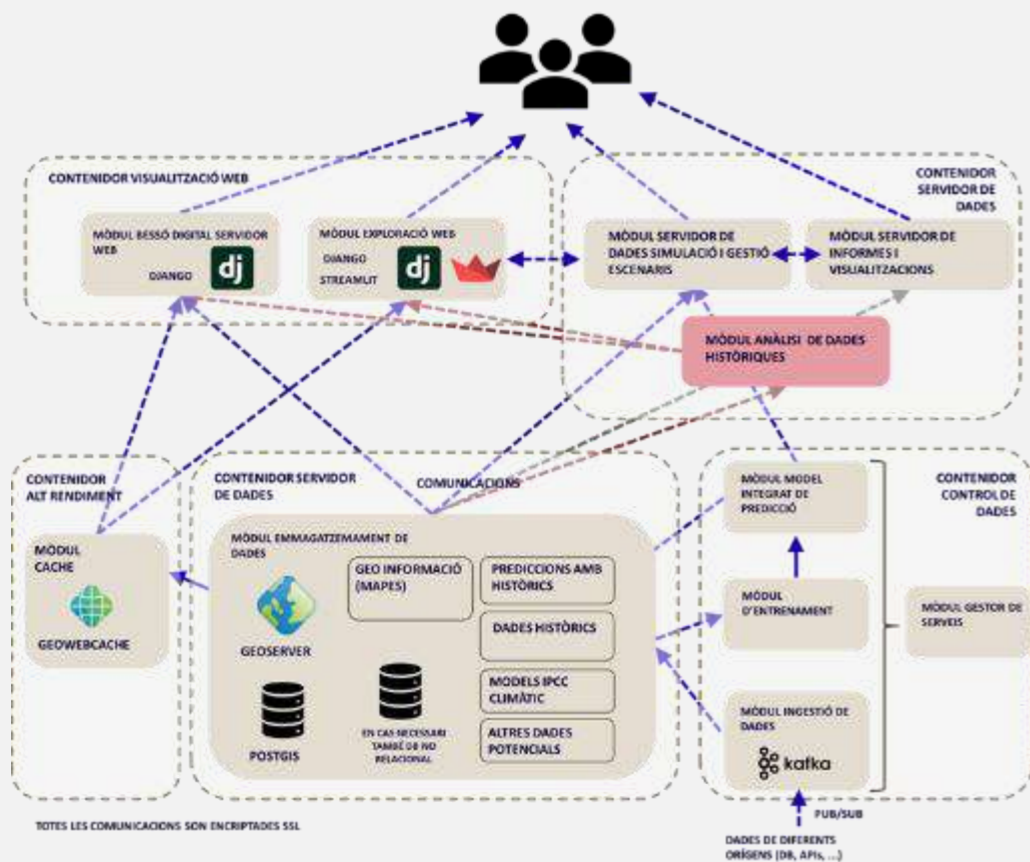
Generación de conocimiento por parte de las empresas

Implementación de proyectos

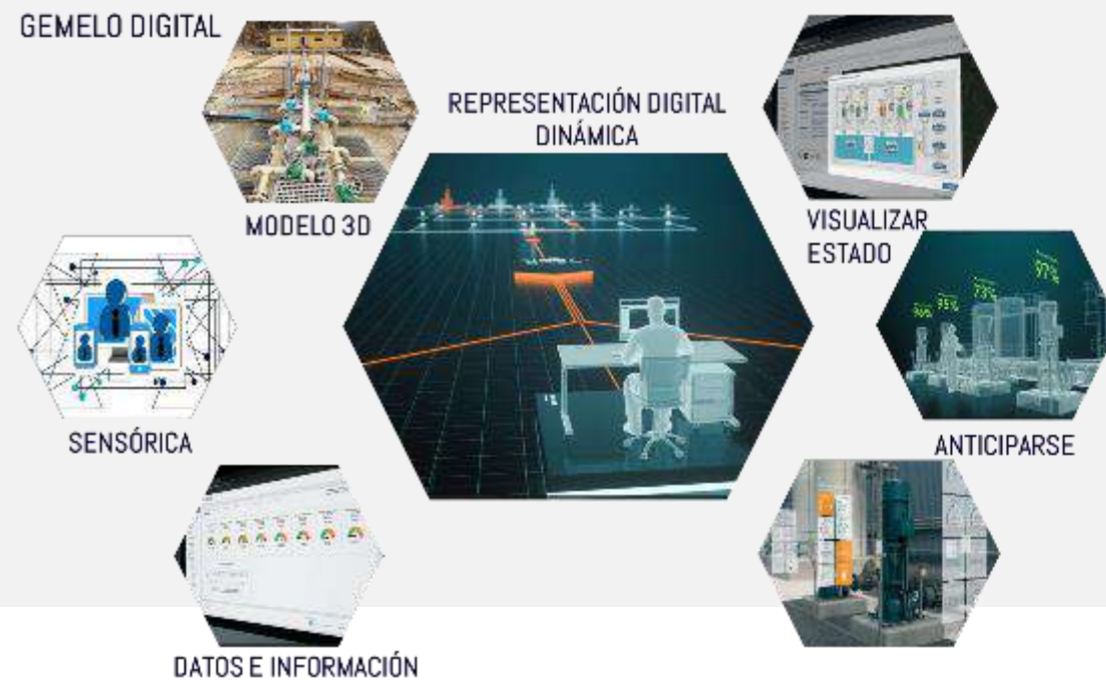
Tecnología madura a nivel de España para hacer frente a impactos de salinización en acuíferos costeros y de sobreexplotación en acuíferos internos

(La presentación de Juan Carlos Rubio nos ha ilustrado sobre ello).

4. Digitalización y control de usos



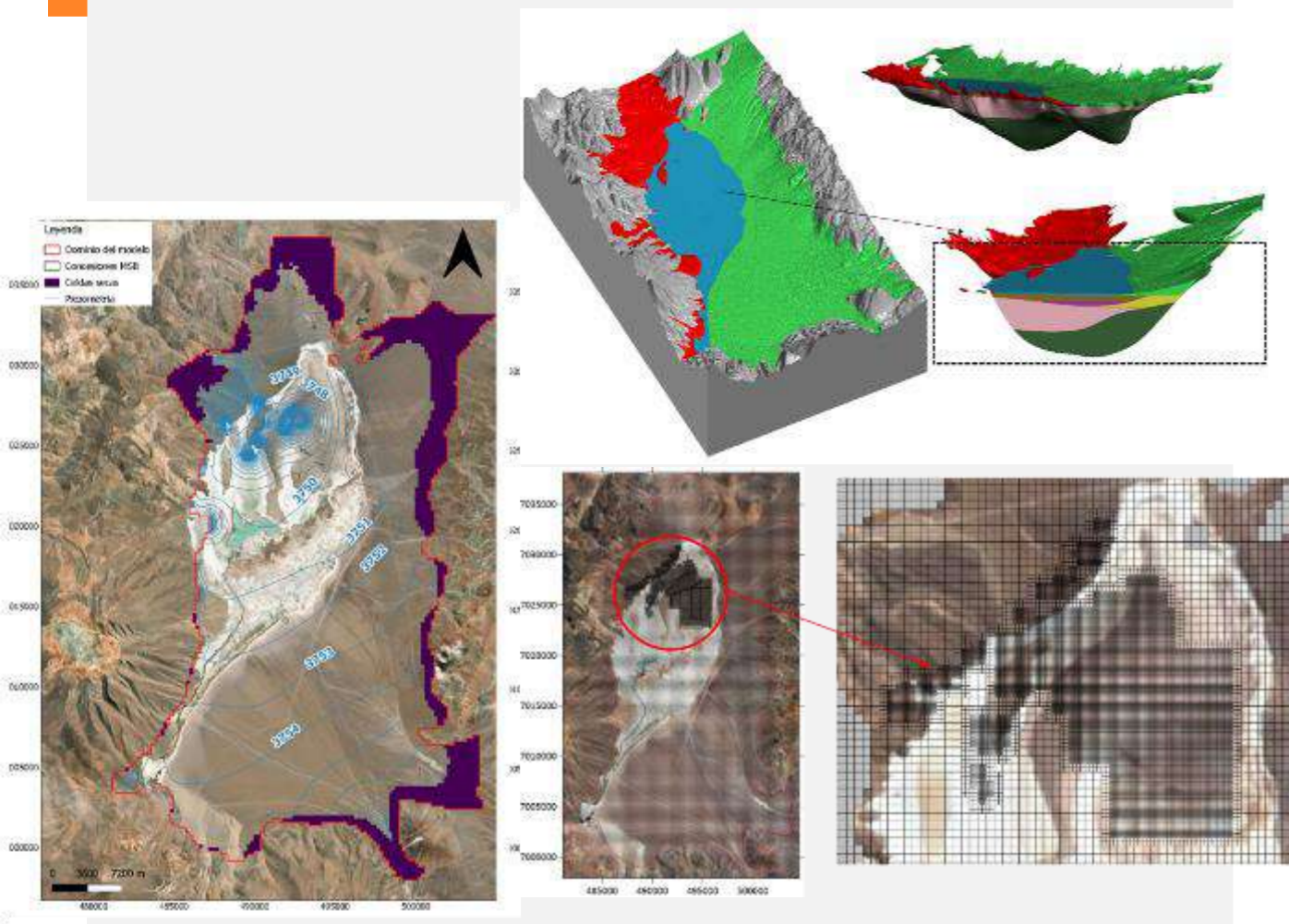
- I. El PERTE y la digitalización interna de los organismos de cuenca
- II. El PERTE y la digitalización del control de los usos del agua
- III. Gestor Documental de Aguas Subterráneas (ADEPAS)



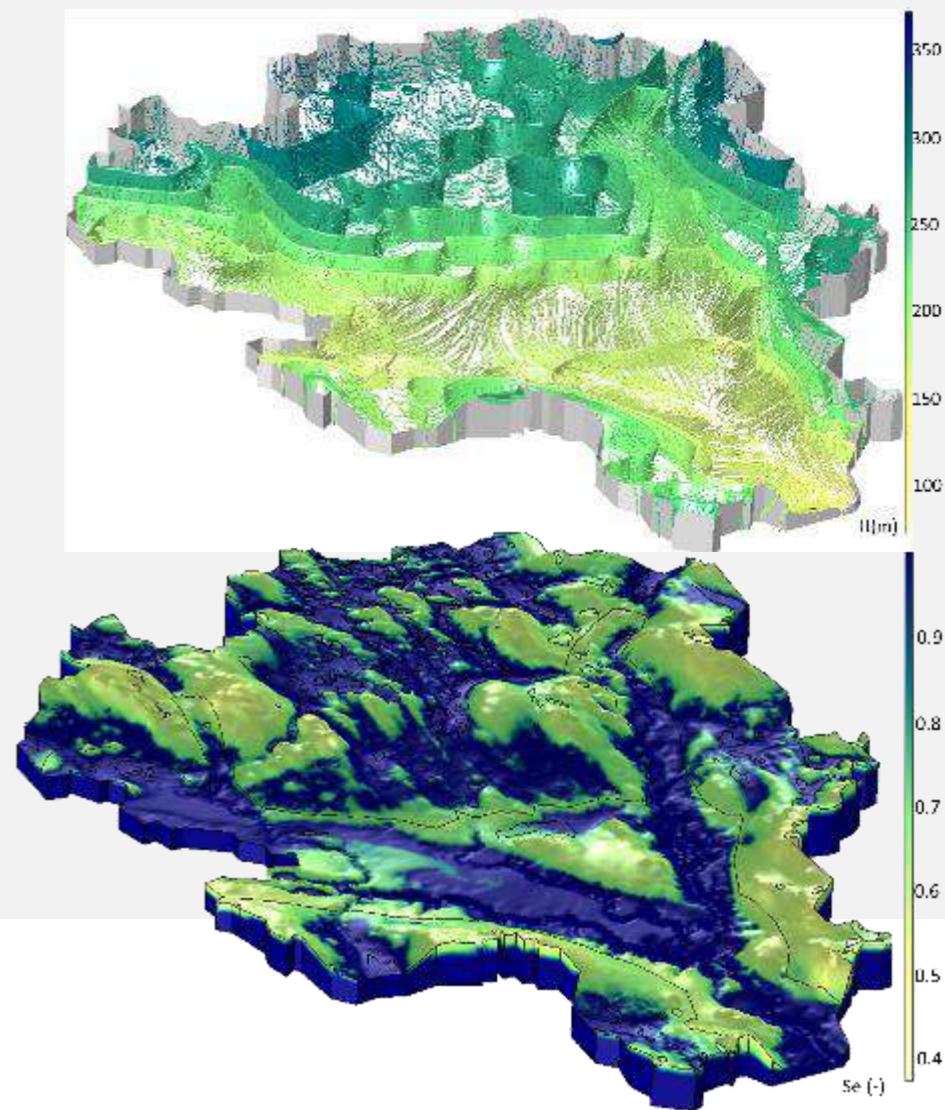
- Digitalización de la gestión de la Administración del agua
- Implantación del Registro de Aguas electrónico
- Impulsar el desarrollo tecnológico de las redes de información hidrológica
- Avanzar en la modelación del ciclo hidrológico, en coordinación con previsiones a medio plazo de AEMET
- Impulso y avance en la modelación numérica del ciclo hidrológico y coordinación con AEMET
- Desarrollo de un programa específico de **modelación numérica de las masas de agua subterránea** en riesgo de no alcanzar los objetivos ambientales

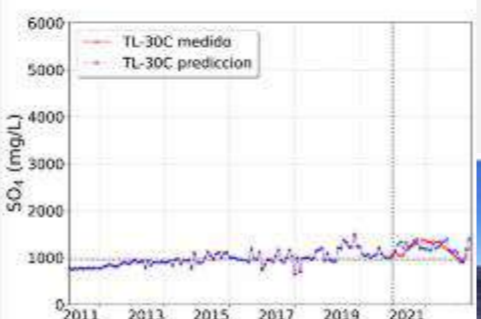
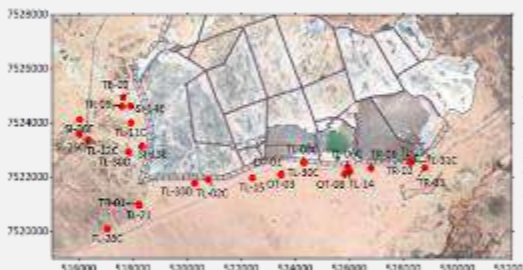
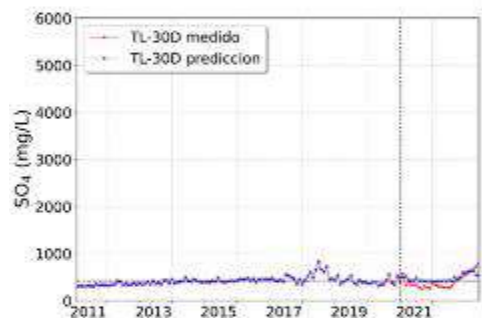
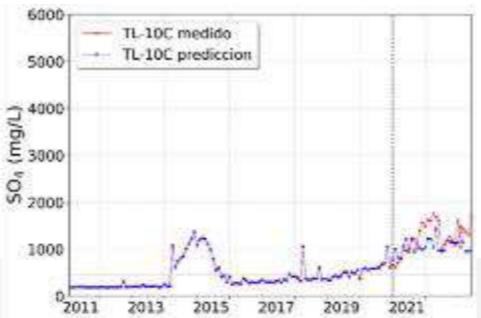
- Elaboración del Libro Blanco Digital del Agua (LBDA),
- Mejora de los sistemas informáticos existentes
- Creación del *Observatorio de la gestión del agua en España*
- Impulso y mantenimiento del Gestor Documental de Aguas Subterráneas (ADEPAS)
creación de una base de datos estatal de parámetros hidráulicos (*¿Podremos hacer un modelo hidrogeológico de toda España?*)

Modelos a escala de cuenca



Modelos de aguas superficiales-aguas subterráneas

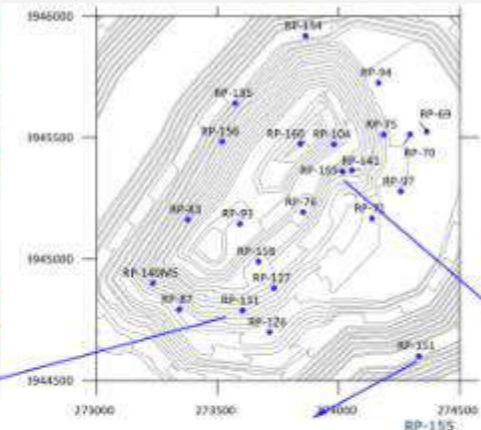




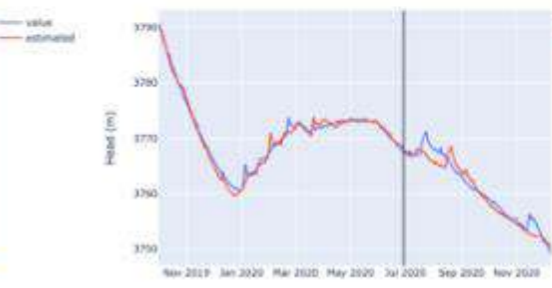
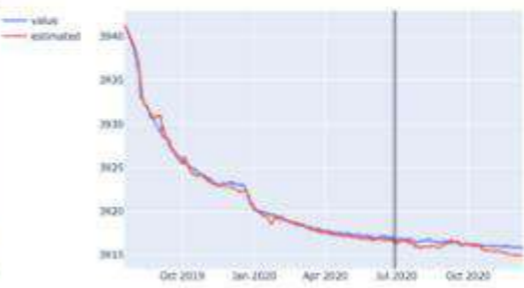
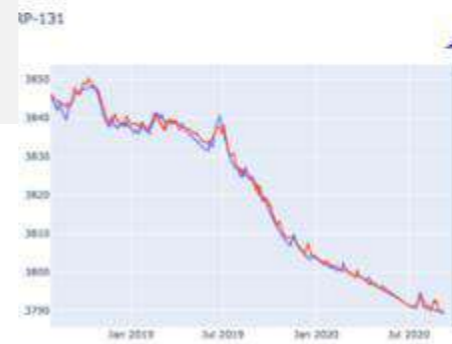
Modelos “entrenados” con IA

El video no mató a la estrella radiofónica, y la inteligencia artificial no matará al conocimiento hidrogeológico (modelos numéricos convencionales).

Lo que si hará (ya lo hace) será acelerarlos hasta conseguir la posibilidad de predicción en tiempo real



Mean Absolute Error (m)	
Training	0.14
Testing	0.46



5. Gobernanza y marco normativo

- I. Modificaciones normativas**
- II. Comunidades de usuarios de masas de agua subterránea**
- III. Actividades formativas y de capacitación**

Papel de las empresas: Soporte técnico

Síntesis de trabajos a escala estatal

Conocimiento hidrogeológico y modelación:	16
Trabajos relacionados con el impulso a los programas de seguimiento:	12
Trabajos relacionados con la prevención del deterioro de las masas de agua:	25
Trabajos relacionados con la digitalización y el control de usos:	12
Trabajos relacionados con la gobernanza y marco normativo:	30
TOTAL	95

Síntesis de trabajos específicos a escala de Demarcación Hidrográfica

1. Tratamiento de datos e información de caracterización
2. Estudios geológicos
3. Estudio de la zona no saturada
4. Estudio de la piezometría
5. Definición de acuíferos y parámetros hidrogeológicos
6. Estudios de caracterización hidrogeoquímica
7. Estudios de contaminación puntual
8. Estudios de contaminación difusa
9. Estimación de la recarga
10. Relación río-acuífero y estudio de necesidades ambientales de los EDAS

11. Análisis y diagnosis de las redes de control. Propuestas de mejora
12. Modelación Geológica 3D
13. Modelación de flujo subterráneo
14. Modelación de transporte de reactivos y solutos
15. Modelos de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH)
16. Evaluación del recurso disponible y reservas
17. Geotermia e hidrotermalismo
18. Identificación de intrusión marina
19. Análisis de efectividad de medidas o alternativas de gestión en el sistema hidrogeológico

Conclusiones

Vienen tiempos muy interesantes (y no sólo para las empresas)

Come gather 'round people
Wherever you roam
And admit that the waters
Around you have grown
And accept it that soon
You'll be drenched to the bone
If your time to you is worth savin'
And you better start swimmin'
Or you'll sink like a stone
For the times they are a-changin'

...

The Times They Are A-Changin' **¡NO!, los tiempos ya han cambiado**

Bob Dylan, 1964

AMPHOS²¹

an **RSK** company

ESPAÑA

C. Venezuela, 103, 2ª planta
08019 BARCELONA
Tel.: +34 93 583 05 00

C. Raquel Meller, 7, plta. baja.
Ciudad Lineal, 28027 MADRID
Tel.: +34 911 235 562

CHILE

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

PERÚ

Av. Primavera 781-785, Int. 201,
San Borja, 15037 LIMA
Tel.: +51 1 592 1275

City Center, Of. 1605
Urb. Teresa de Jesús
AREQUIPA 04014

www.amphos21.com

www.rskgroup.com

