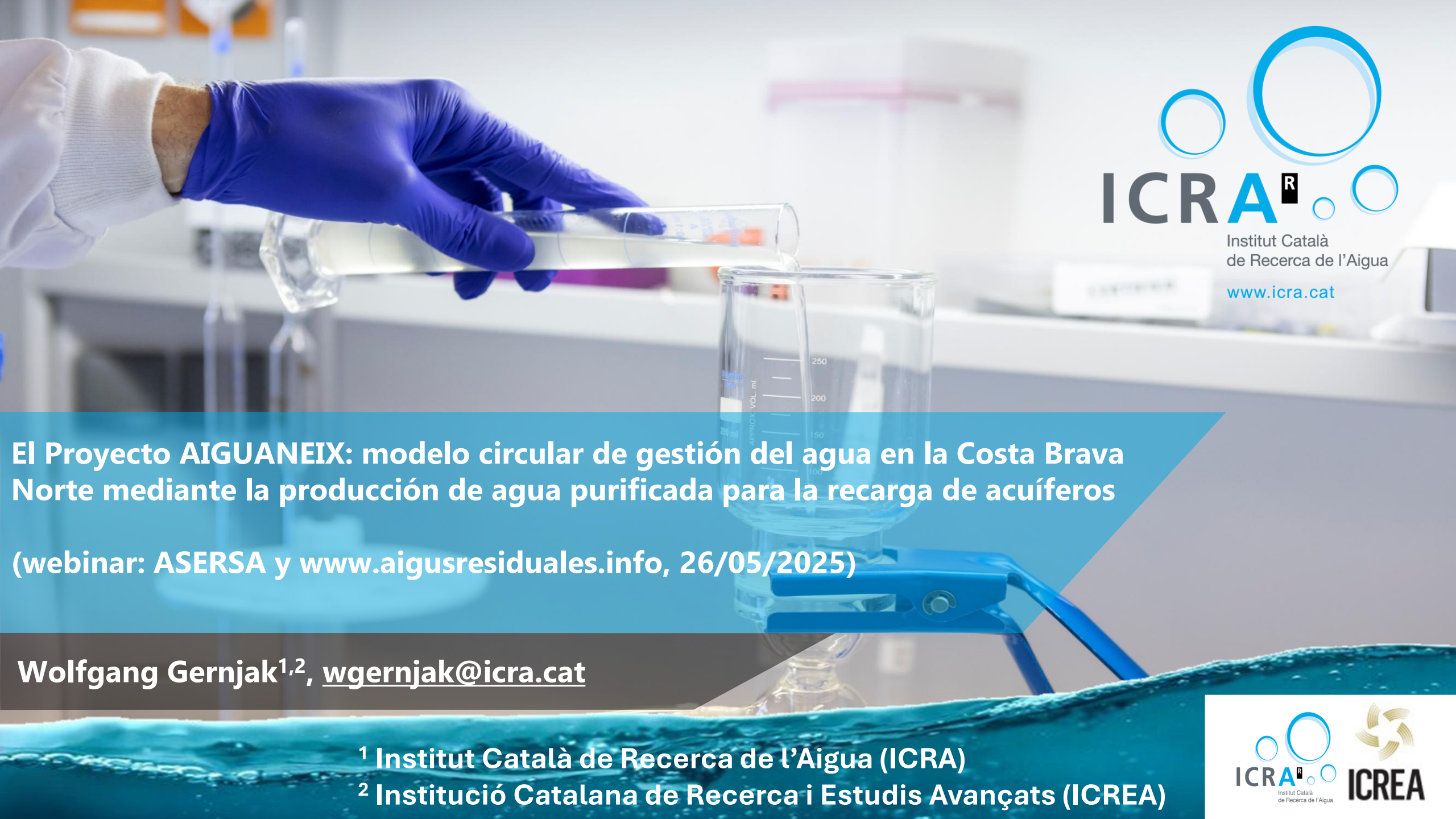


El Proyecto AIGUANEIX: modelo circular de gestión del agua en la Costa Brava Norte mediante la producción de agua purificada para la recarga de acuíferos

(webinar: ASERSA y www.aigusresiduales.info, 26/05/2025)

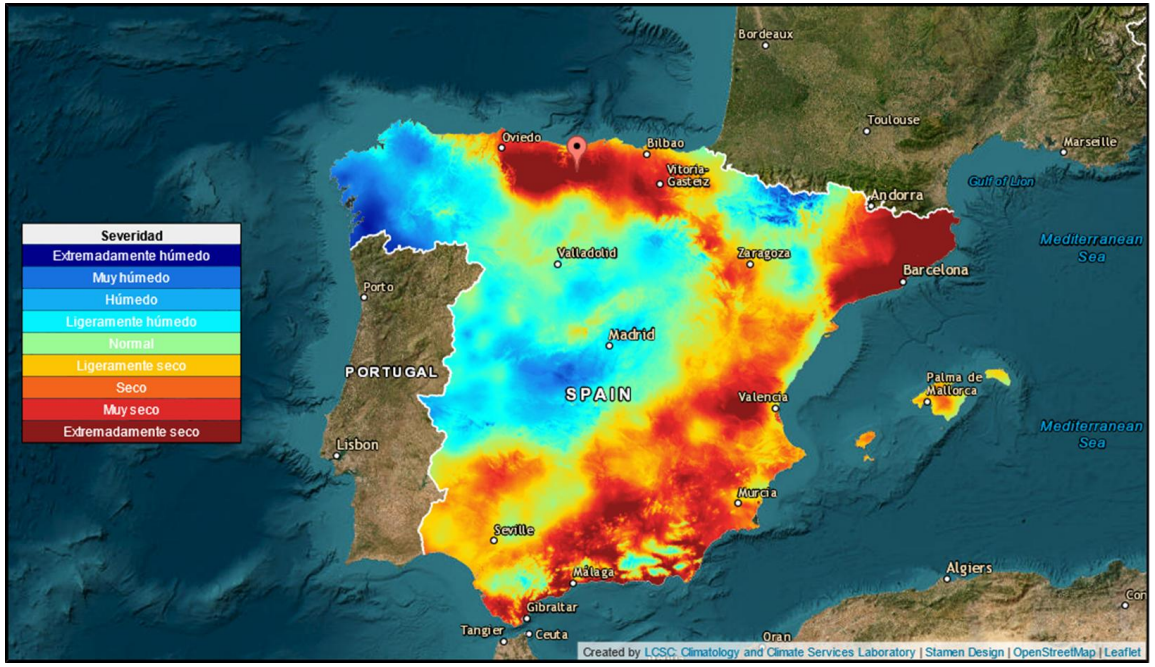
Wolfgang Gernjak[1,2], wgernjak@icra.cat

[1] Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA)
[2] Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA)

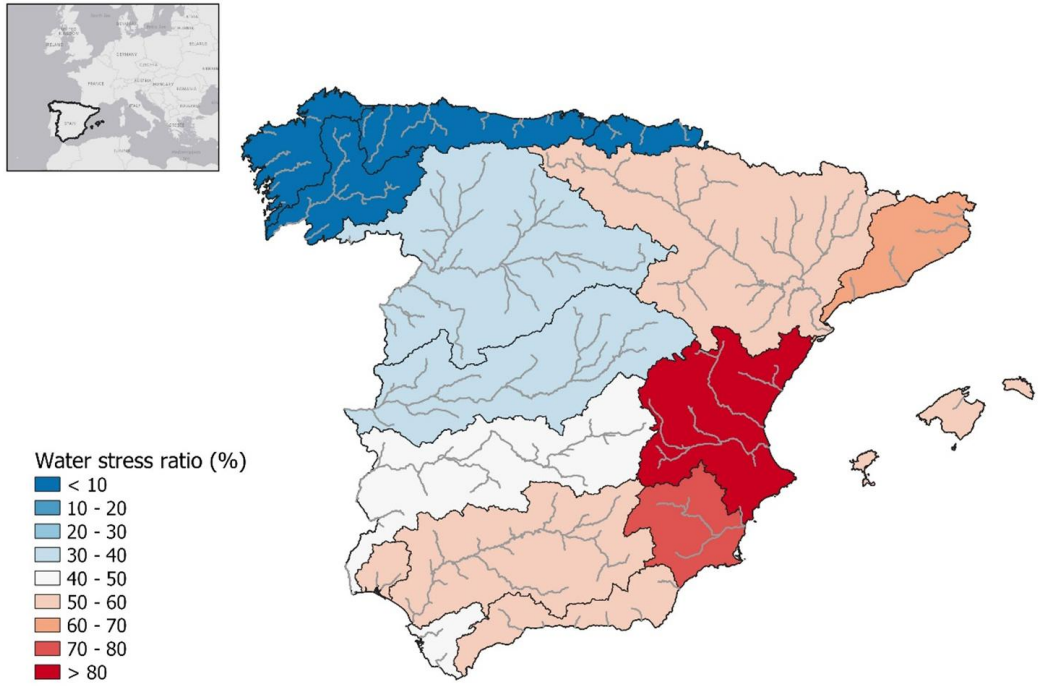
ICRA Institut Català de Recerca de l'Aigua
www.icra.cat

ICRA Institut Català de Recerca de l'Aigua ICREA

El cambio climático – una realidad incómoda



SPEI - Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index durante de la reciente sequía en España.



Ratio de estrés hídrico en España. Planes hidrológicos para el periodo 2022-2027. period (MITECO, España).

Disminución de las precipitaciones y mayor evapotranspiración durante largos períodos de tiempo (incremento de los eventos extremos)
Enorme presión sobre los recursos disponibles (superficiales y subterráneos)

Índice

- ¿Por qué este tren de tratamiento?
- Aspectos claves – calidad de agua química
- Aspectos claves – calidad de agua microbiológica
- Validación y verificación: ejemplo ósmosis inversa
- Surge un plan…
- El valor de la experiencia
- El valor de contar la experiencia
- El efecto catalizador – más allá de AIGUANEIX: el proyecto RECREATE

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, pesticids, subproductos

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, plaguicidas, subproductos

Acciones de control

- Eliminación en origen
- Separación física
- Inactivación o transformación

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, pesticids, subproductos

Acciones de control

- Eliminación en origen
- Separación física
- Inactivación o transformación

Tratamientos

- AS – fango activado
- SF – filtro arena
- MCA_{pf} – monocloramina preformada
- MCA_{is} – monocloramina formada in situ
- UF – ultrafiltración
- RO** - ósmosis inversa, dos etapas
- RO* - ósmosis inversa, una etapa
- AOP_{H2O2} – proceso de oxidación avanzada con H_2O_2
- AOP_{HOCl} – proceso de oxidación avanzada con HOCl
- GAC – Filtro carbón activo granular
- Rem. – Remineralización, filtro carbonado cálcico
- Cl_2 – cloración u otra desinfección

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, pesticids, subproductos

Acciones de control

- Eliminación en origen
- Separación física
- Inactivación o transformación

Agua regenerada

(baja calidad)

Tratamientos

- AS – fango activado
- SF – filtro arena
- MCA_{pf} – monocloramina preformada
- MCA_{is} – monocloramina formada in situ
- UF – ultrafiltración
- RO** - ósmosis inversa, dos etapas
- RO* - ósmosis inversa, una etapa
- AOP_{H2O2} – proceso de oxidación avanzada con H_2O_2
- AOP_{HOCl} – proceso de oxidación avanzada con HOCl
- GAC – Filtro carbón activo granular
- Rem. – Remineralización, filtro carbonado cálcico
- Cl_2 – cloración u otra desinfección

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, pesticids, subproductos

Acciones de control

- Eliminación en origen
- Separación física
- Inactivación o transformación

Tratamientos

- AS – fango activado
- SF – filtro arena
- MCA_{pf} – monocloramina preformada
- MCA_{is} – monocloramina formada in situ
- UF – ultrafiltración
- RO** - ósmosis inversa, dos etapas
- RO* - ósmosis inversa, una etapa
- AOP_{H2O2} – proceso de oxidación avanzada con H_2O_2
- AOP_{HOCl} – proceso de oxidación avanzada con HOCl
- GAC – Filtro carbón activo granular
- Rem. – Remineralización, filtro carbonado cálcico
- Cl_2 – cloración u otra desinfección

Agua regenerada
(baja calidad)

Agua regenerada
(alta calidad)

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, pesticids, subproductos

Acciones de control

- Eliminación en origen
- Separación física
- Inactivación o transformación

Tratamientos

- AS – fango activado
- SF – filtro arena
- MCA_{pf} – monocloramina preformada
- MCA_{is} – monocloramina formada in situ
- UF – ultrafiltración
- RO** - ósmosis inversa, dos etapas
- RO* - ósmosis inversa, una etapa
- AOP_{H2O2} – proceso de oxidación avanzada con H_2O_2
- AOP_{HOCl} – proceso de oxidación avanzada con HOCl
- GAC – Filtro carbón activo granular
- Rem. – Remineralización, filtro carbonado cálcico
- Cl_2 – cloración u otra desinfección

Agua regenerada (baja calidad)

Agua regenerada (alta calidad)

Agua purificada

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, pesticids, subproductos

Acciones de control

- Eliminación en origen
- Separación física
- Inactivación o transformación

Tratamientos

- AS – fango activado
- SF – filtro arena
- MCA_{pf} – monocloramina preformada
- MCA_{is} – monocloramina formada in situ
- UF – ultrafiltración
- RO** - ósmosis inversa, dos etapas
- RO* - ósmosis inversa, una etapa
- AOP_{H2O2} – proceso de oxidación avanzada con H_2O_2
- AOP_{HOCl} – proceso de oxidación avanzada con HOCl
- GAC – Filtro carbón activo granular
- Rem. – Remineralización, filtro carbonado cálcico
- Cl_2 – cloración u otra desinfección

Agua regenerada (baja calidad)

Agua regenerada (alta calidad)

Agua purificada

Contenedor experimental AIGUANEIX

Tren de tratamiento

Materia prima

- Agua residual doméstico y turístico con intrusión agua marina
- EDAR/PTAR sin nitrificación

Peligros

- Microbiológico: Patógenos
- Químico inorgánico: Metales etc
- Químico orgánico: Emergentes, pesticids, subproductos

Acciones de control

- Eliminación en origen
- Separación física
- Inactivación o transformación

Tratamientos

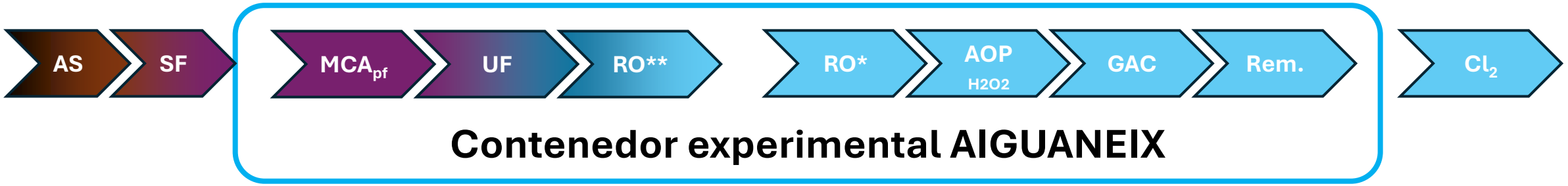
- AS – fango activado
- SF – filtro arena
- MCA_{pf} – monocloramina preformada
- MCA_{is} – monocloramina formada in situ
- UF – ultrafiltración
- RO** - ósmosis inversa, dos etapas
- RO* - ósmosis inversa, una etapa
- AOP_{H2O2} – proceso de oxidación avanzada con H_2O_2
- AOP_{HOCl} – proceso de oxidación avanzada con HOCl
- GAC – Filtro carbón activo granular
- Rem. – Remineralización, filtro carbonado cálcico
- Cl_2 – cloración u otra desinfección

Agua regenerada (baja calidad)

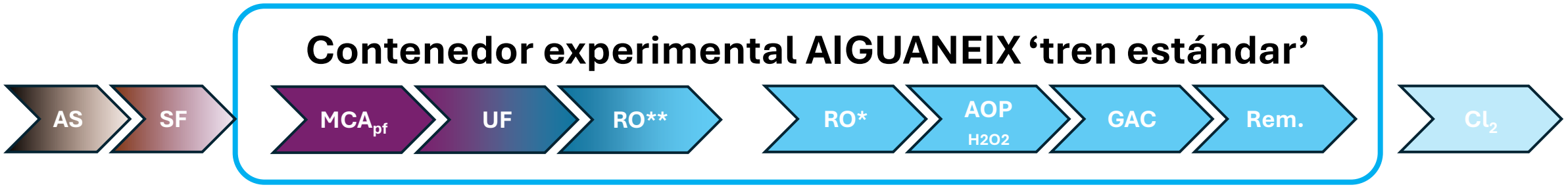
Agua regenerada (alta calidad)

Agua purificada

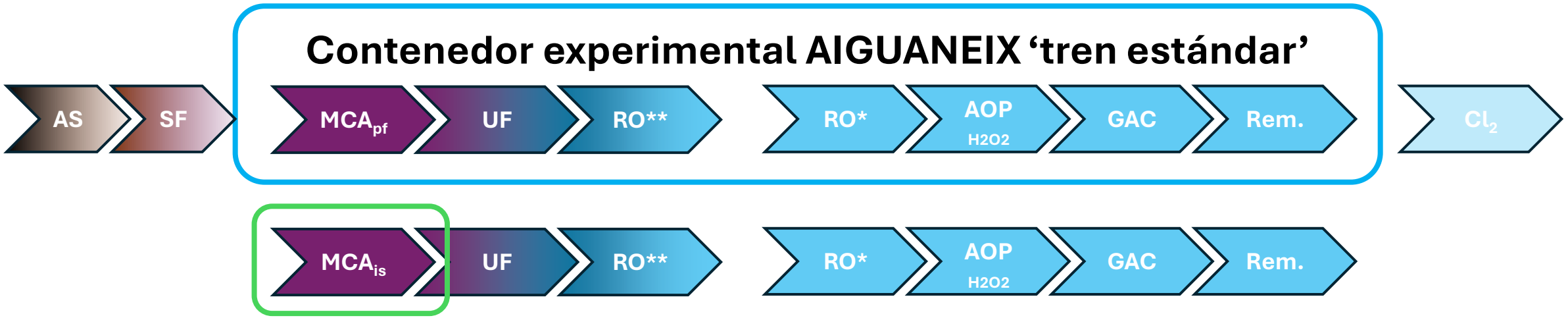
Transporte



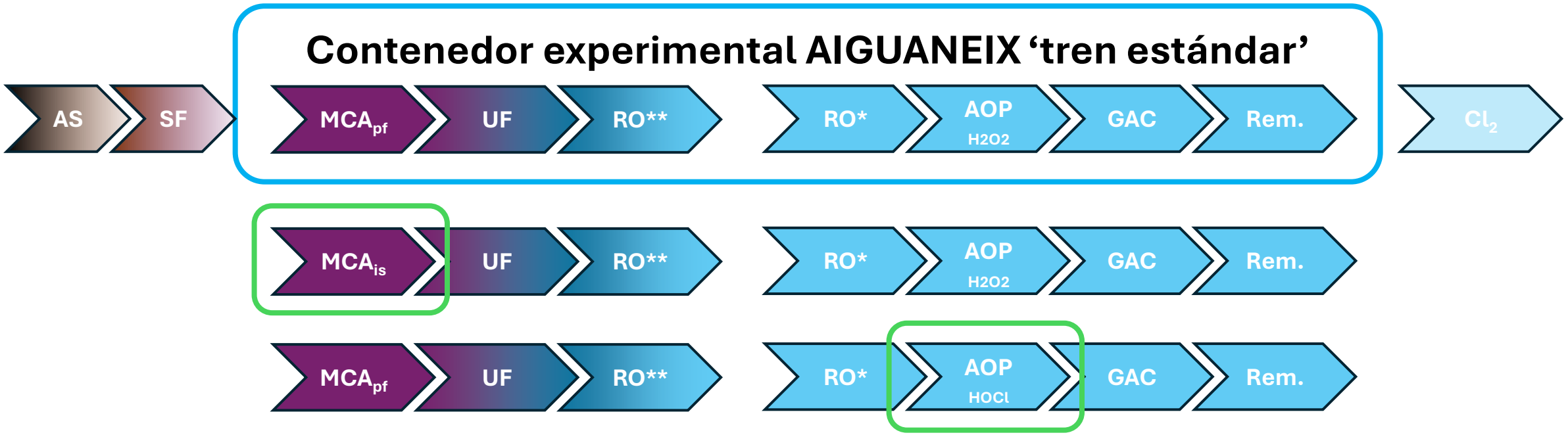
Tren de tratamiento - opciones



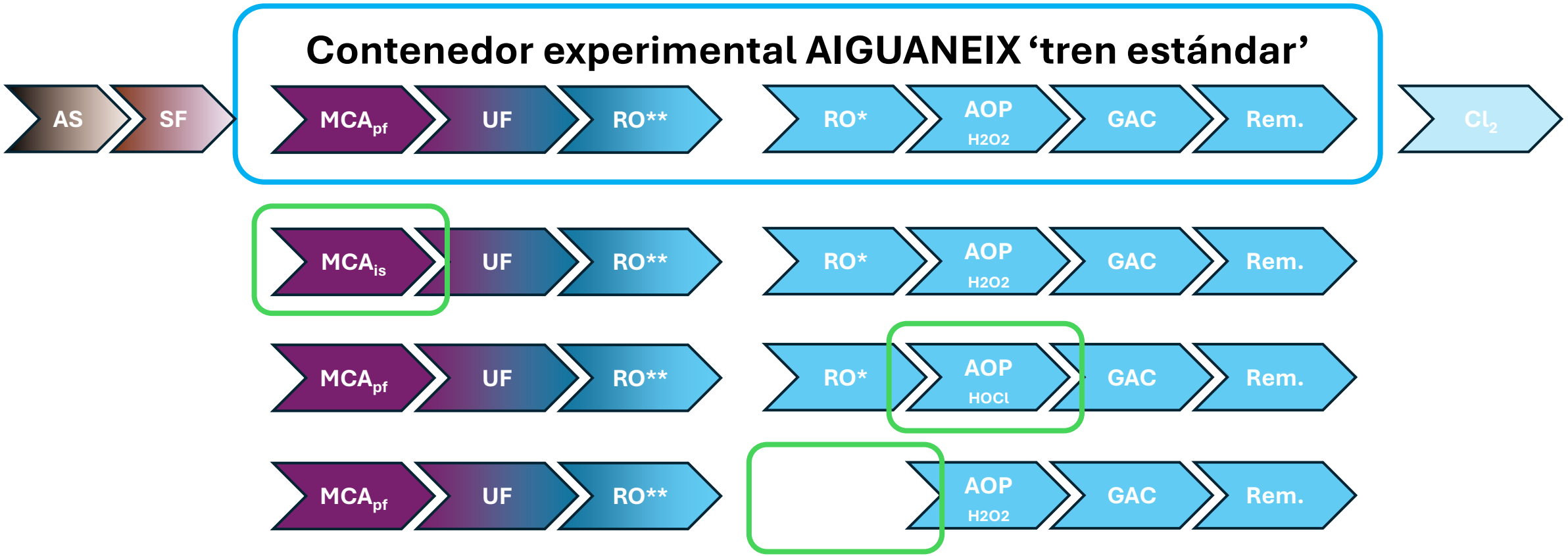
Tren de tratamiento - opciones



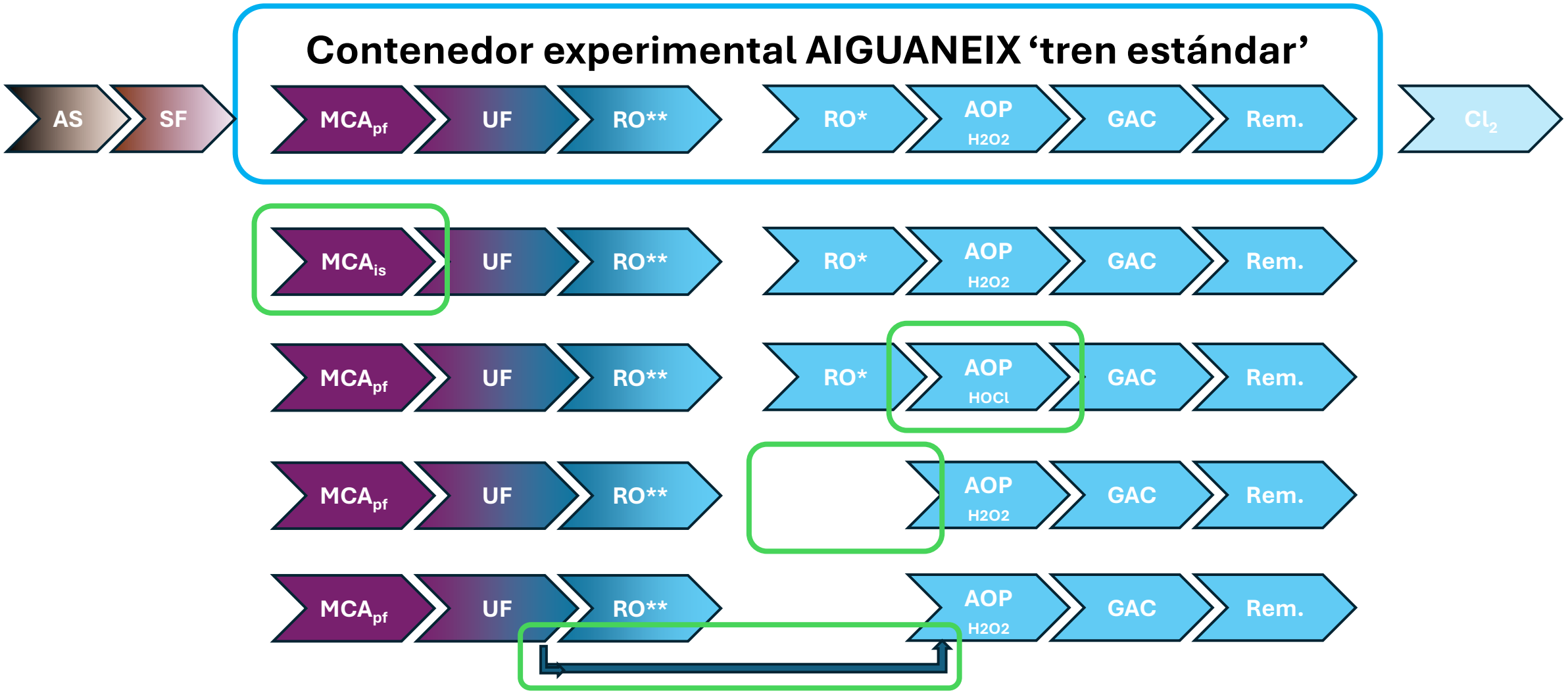
Tren de tratamiento - opciones



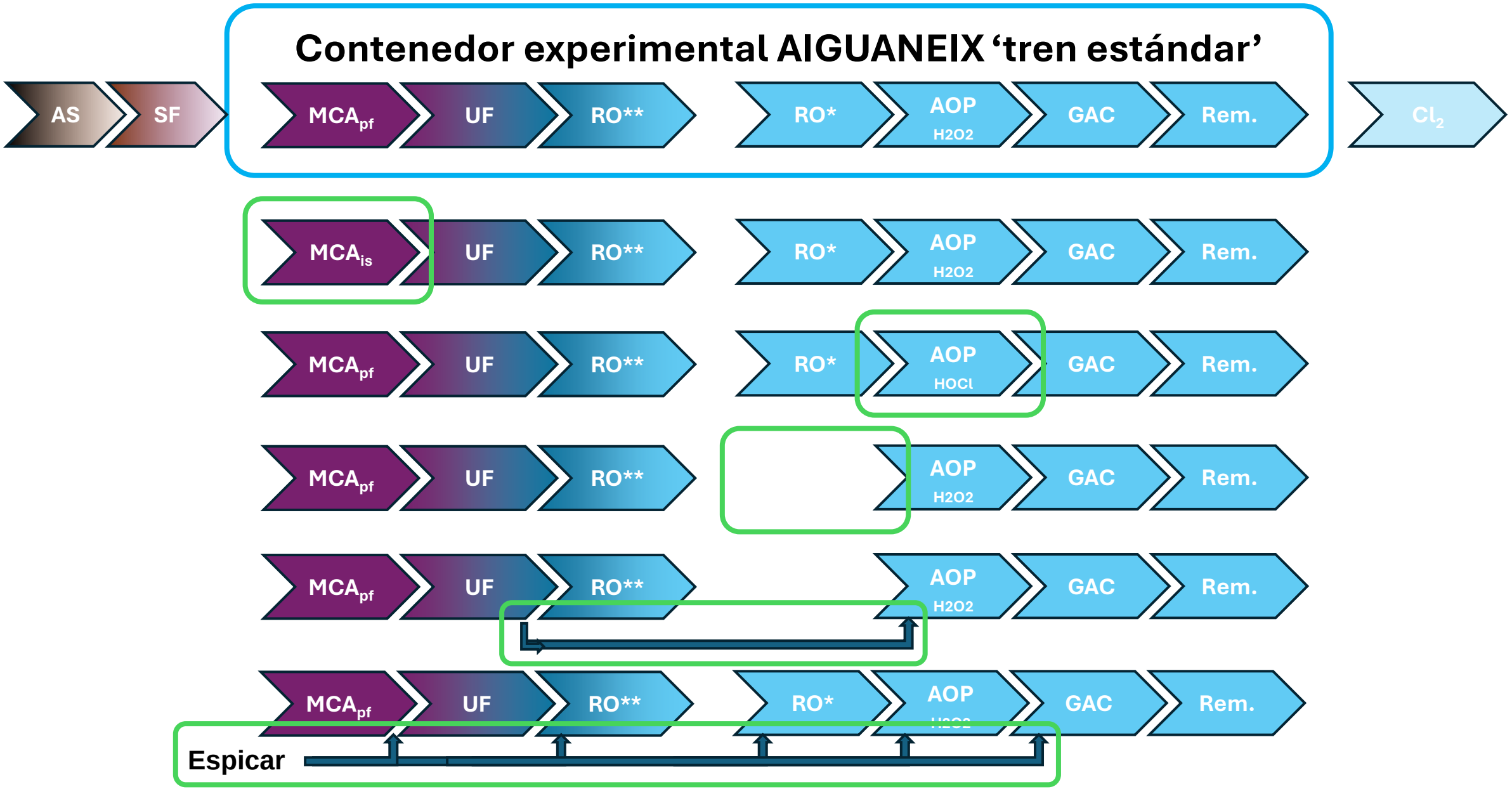
Tren de tratamiento - opciones



Tren de tratamiento - opciones



Tren de tratamiento - opciones



Criterios de selección de contaminantes inorgánicos, orgánicos y DBPs

Literatura y guias:

- RD03/2023
- Resultados pruebas ACA Reutilización ERA Prat de Llobregat https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161339
- Resultados pruebas proyecto Demoware (Port de la Selva)
- Otras experiencias CACBGi en la zona Costa Brava Norte
- Experiencias internacionales (p. ej., Orange County, Western Corridor Recyled Water Project)

Calidad de agua química

Metales pesados

- Hg, Cd, Pb, Sb, As, Se, Sn, Cr, B (tóxicos) + Mn, Fe, Sr (proceso)

Plaguicidas

- Glifosato, AMPA, DEET, terbutrina, cibutrina

Contaminantes emergentes

- Fármacos: p.ej. carbamacepina, gabapentina, diclofenac, etc.
- Indicadores y metabolitos drogas: cafeina, acesulfam, tolytriazol, metabolitos extasy y canabis

Subproductos de desinfección

- Regulados: THMs, HAAs
- No regulados: Haloacetonitrilos
- No regulados: nitrosaminas (NDMA)

Calidad de agua microbiológica

Los organismos monitorizados se basan fundamentalmente en EC2020/741 (U.E.) y RD03/2023

Indicadores

- Bacterias aeróbicas 22ºC, Bacterias aeróbicas 37ºC, Escherichia coli, Esporas Clostridium perfringens, colífagos somáticos

Patógenos

- Campylobacter, Cryptosporidium parvum, enterovirus

Cryptosporidium parvum

Campylobacter

Enterovirus

Marco de gestión de riesgo

Es algo más complicado que esto, pero se asemeja…

- Analizar el sistema y caracteriza los riesgos (análisis de peligros y valoración de riesgo)
- Definir una estrategia de controlar el riesgo (gestión de riesgo)
- Documentar el plan y su implementación (Planes de Seguridad del Agua)
- Periódicamente revisar y mejorar

Importancia de validación y verificación

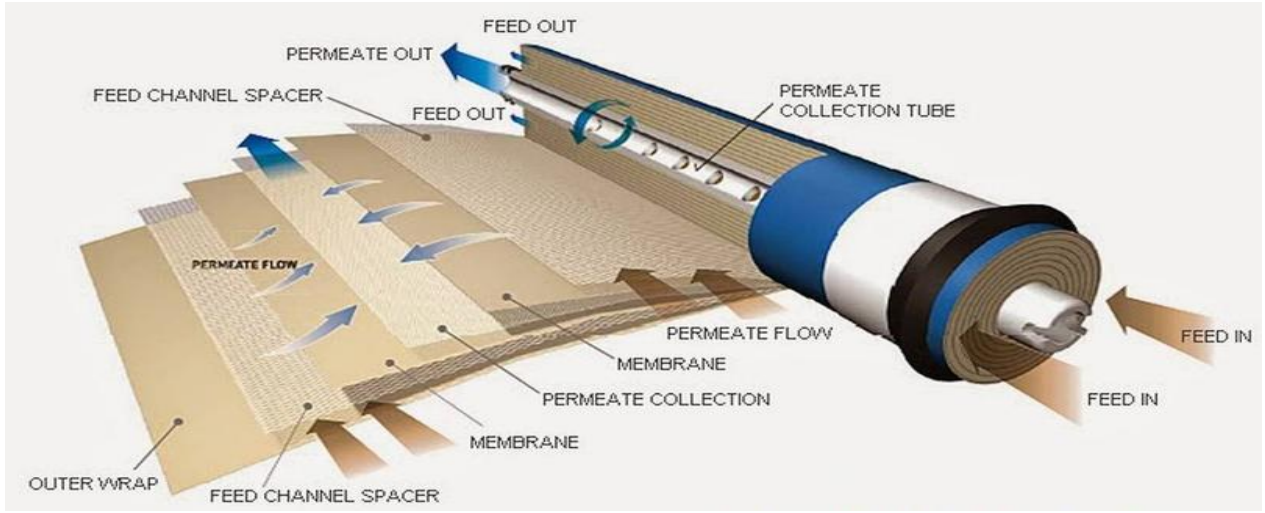
Eso está planteado muy bien (*‘validación’ de créditos logarítmicos*), pero está funcionando correctamente ahora (*‘verificación’*)?

Importancia de validación y verificación

Eso está planteado muy bien (*'validación' de créditos logarítmicos*), pero está funcionando correctamente ahora (*'verificación'*)?

Example: Reverse osmosis

Pype et al. (2016), https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.04.040



© image: www.membracon.com

© image: Orange County Groundwater Replenishment system

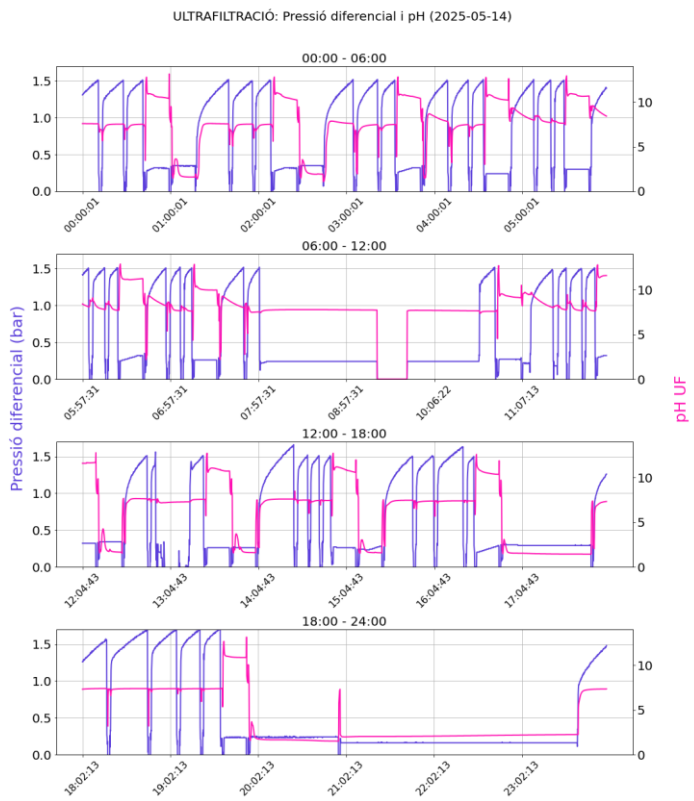
Surge un plan (experimental)…
…con objetivos

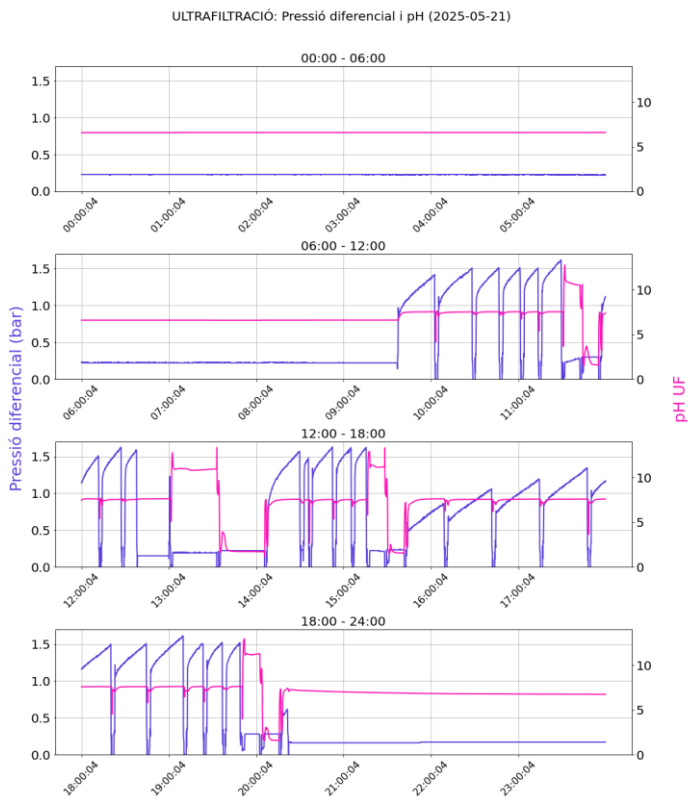
- Se prueban diferentes condiciones de filtración de membrana.
- Verificación del impacto de la manera de generación de monocloramina en la formación de NDMA (siguiendo Farré et al, 2011 - https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.10.090).
- Verificación de evaluación de barreras, p.ej. ósmosis inversa (siguiendo Pype et al, 2016 - https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.04.040).
- Evaluación de riesgos químicos y microbiológicos de forma experimental y teórica.
- Documentación apropiada en informes para guiar futuro trabajo.

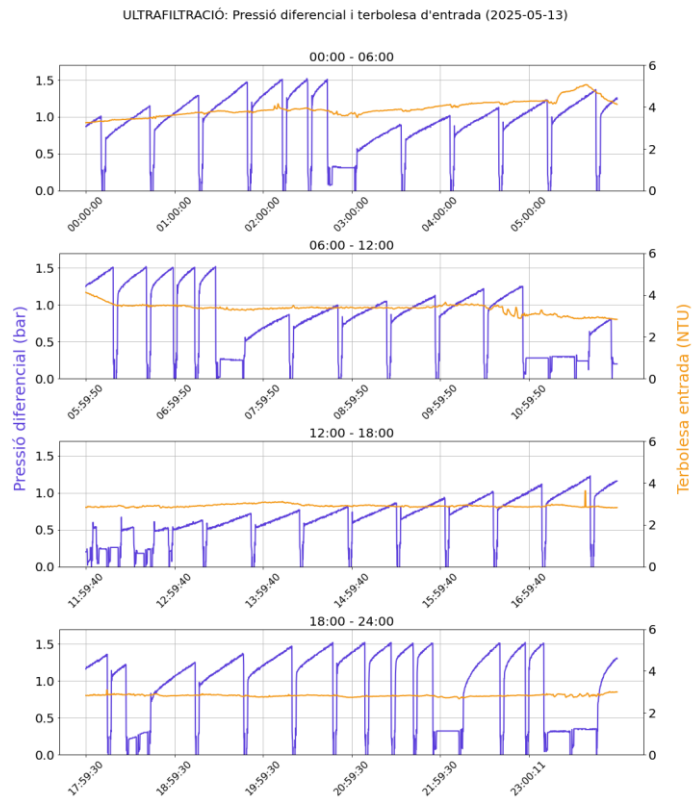
Fase de arranque del piloto hecho, comienza la ejecución del plan.

El valor de la experiencia

- P.ej. pruebas UF: se necesitó varias semanas de pruebas para controlar bien contralavados químicos

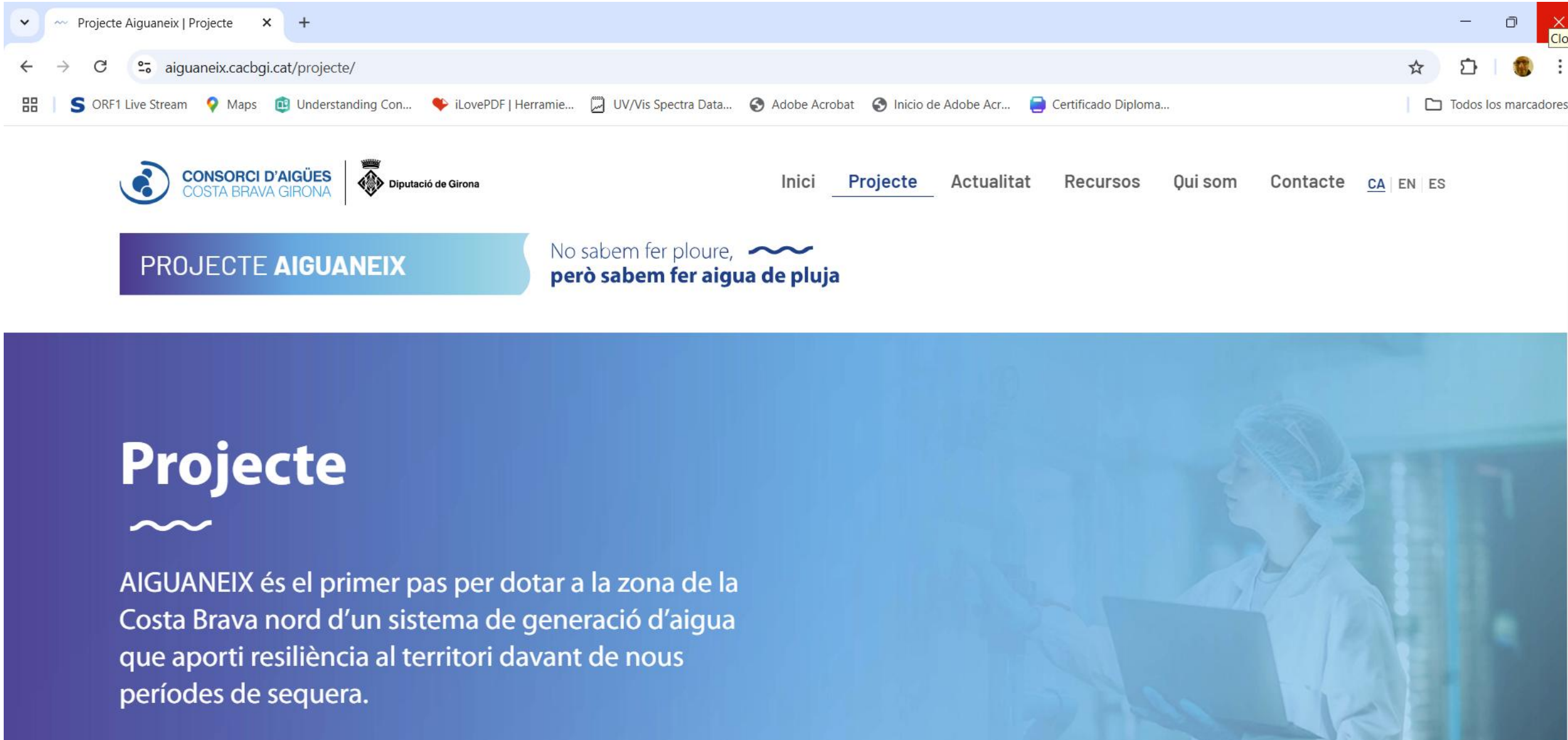






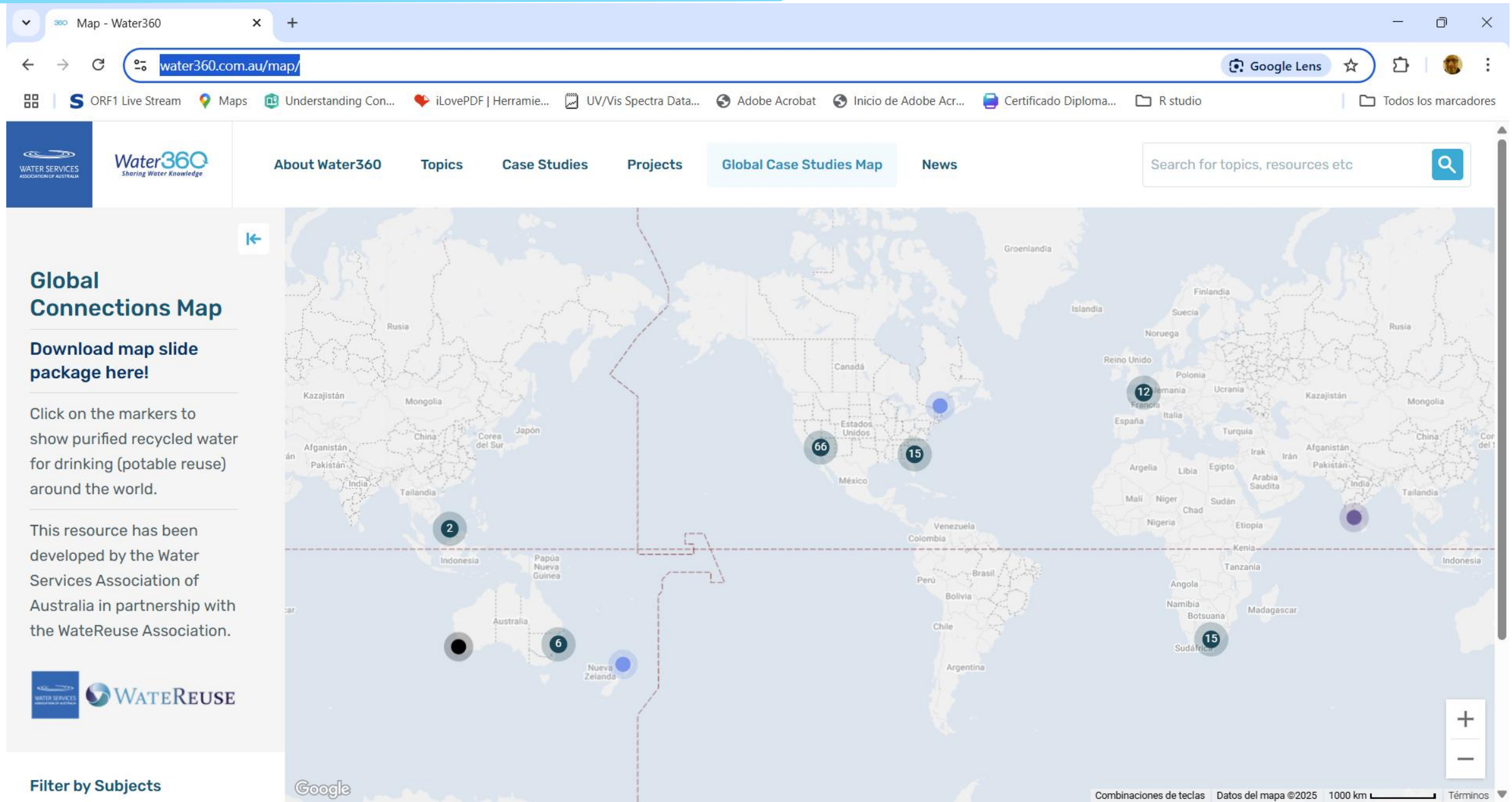
- **Es una pérdida de tiempo o**
  una experiencia increíblemente valiosa que asegura personal calificado?

El valor de contar la experiencia



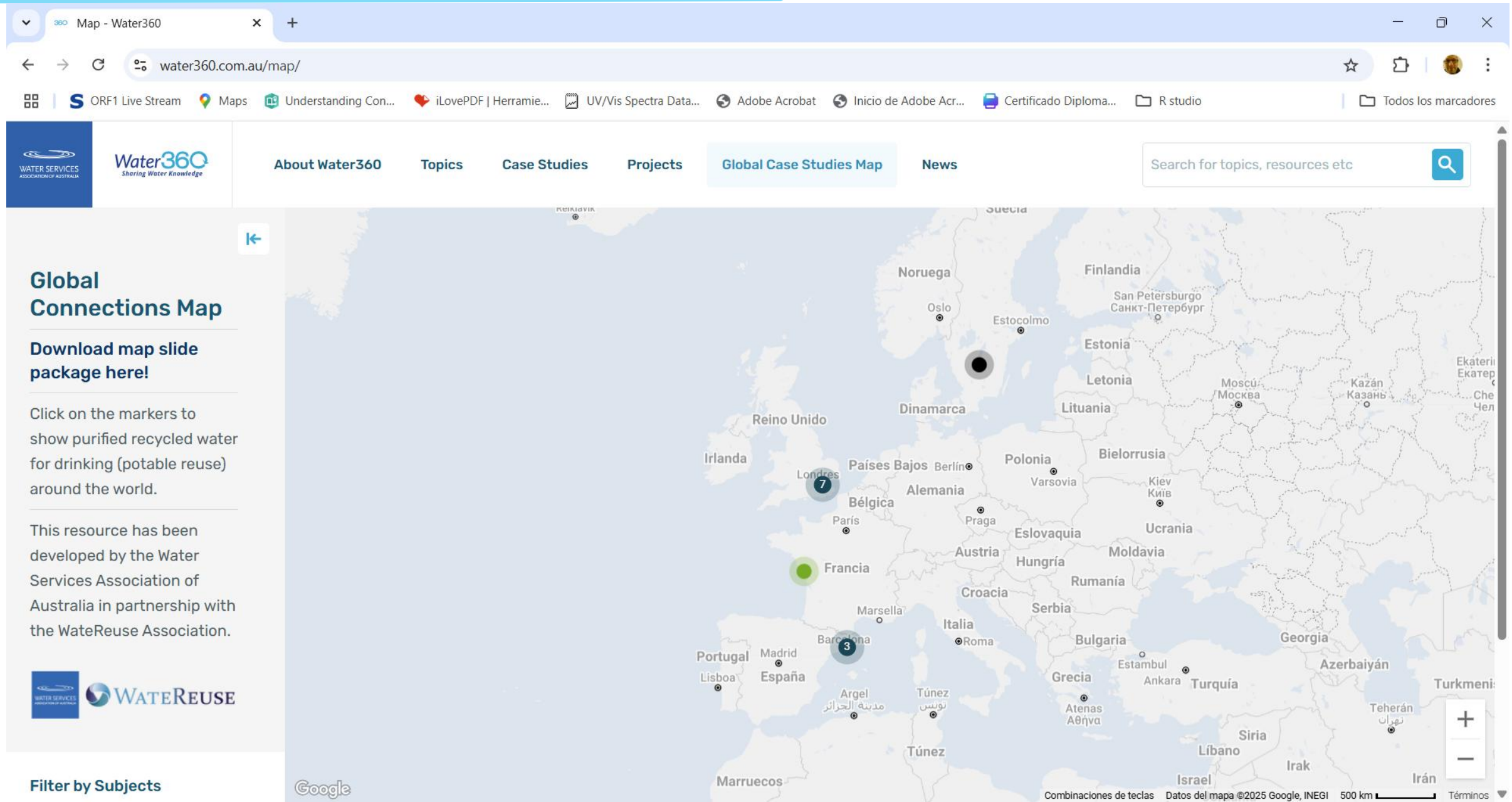
El valor de contar la experiencia

https://water360.com.au/map/



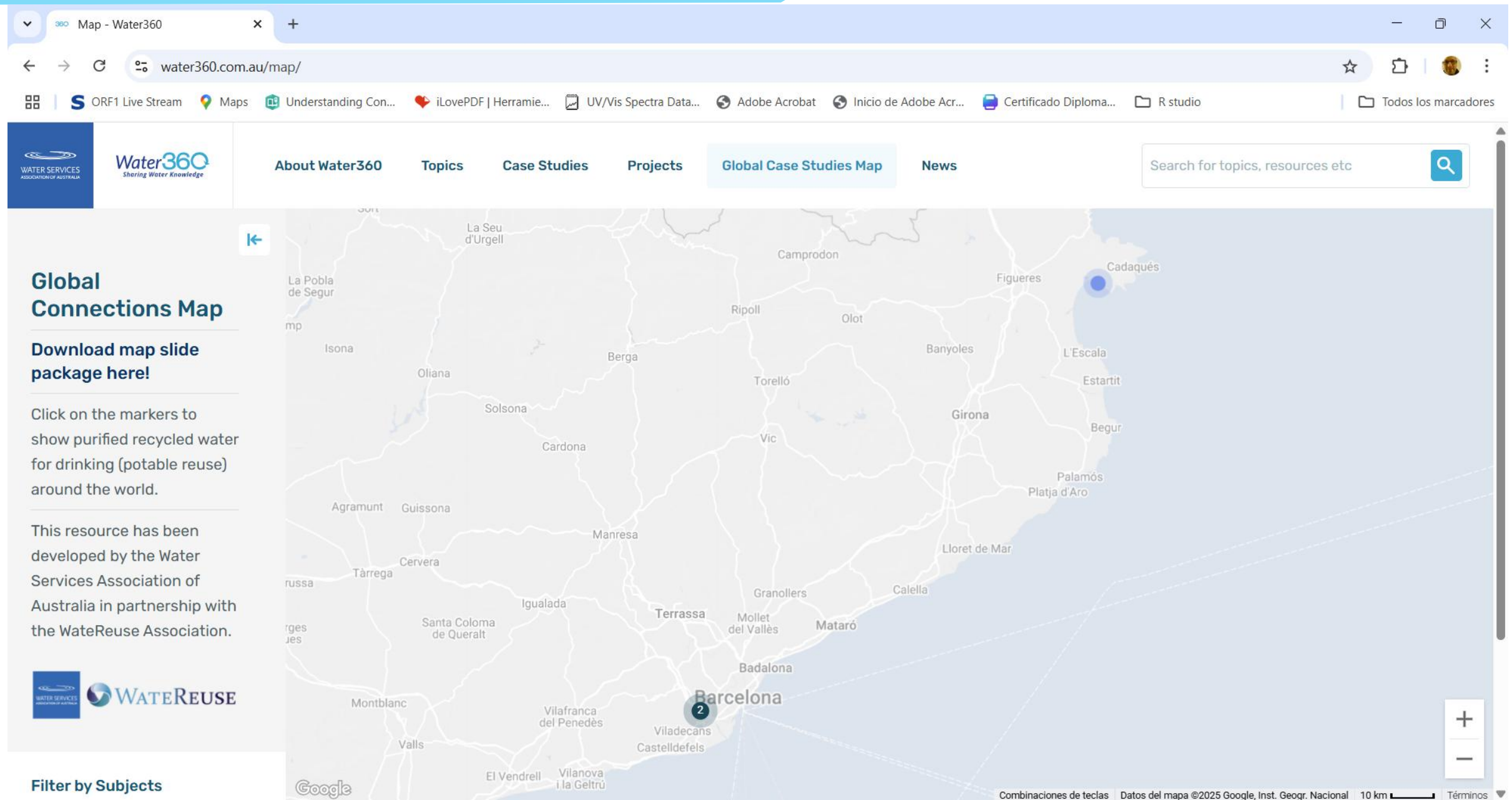
El valor de contar la experiencia

https://water360.com.au/map/



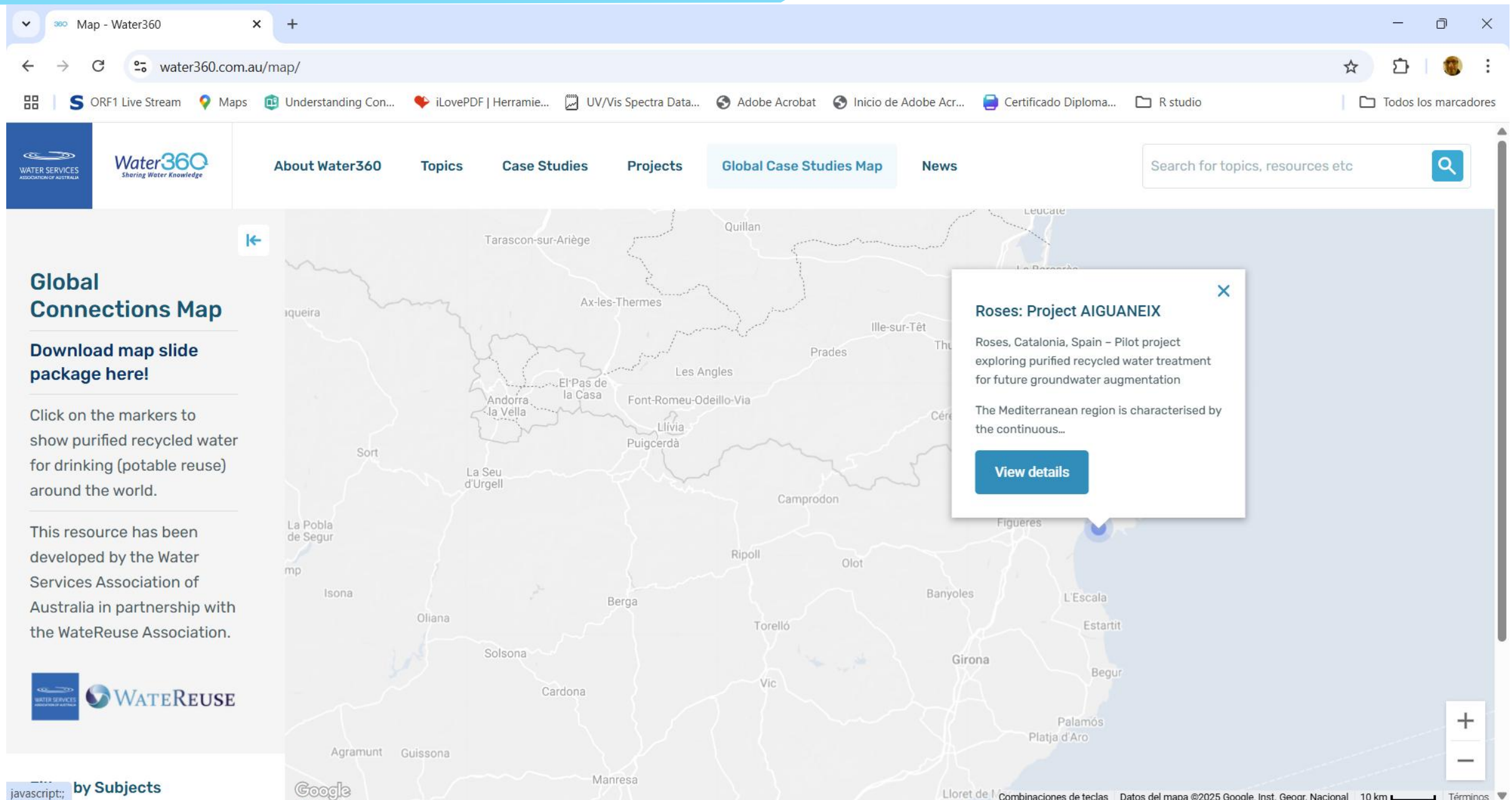
El valor de contar la experiencia

https://water360.com.au/map/



El valor de contar la experiencia

https://water360.com.au/map/



El efecto catalizador – el proyecto RECREATE (2024 – 2027)

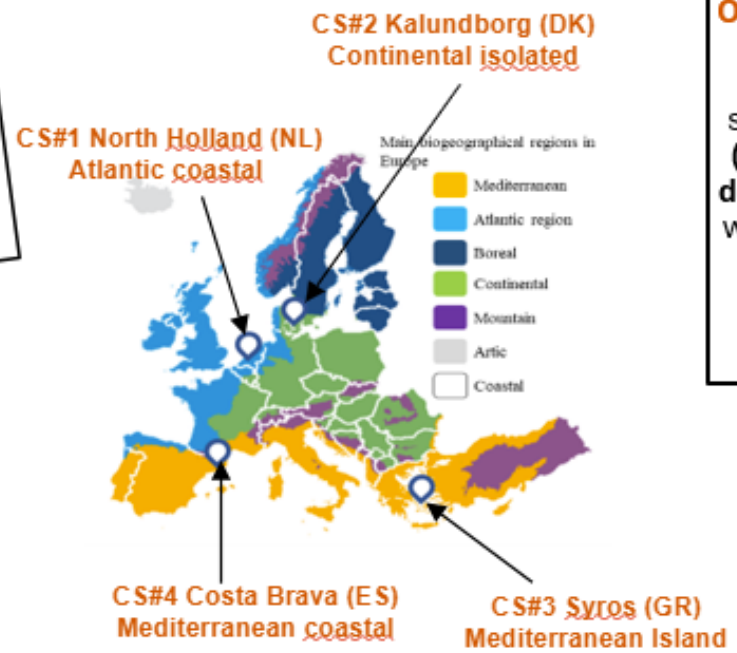
https://recreate4water.eu/

RECREATE

Key objectives & outcomes

O1 - Identify, collect, and integrate qualitative and quantitative knowledge and **technical, environmental, regulatory, and economic data related to AWR strategies and technologies.**

O2 - Upscale and demonstrate innovative technologies and strategies to overcome specific barriers and drawbacks of selected AWR, to **improve the efficiency, reliability, safety, and cost effectiveness of AWR.**



O3 - Develop and provide a **digital modular framework** to help **decision making stakeholders** assess the **economic, environmental, and socio-economic impacts** of several water management scenarios at multiple temporal and spatial scales while considering future water demands and availability.

O4 - Develop **water resilience packages at four demo-sites**, strategically located in 3 of the most water-stressed biogeographical regions of Europe, which showcase the integration of **5 current AWR strategies (rainwater harvesting, seawater and brackish water desalination, water reclamation, and aquifer storage)** with existing conventional water sources for a variety of uses, including industrial, agricultural, and urban (potable and non-potable).

O5 - Ensure **public awareness, acceptance of, and trust in potable use of AWR.**

O6 - Actively **disseminate and transfer the solutions, tools and knowledge** developed to end-users (water utilities, regulatory authorities, and decision-makers).

El efecto catalizador – el proyecto RECREATE (2024 – 2027)

https://recreate4water.eu/

- Oportunidades directamente relacionados con el contenedor experimental: Instalación de sensores adicionales, desarrollo de algoritmos.
- Evaluación de datos climáticos para diferentes escenarios (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5)
- Desarrollo de diferentes escenarios futuros para lograr un balance sostenible de recursos hídricos disponibles y demanda de agua.
- Interacción con las partes interesadas locales. Oportunidades adicionales para diseminación.

Índice

- ¿Por qué este tren de tratamiento?
- Aspectos claves – calidad de agua química
- Aspectos claves – calidad de agua microbiológica
- Validación y verificación: ejemplo ósmosis inversa
- Surge un plan…
- El valor de la experiencia
- El valor de contar la experiencia
- El efecto catalizador – más allá de AIGUANEIX: el proyecto RECREATE

Conclusiones principales

- CACBGi ha formado un equipo pluriinstitucional y pluridisciplinar para ejecutar el proyecto AIGUANEIX, que es clave para abrir el camino hacia nuevas opciones de crear recursos hídricos institucionales.

- CACBGi con el apoyo del gobierno local y regional ha creado una instalación versátil para demostrar la viabilidad de producir agua purificada partiendo de una EDAR de tamaño medio y local.

- AIGUANEIX ejecutará un plan ambicioso que se documentará adecuadamente, dejando un legado para la propia institución, sus socios y más allá.

- AIGUANEIX crea capacidad humana, que será necesaria para operar plantas a escala industrial de forma segura.

- CACBGi y la Diputación de Girona comunican abiertamente sobre el proyecto AIGUANEIX a través de diferentes canales de diseminación.

Agradecimientos

Direcció del projecte i finançament:

CONSORCI D'AIGÜES COSTA BRAVA GIRONA

Diputació de Girona

Amb el suport de:

Agència Catalana de l'Aigua

Direcció científica: ICRA, KWB, eurecat

Construcció i manteniment: Agbar, Protecmed

Direcció de l'obra: Energi

Conducció experimental: transparenta, UTE Transparenta Sanejament Costa Brava

Creació de materials divulgatius: Anthesis

Aquesta actuació ha estat desenvolupada pel Consorci d'Aigües Costa Brava Girona i ha rebut l'atorgament de la subvenció de l'Agència Catalana de l'Aigua amb número d'expedient REU001/20/000139, obtinguda en el marc de la convocatòria per a la realització d'inversions per a l'execució d'actuacions de reutilització d'aigua regenerada, feta pública per Resolució TES/642/2021, de 4 de març (DOGC núm. 8362 d'11 de març de 2021, ref. BDNS 552136).

RECREATE (Reliability and Effectiveness of Integrated Alternative Water Resources Management for Regional Climate Change Adaptation) is funded by the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under grant agreement No. 101136598.

ICRA
Institut Català de Recerca de l'Aigua

Gracias por vuestra atención!

Marc Parés, mpares@cacbgi.cat
Wolfgang Gernjak, wgernjak@icra.cat

PATRONAT

Generalitat de Catalunya

Universitat de Girona

Agència Catalana de l'Aigua

AMB EL SUPORT DE

MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

MEMBRE DE

CERCA Centres de Recerca de Catalunya