

La gestión de los recursos hídricos en la “nueva” normalidad climática mediterránea

Catedrático de Ingeniería Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) y presidente de ASERSA

25 Aniversario de AGUAS DE PONTA PRETA (APP)

Sal - Cabo Verde, 17 de mayo de 2025

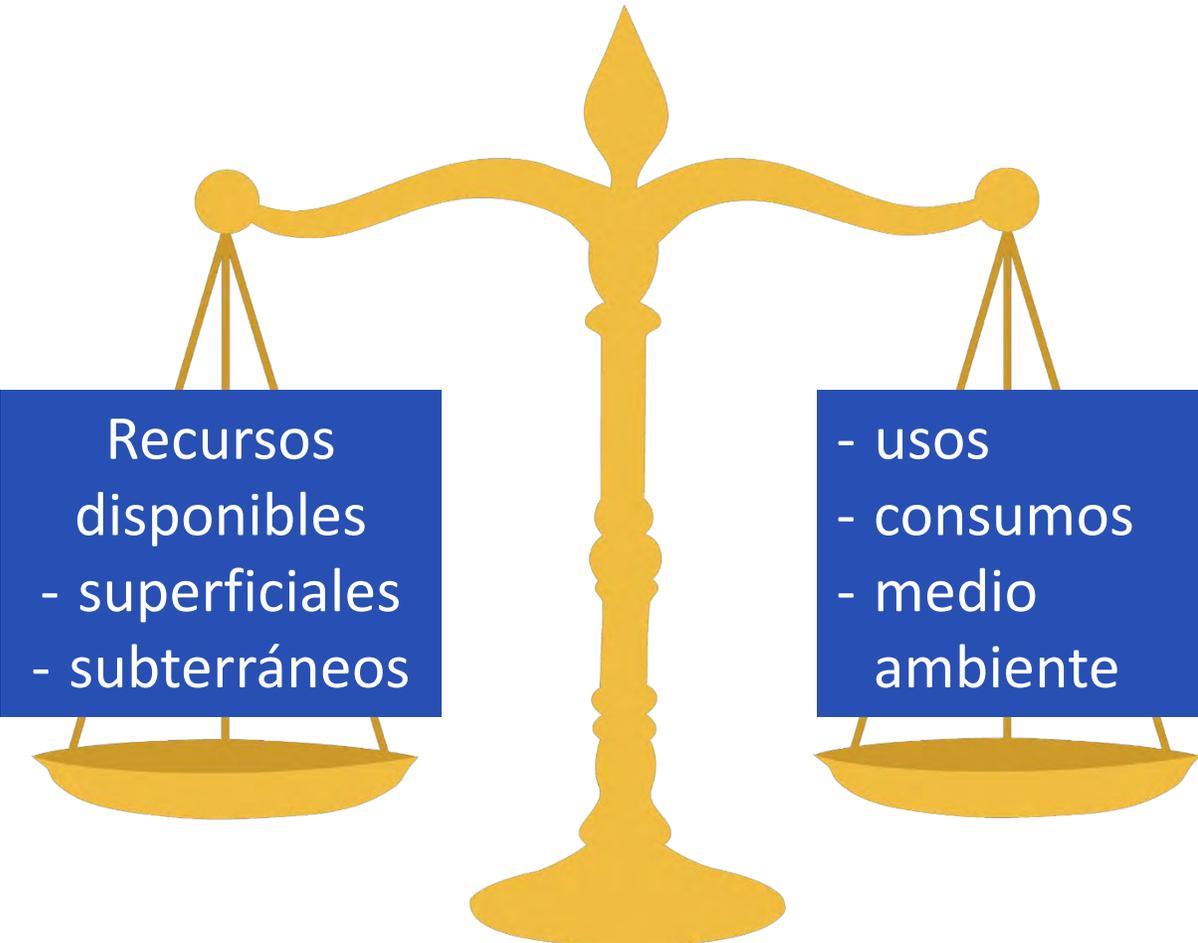
Objetivos



1. Presentar los retos de la gestión integrada del agua en las condiciones demográficas y climatológicas actuales
2. Describir las estrategias disponibles para dar **fiabilidad** al sistema
3. Analizar el papel de la regeneración y la reutilización del agua en la **gestión integrada** de los recursos hídricos
4. Ilustrar los logros en zonas mediterráneas: **nuestro gemelo climatológico**
5. Presentar varios proyectos emblemáticos españoles
6. Reflexionar sobre el futuro hídrico en zonas de clima mediterráneo **el suministro de agua regenerada o purificada**

1. El reto actual: *equilibrar, con fiabilidad*

- precipitaciones
- evaporación
- regulación
- vertido al mar

- 
- Recursos disponibles
- superficiales
 - subterráneos

- usos
- consumos
- medio ambiente

- ambientales
- urbanos
- agrícolas
- industriales
- jardinería
- refrigeración
- energía

En un “nuevo” contexto climático



- **Disponibilidad:**
 - **Mayor irregularidad** pluviométrica: **mayor incertidumbre hídrica**
 - **Mayor incertidumbre energética:** geopolítica, disponibilidad y costes
 - **Nexus** agua-energía: aportaciones de CO₂ y uso de energías renovables
- **Usos y consumos:**
 - Usos concentrados en zonas urbanas metropolitanas (**megalópolis**)
 - Una población creciente: +8.000 M hab; 10.000 M hab (2060-80)
 - Notables variaciones estacionales causadas por el turismo
 - Una agricultura abastecedora de alimentos
 - Una industria necesitada de **fiabilidad de suministro, “just in time”**

Conceptos innovadores

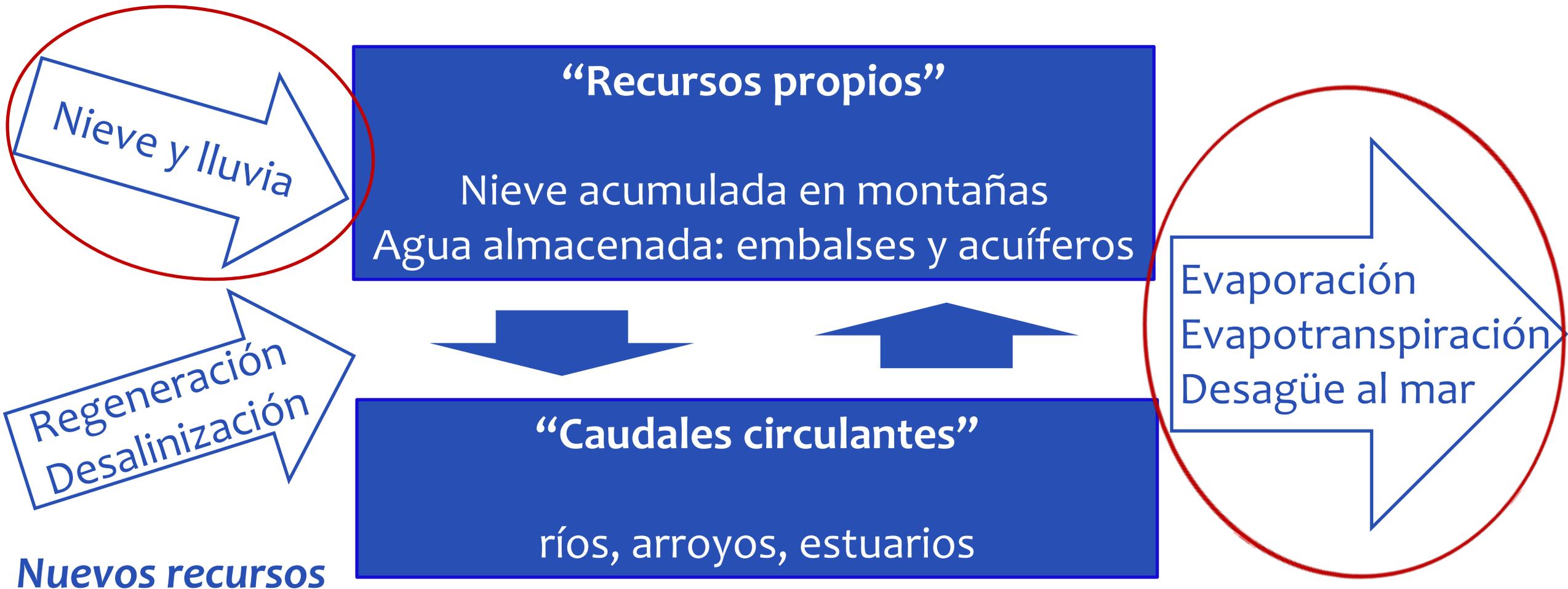


- **Gestión integrada (*sistémica*):**
 - Énfasis en las interrelaciones de sus elementos, además de la totalidad
 - Diferencia entre integrada (*sistémica*) e integral (totalidad)
- **ONE WATER:** el recurso *es único*, con diferente
 - estado: vapor, agua (líquido), nieve y hielo (sólido)
 - ubicación: superficial, subterráneo
 - calidad: agua de mar, agua salobre, agua dulce, agua usada, agua regenerada

La unidad de cuenca: *una visión integrada*



Un patrimonio de agua dulce (utilizable)



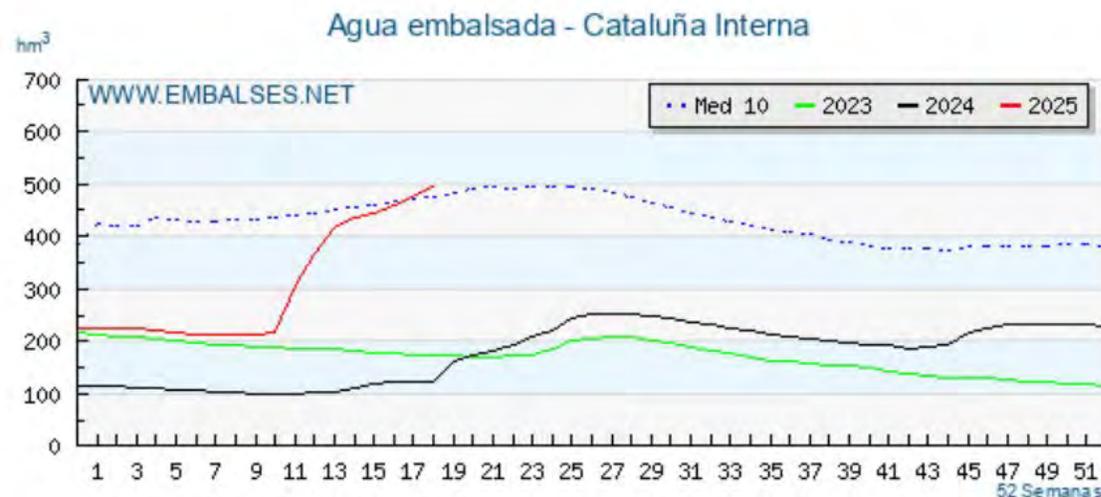
Aportaciones (cada vez más) irregulares

Agua embalsada en España

Agua embalsada (05-05-2025):	43.144 hm ³	76.99 %
Variación semana Anterior:	310 hm ³	0.55 %
Capacidad:	56.041 hm ³	
Misma Semana (2024):	36.953 hm ³	65.94 %
Misma Semana (Med. 10 Años):	35.480 hm ³	63.31 %

Cuenca: Cataluña Interna

Agua embalsada (05-05-2025):	497 hm ³	73.41 %
Variación semana Anterior:	20 hm ³	2.95 %
Capacidad:	677 hm ³	
Misma Semana (2024):	123 hm ³	18.17 %
Misma Semana (Med. 10 Años):	473 hm ³	70.00 %



¡Seguirá lloviendo, a pesar de las sequías!

2. Estrategias de gestión disponibles

- **6 estrategias** para satisfacer los usos con los recursos disponibles en una cuenca hidrográfica:
- **Tradicionales** (promueven una *gestión eficiente* de los “activos”)
 1. Preservación y mejora de las fuentes de agua (*evitar vertidos*; mejorar *saneamiento*)
 2. Ahorro y uso eficiente del agua (*Smart Water, digitalización*)
 3. *Regulación (hidrológica)* de recursos: acuíferos y embalses (en y *fuera* del río)
 4. Compartir agua entre usuarios (*gestión más eficiente*)
 - mediante Consorcios y Mancomunidades de una cuenca
 - transferencias (trasvases, *traídas*) entre cuencas (*aporta recursos*)

“Nuevas” estrategias de gestión



- 2 estrategias innovadoras
 5. *Regeneración (planificada) del agua (en proceso de legitimización)*
 6. *Desalinización de aguas salobres y marinas (legitimada)*
- *En la costa:*
 - *ambas aportan recursos netos adicionales*
- *En el interior:*
 - *la regeneración aporta recursos fiables y de calidad*
 - *la desalinización puede ser inviable, por la distancia a la fuente de agua*

3. ¿No estamos reutilizando ya?

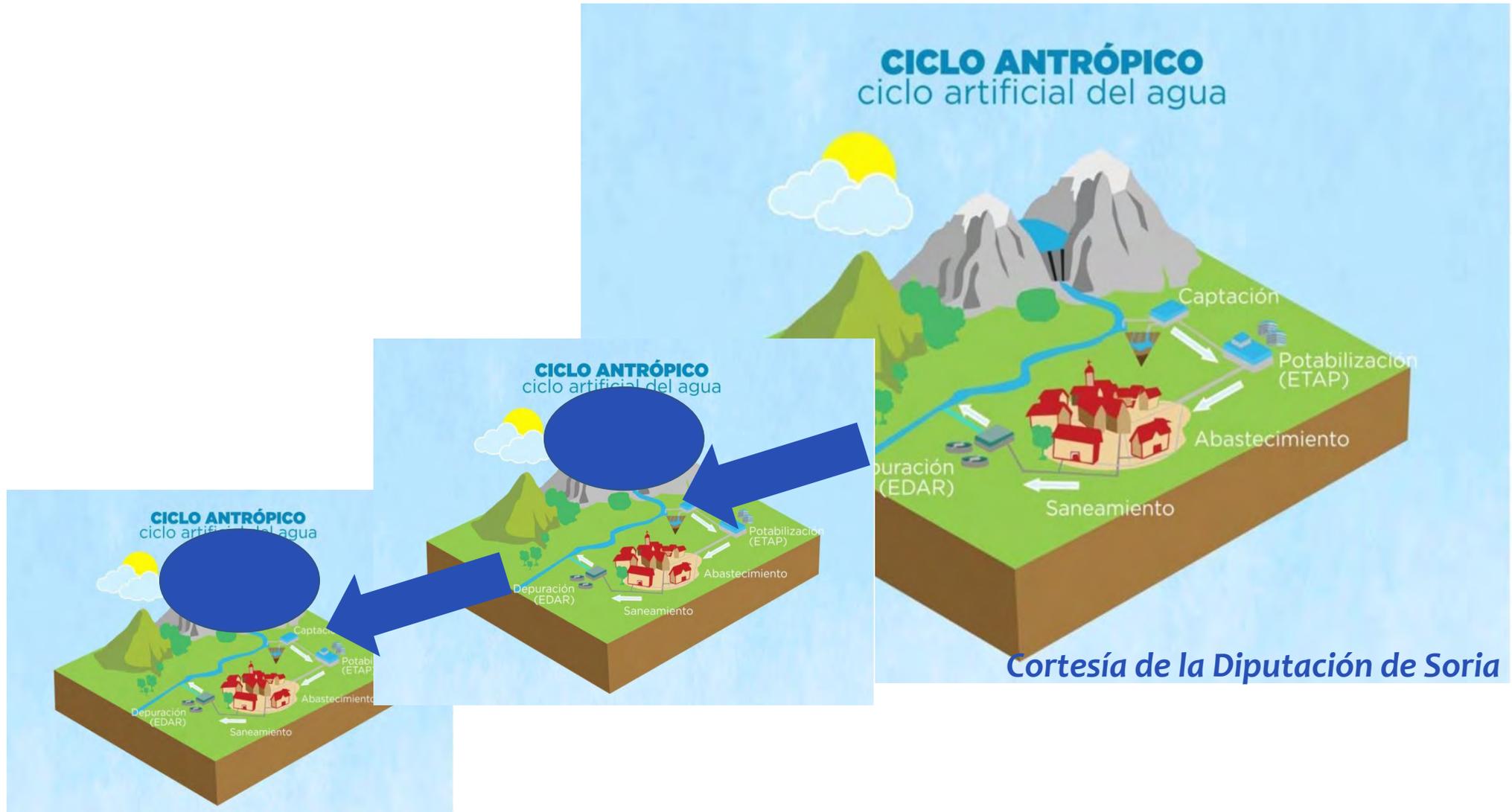


- La reutilización viene ocurriendo desde *tiempo inmemorial*
- Reutilización *indirecta, incidental, no planificada, “de facto”*:
 - Vertidos aguas arriba, diluidos y vueltos a captar
 - (Casi) todos *“vivimos...aguas abajo”*
 - *Ocurre en todos los cursos de agua del mundo: en diferentes grados*
- *Legitimada* por la praxis, la historia, las costumbres, la legislación y las normas

El uso antrópico del agua dulce



Reutilización incidental, progresiva



La reutilización “*planificada*” del agua



- Reutilización *planificada* del agua o simplemente *reutilización del agua*
 - Más reciente, mitad siglo XX
- Tiene una *larga tradición de éxitos* (Windhoek, 1968),
- Disponemos de numerosos proyectos emblemáticos en zonas semi-áridas y mediterráneas
- Afronta el gran reto de su *legitimación*: suele estar *prohibida o rechazada*
- Para legitimarla necesitamos impulsar:
 - *apoyo normativo, financiero/constructivo, y de gestión* de las autoridades de recursos hídricos y sanitarias
 - *campañas de comunicación*: mejorar su *percepción y aceptación públicas*

Motivaciones para adoptarla



1. Disponer de fuentes de suministro “*nuevas, adicionales*”
 - *evitando las pérdidas* a la atmósfera o *al mar*
 - *aumentará la fiabilidad, la autosuficiencia*, con *fuentes locales*
 - La condición más motivadora: *LA SEQUÍA, intensa, plurianual*
2. Mejorar la gestión de las aguas depuradas:
 - ofreciendo *alternativas al vertido tradicional al medio acuático*
 - se avanza hacia el “*vertido cero*”, *preservando la calidad del medio receptor*
 - Una condición muy motivadora: la *protección ambiental*

Son opciones *independientes, pero pueden ser sucesivas*

Tiene sus beneficios



- Proporciona **recursos adicionales** (en la costa)
 - (nuevos, alternativos, no convencionales)
- Asegura una mayor **fiabilidad (garantía)** de suministro
- Amplía **la autosuficiencia** de los recursos
- Es una **fuentes local de agua** (evita las transferencias, las traídas)
- Ofrece un agua de **gran calidad**
- Permite una gestión integrada del agua **más sostenible**

y sus exigencias (retos)

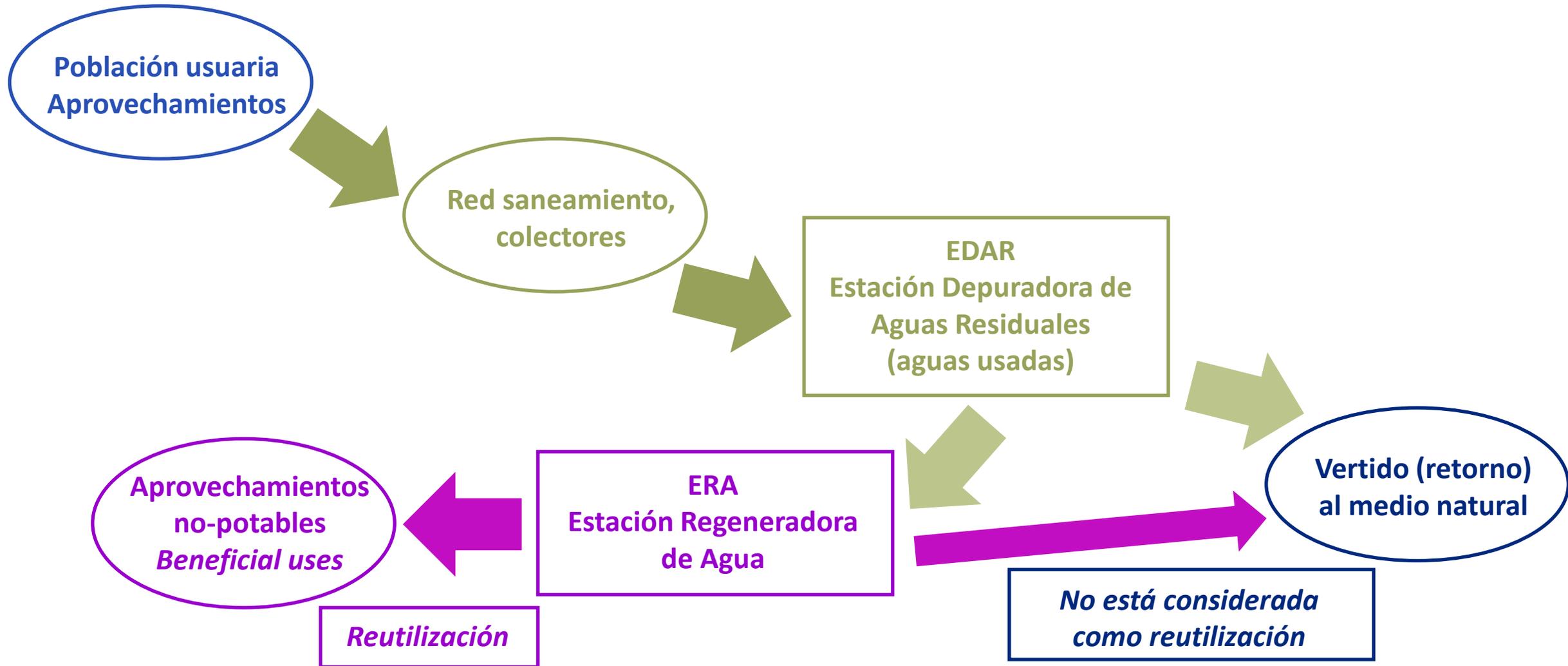
- Unas **normas de calidad** (protección sanitaria y ambiental)
- Un proceso de regeneración eficiente y fiable: **salto cualitativo**
- Una nueva mentalidad: **elaborar un producto**, en lugar de un residuo (EDAR)
- Una (**posible**) doble red de distribución
- Un mayor coste, a cambio de fiabilidad, de disponibilidad
- **Conseguir su legitimación, su aceptación “pública”**:
 - Contradice el **statu quo** normativo y de percepción de uso
- Una **voluntad política** de hacer de la regeneración y la reutilización un elemento básico de la gestión integrada del agua

Para diversas aplicaciones

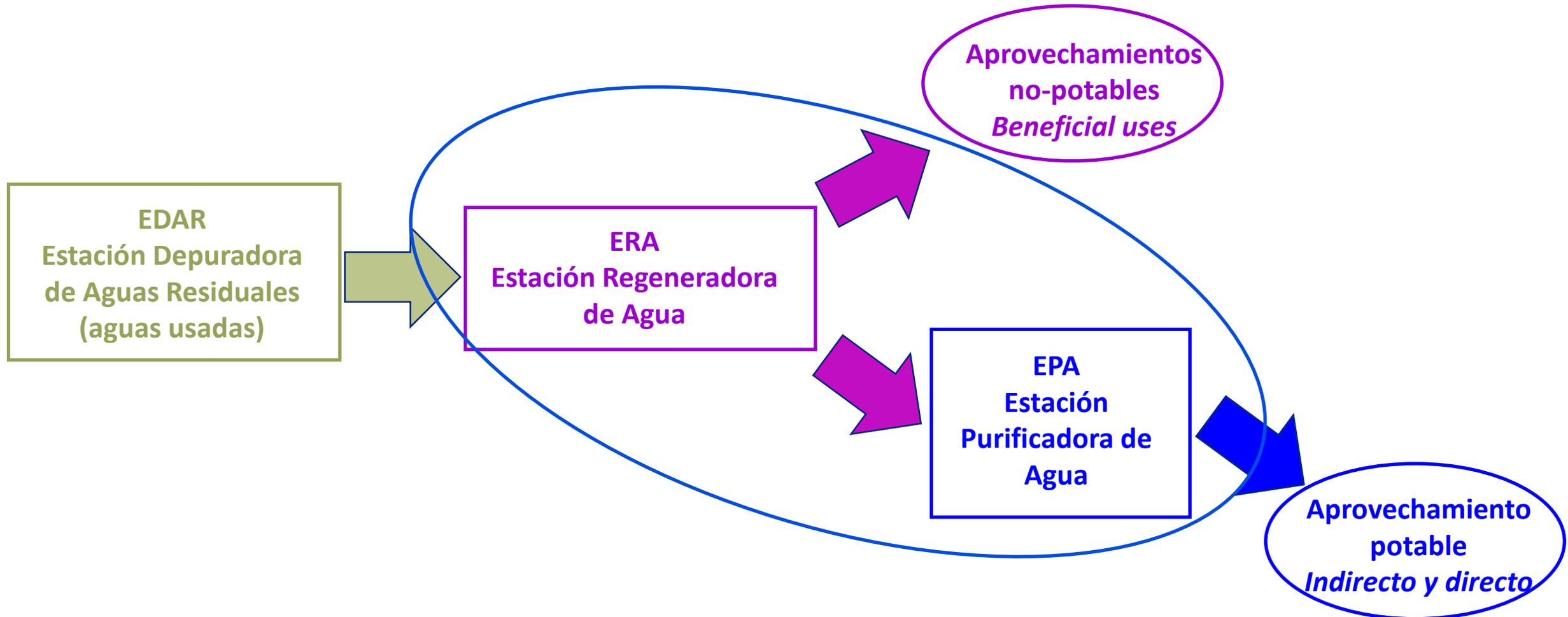


- Reutilización **no potable** (sin ingestión humana):
 - Riego agrícola y de jardinería
 - Preservación y mejora ambiental: humedales
 - Usos recreativos: lagos ornamentales
 - Usos industriales: refrigeración, lavado, agua de proceso
 - Usos urbanos y domésticos: control de incendios, baldeo de calles, lavado de coches, refrigeración, riego, inodoros
- Reutilización **potable** (con ingestión humana):
 - Recarga de acuíferos: infiltración e inyección
 - Recarga de embalses (balsas, depósitos)
 - Aumento de aguas de abastecimiento

Regeneración “no potable”



Regeneración avanzada o “purificación”



Agua regenerada y agua purificada



**Vitoria-Gasteiz,
España, 1994**



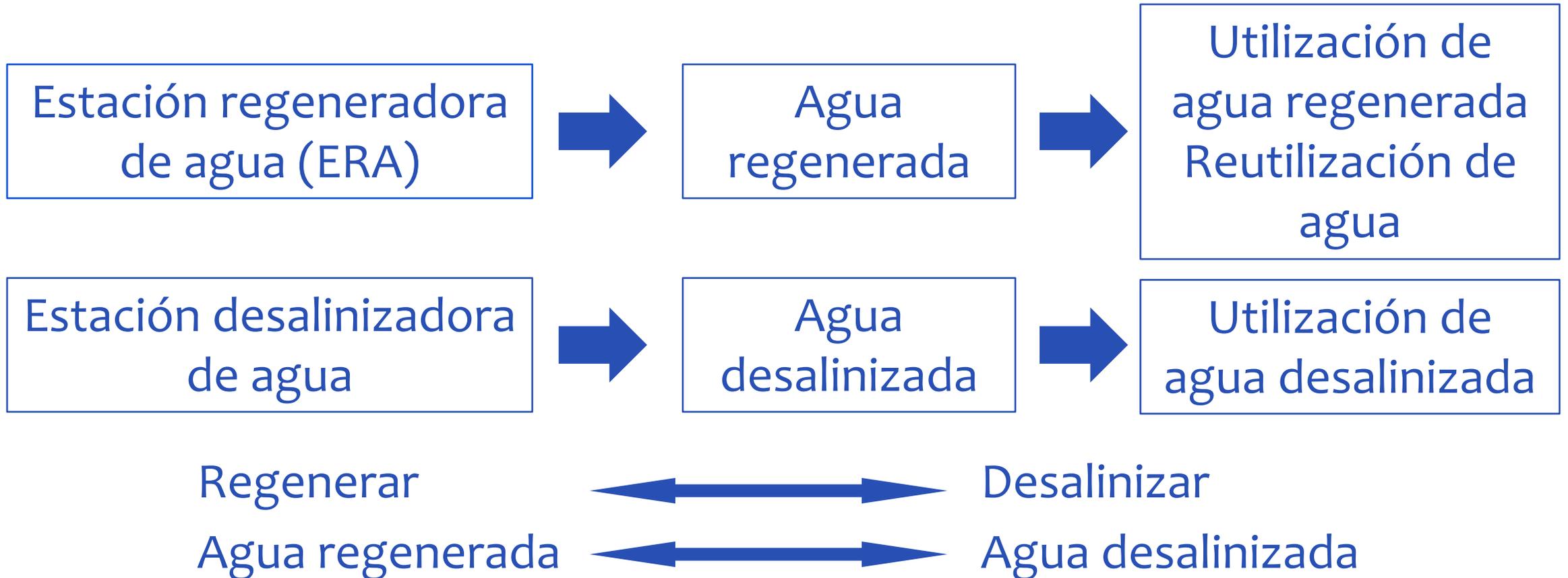
**Orange County Water District,
California, 2008**

Terminología (Reglamento UE 2020/741)



- **Regenerar agua:**
 - Se regenera agua (*se adecúa su calidad*) para un uso concreto
 - Se realiza en una *estación de regeneración de agua* (ERA)
- **Reutilizar agua:**
 - Se suministra agua regenerada a los usuarios, mediante:
 - **Una red** de distribución existente o nueva (doble red)
 - Un sistema de **regulación** del agua
 - Atendiendo ciertos requisitos de utilización (*restricciones*)
- **Diversos nombres** para este **recurso no convencional:**
 - Reclaimed water; Recycled water (California, Australia); *NEWater* (Singapur)
Purified water (San Diego), proyecto *Aiguaneix* (Catalunya)

Terminología comparada



Comunicación (*esencial*): claridad y comprensión

Incomprensión = *incredulidad, rechazo*

Reglamento de reutilización del agua



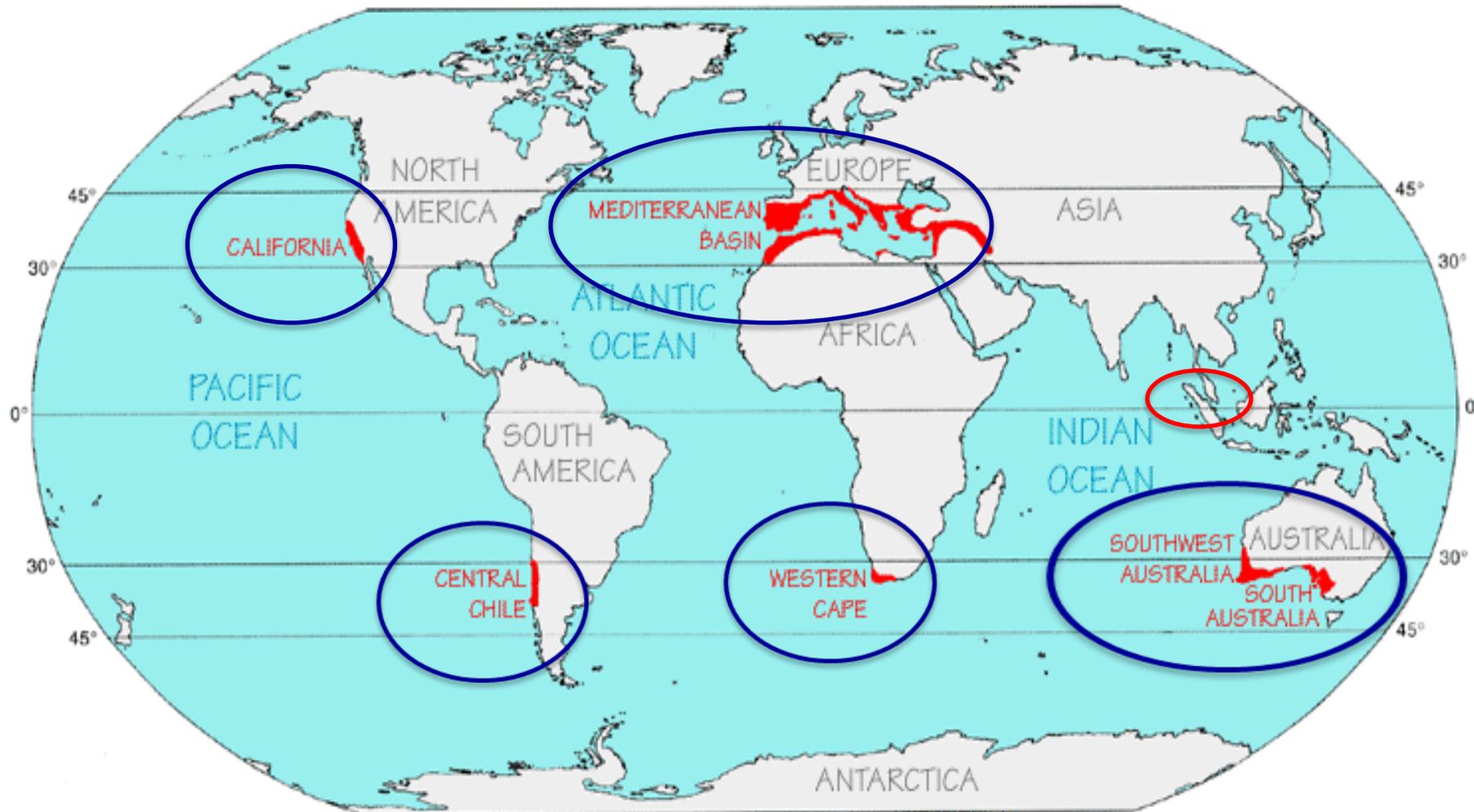
- **Real Decreto 1085/2024**, de 22 de octubre, deroga el RD 1620/2007
 - Observatorio de la gestión del agua: Informes bienales
 - Sello de gestión transparente del agua
- Tres Anexos sobre
 - los requisitos de calidad para el uso de las aguas regeneradas
 - el control de la calidad de las aguas regeneradas
 - los elementos clave de gestión del riesgo
- Usos del agua regenerada: 1) Usos urbanos, 2) Usos agrícolas, 3) Uso industrial, 4) Otros usos, como ganadería, acuicultura, recreativos y silvicultura
- Establece varios destinos ambientales: recarga artificial de acuíferos, y aporte de agua a humedales y otros ecosistemas acuáticos

4. El clima mediterráneo



- Caracterizado por *su irregularidad pluviométrica (tradicional)*
- Afectado por el cambio climático: *una irregularidad MÁS INTENSA*
- Vigente en *5 zonas geográficas del mundo:*
 - La gran *Cuenca Mediterránea*
 - y *otras zonas de latitud muy similar* a la nuestra
 - Con gran liderazgo y visión de futuro (*por su NECESIDAD DE AGUA*)

5 regiones de clima mediterráneo



Ecosystems of the World, Vol. II, Mediterranean-Type Shrublands (F. DiCasti, D.W. Goodall and R.L. Specht, Eds.), Elsevier, Amsterdam, 1981. **Gentileza del Prof. X. Martín-Vide**

California: nuestro “gemelo” climatológico



- Registra una **mayor irregularidad pluviométrica** desde los años 2000
- Ha interiorizado (**aceptado**) la necesidad de adaptarse
 - Todos los partícipes: población, comercio, agricultura e industria
- Ha adoptado e impulsado nuevas estrategias de gestión
- De forma acelerada **desde 2017: tras una intensa sequía de 5 años**
- Especialmente en el **Sur de California (tres condados costeros)**:
 - 50.000 km² y más de 20 M habitantes
 - Clima semi-árido (como Murcia y Almería)
 - Dependiente históricamente de trasvases del Norte y el Este

Visión demográfica de California

Figure 3-5 Hydrologic Regions of California, the Sacramento-San Joaquin Delta, and Mountain Counties Area



Fundación: 9 septiembre 1850
Población 92.000 hab
The Golden State

Superficie: 424.000 km²
Norte-sur 1.300 km
Este-oeste 300-400 km

Población 2023 39 millones (↓)
Densidad 97 hab/km²
Norte vs Sur 1/3 vs 2/3
El agua inverso

Ingresos medios 79.000 \$/familia.año
PIB (nominal)
Total (2024) \$ 4,1 billones
per cápita \$ 105.000

Visión hidrológica de California

Figure 3-2 Map of California with Major Rivers and Facilities



Regulación $\approx 55.000 \text{ hm}^3$

Regadío $\approx 3,8 \text{ M ha}$

Tradicón minera: acuíferos son privados

Recursos públicos $\approx 15 \%$

Trasvases en años 1970

State Water Project (del Norte)

Colorado Aqueduct (del Este)

Sin prioridad de usos

Sin gestión integrada

Con acuerdos entre Districts

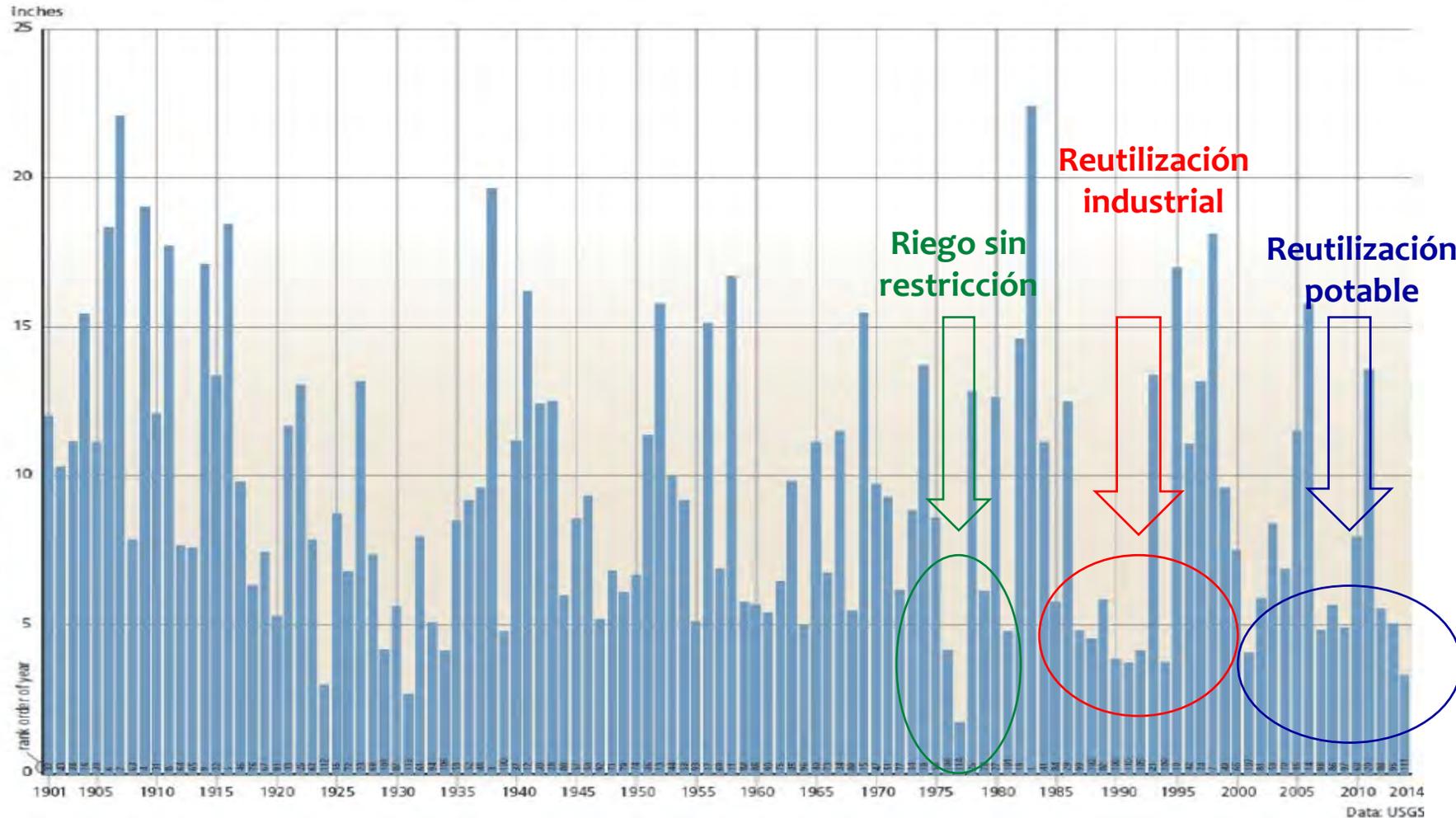
“caso por caso”

Gestión integrada entre “Districts”



- Gran compromiso de liderazgo e innovación ante sus abonados
- *El desacuerdo no es una opción...*
- Proclaman tres principios de gestión integrada agua-saneamiento:
 - Asegurar la **protección de la salud pública**
 - Promover la **fiabilidad del suministro**
 - Adoptar soluciones **económicas (!!)**
- Declaración de Carollo Engineers, WateReuse Review, enero 2025
 - *“En la reutilización del agua, el éxito emana de la colaboración”*

Gran irregularidad pluviométrica



Escorrentía calculada a escala estatal

Impulso de la reutilización no potable



The image shows two overlapping website screenshots. The top screenshot is from the Pacific Institute website, featuring a dark blue header with the Pacific Institute logo, social media icons, a search bar, and a navigation menu with a 'DONATE' button. Below the navigation is a 'Back To Publications' link and a 'Sign Up for Monthly Updates!' form. The main content area displays an article titled 'California Farm Water Success Stories: Interviews with Innovative Growers and Water Managers' with a brief description. The bottom screenshot is from the Ocean Mist website, showing a dark navigation bar with 'HOME SITE' and 'SEARCH' buttons, and a list of product categories. The main content area features a large image of fresh vegetables with the text 'WE GROW MORE THAN ARTICHOKE!' and a 'VIEW ALL PRODUCTS' button. A page number '32/125' is visible in the bottom right corner of the Ocean Mist screenshot.

PACIFIC INSTITUTE

↑ **DONATE**

About Us Our Work Issues Publications Resources Media Center Blog

← Back To Publications

Sign Up for Monthly Updates!

Enter Your Email Address

California Farm Water Success Stories: Interviews with Innovative Growers and Water Managers

Innovative growers and water managers throughout California are finding sustainable ways to manage water, providing benefits both on and off the farm. Here are the [California Farm Water Success Stories](#) interviews.

VIDEOS

OCEAN MIST HOME SITE SEARCH

PRODUCTS RECIPES & COOKING VIDEO LIBRARY ABOUT US TRADE PRESS & MEDIA CAREERS ALL ABOUT ARTICHOKE

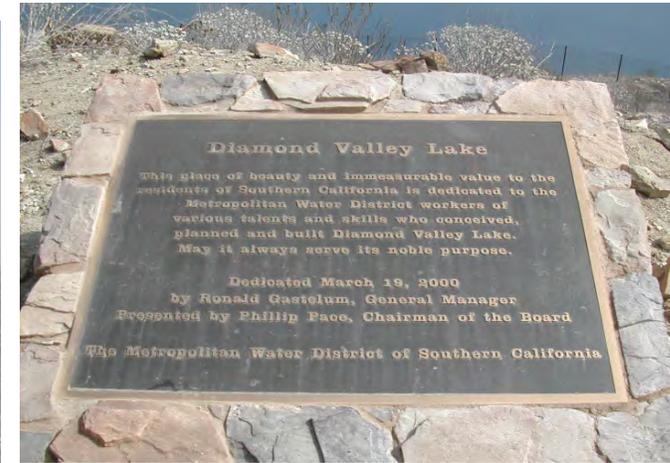
ARTICHOKE ASPARAGUS BROCCOLI BRUSSELS SPROUTS CARDONE/CARDOON CAULIFLOWER CELERY

WE GROW MORE THAN ARTICHOKE!

VIEW ALL PRODUCTS

32/125

Regulación, Diamond Valley Lake, 2000



año 2000
1.000 hm³
2.000 millones de dólares

Regeneración avanzada en GWRS, 2008



Producción:

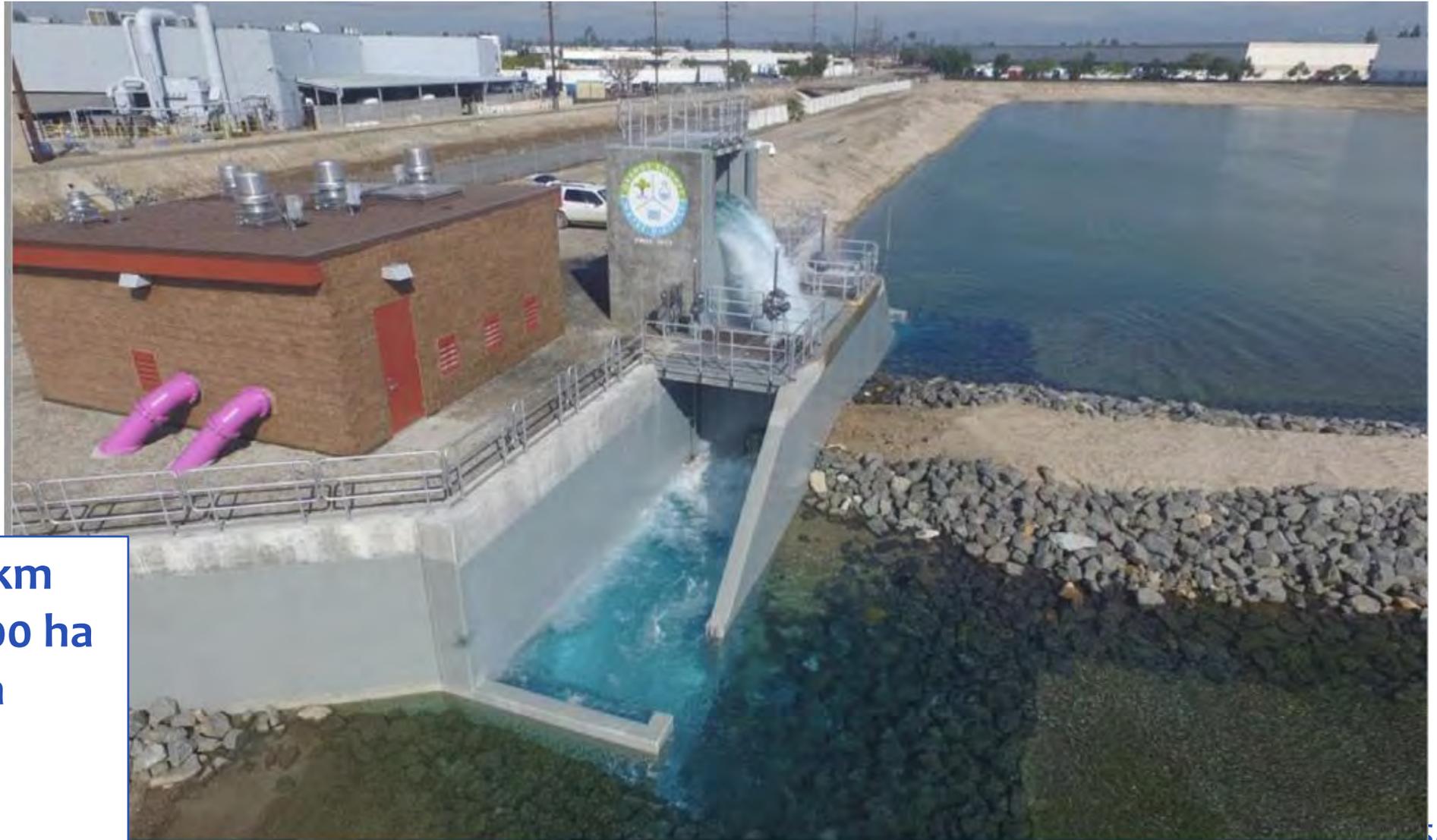
82 hm³/año (2008)

125 hm³/año (2016)

160 hm³/año (2023)

≈ 490.000 m³/día

Para recarga del acuífero de Orange County



Anaheim, a 21 km
Acuífero: 75.000 ha
490.000 m³/día
1,2 kWh/m³
0,65 \$/m³

Una nueva sequía, de 5 años: 2012-2016



+ 800 km
al Norte

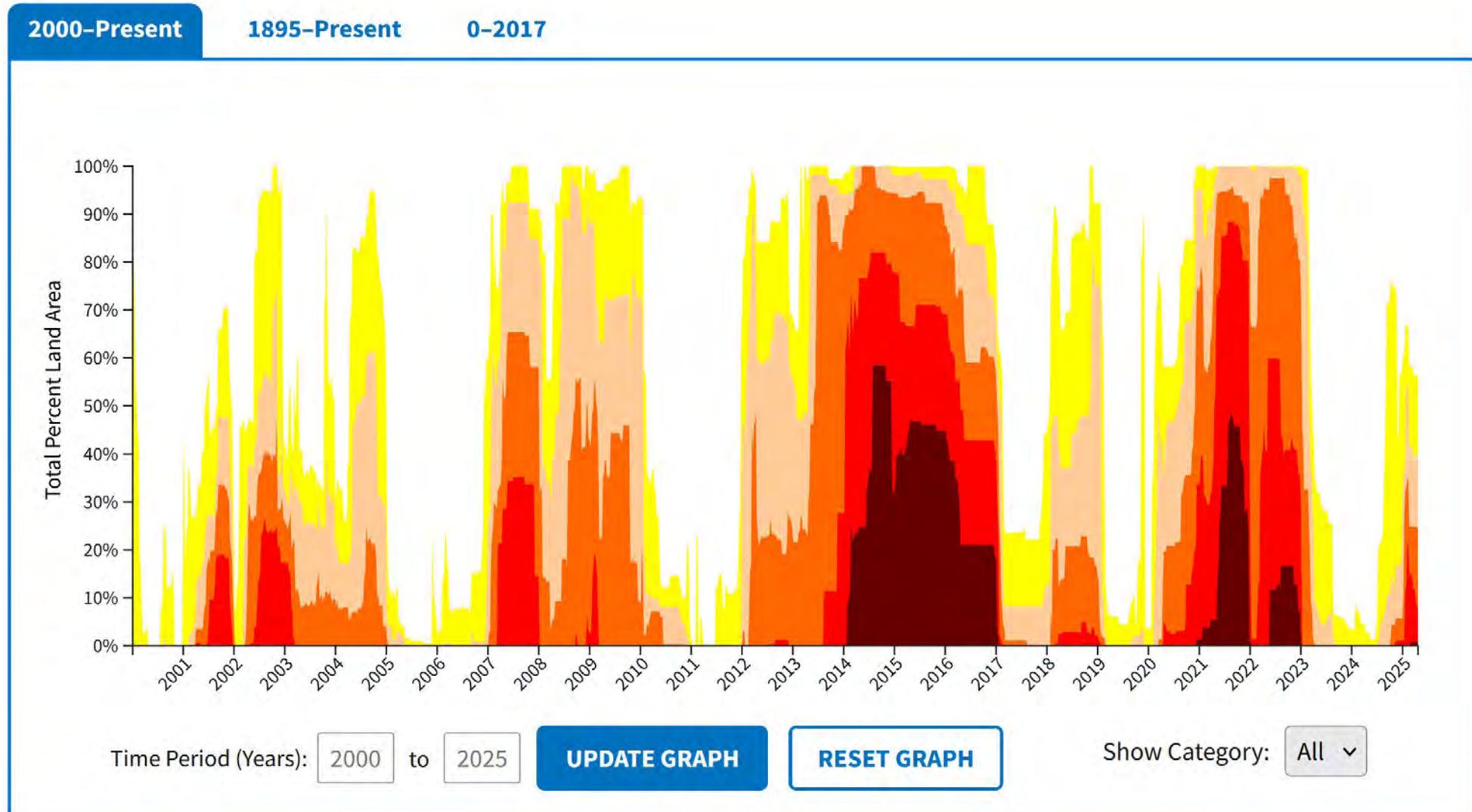
Statewide Water Savings Exceed 19 Percent in October; Most of State Still Experiencing Drought Conditions

Dec. 6, 2016 – The State Water Resources Control Board today announced that urban Californians’

Servicio Forestal EEUU, en 2018
112 M de árboles secos



Una nueva sequía, cada dos años



2023: Terminada con intensas lluvias



- En cuestión de tres meses: enero a marzo de 2023
- **Embalses repletos de agua de lluvia**, con unos 55.000 hm³
- **Nieve acumulada** por valor equivalente a más de 55.000 hm³
- Deshielo acelerado por olas de calor: **alarmas de inundaciones**
- Alarma por la seguridad de las presas: acumulación y desembalse acelerados

Un final repentino: enero-febrero 2023



Tomado del New York Times



Tomado de Chippewa.com

También: grandes borrascas en febrero 2024

Los Angeles Times

carries from the ocean near Hawaii to the mainland.



A photo captured by NOAA's GOES-West satellite showed a "Pineapple Express" bringing tropical moisture to the West Coast on Tuesday. (CIRA/NOAA)

Inundaciones catastróficas febrero 2024



Los Angeles Times



Can plastic bag ban be fixed? Clean energy Super Bowl ads Satellite show California snow Rethinking the L.A. River View All >

CALIFORNIA

Record rain saturates SoCal landscape, heightening fears of more landslides



Los Angeles Times

CALIFORNIA

California granted federal disaster relief for historic February storms



Subscribers are Reading >

POLITICS
FOR SUBSCRIBERS

Major Supreme Court case could open California's homelessness policies

CALIFORNIA
FOR SUBSCRIBERS

A celebrated L.A. astrology influencer's stunning fall from 'healer' to solar eclipse killer

COMPANY TOWN
FOR SUBSCRIBERS

'The fairy dust fades away': Why the people who play Disneyland's costumed characters are unionizing

CALIFORNIA

Nueva recarga de acuíferos: *Antelope Valley*



Capacidad: **345 hm³**
Extracción: **16 hm³/año**
210.000 viviendas
Acuerdo:
MWD 211M\$
Terrenos de AVEK



Embalse en derivación, “Sites Reservoir”



For Release: Nov 2, 2023



Proposed location of Sites Reservoir

<https://sitesproject.org/>

En el Valle del Sacramento, donde se producen excedentes de caudales
1.800 hm³ - 4.500 M\$
330 km canal hasta el río Sacramento
Incremento del **15% de la capacidad de regulación** del norte del Estado
Construcción: **2026 a 2032**

Una fructífera colaboración institucional



- Promovida por *líderes e innovadores locales (bottom up)*
- **2014 Salud Pública (del agua)** transferida a Recursos Hídricos
- **Paneles Asesores científicos:** forma de trabajo para avanzar el proceso normativo de forma eficiente, rápida y aceptable
- **1978: Regulations for unrestricted irrigation (non potable reuse)**
- **2014: Regulations for Groundwater Replenishment (RPI)**
- **2018: Regulations for Surface Water Augmentation (RPI)**
- **2024: Regulations for Direct Potable Reuse (RPD)**

Nuevas estrategias operativas desde 2000



- Es esencial implantar un ***estricto control de vertidos***
- Abandono de la ***ampliación de*** redes de distribución de agua no potable existentes (doble red): los costes actuales las hacen ***inviables***
- Adopción generalizada de una ***nueva estrategia:***
 - ***Disminuir las inversiones en nuevas (doble) redes de distribución no potables***
 - ***Aumentar las inversiones en regeneración avanzada (purificación)***
 - Producir un agua de gran calidad (igual o superior a la potable)
 - Incorporando un ***proceso de renaturalización: acuífero o embalse***
 - Distribuir la por las redes de agua potable existentes

Inversiones millonarias para 2035



- *Metropolitan Water District*, proveedor en alta a 20 M de habitantes
- *Ciudad de Los Angeles*, 5 M de habitantes
- *Orange County Water District*, GWRS Project, 3 M de habitantes
 - 2023 ampliación a **490.000 m³/día (160 hm³/año)**
- *San Diego ciudad*, Pure Water San Diego, 1,5 – (3,5) M de habitantes

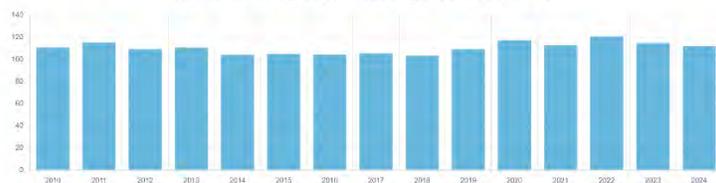
Objetivo (2035): 2 hm³/día (≈ 750 hm³/año)
≈ 16.000 M\$

5. Proyectos emblemáticos

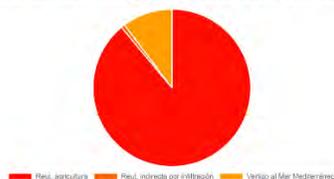


La demanda neta total de las unidades de demanda agraria (UDA) de la demarcación hidrográfica del Segura, es próxima a los 1100 hm³/año, según datos el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura 2015/21. El volumen total depurado en el año 2024 por las 100 estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR) gestionadas y controladas por la Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia, supera los 112 hm³, cifra que representa cerca del 10% de la demanda neta total de las UDA de la demarcación hidrográfica del Segura.

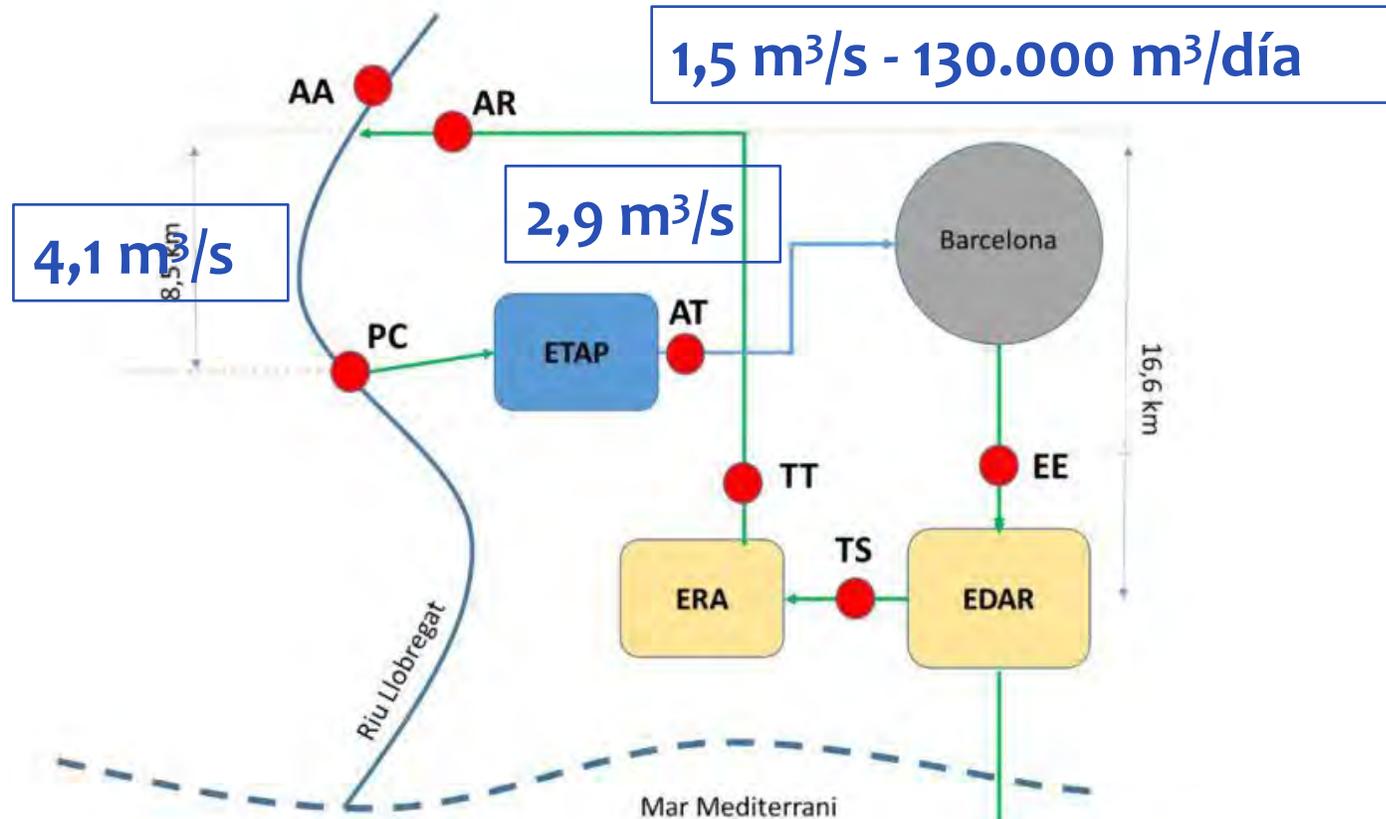
Histórico volumen agua depurada en la Región de Murcia (hm³/año)



Volumen y destino del agua depurada(hm³/año), Ejercicio 2024



Recarga potable indirecta: riu Llobregat



Cortesía de la Agència Catalana de l'Aigua (ACA)

Figura 1. Situació dels punts mostrejats en la prova demostrativa per als compostos químics ordinaris, substàncies prioritàries, contaminants emergents i elements microbiològics.

Regeneración avanzada: para uso industrial



10º Aniversario: junio 2023



Efluente regenerado: 41 %
Producción: 6 hm³/año
18 % consumo petroquímica

El Proyecto Aiguaneix en Roses

PROYECTE

Projecte Aiguaneix,
aigua purificada
per a la Costa Brava nord



Proceso de purificación:

1. Cloraminación
2. Ultrafiltración
3. Ósmosis Inversa
4. Oxidación avanzada
5. Filtración en carbón activado
6. Remineralización

Capacidad:

6 m³/h de agua ultrafiltrada y
4 m³/h filtrada con ósmosis
inversa y demás tratamientos

<https://aiguaneix.cacbgi.cat/projecte/>

Eficiencia comparada



6. El futuro suministro de *agua regenerada*



- Una nueva especialidad profesional: *regenerador de agua*
- *Con unas facetas esenciales:*
 - *la excelencia técnica no es garantía de éxito*
 - *la comunicación y la divulgación son imprescindibles*
- Magníficas y grandes expectativas: competencias técnicas de la potabilización
- Parámetros adicionales a la depuración: turbiedad, microbiología, contaminantes orgánicos (farmacéuticos e higiene personal)
- Conocimiento de su ecología, significación y métodos de detección
- Parámetros muy numerosos y diversos, con límites normativos: $\mu\text{g/L}$, pg/L , ng/L
- Los incumplimientos de calidad requieren protocolos de actuación muy específicos y urgentes: efectos sobre la salud pública

Take home messages



- El clima mediterráneo está registrando ***una irregularidad pluviométrica superior a la tradicional***, con sequías plurianuales más intensas y precipitaciones torrenciales de agua
- La adaptación a esa mayor irregularidad pluviométrica requerirá la ***intensificación de las formas tradicionales de gestión***, como el ahorro y el uso eficiente, además de la implantación de una ***mayor regulación hidrológica*** y el desarrollo de ***fuentes innovadoras de agua***, como el agua regenerada y purificada

Take home messages



- Disponemos de conocimientos, medios técnicos, proyectos en funcionamiento y modelos de gestión ***para adaptarnos al cambio necesario***, considerado como ***inevitable y urgente***, a fin de alcanzar una mayor autosuficiencia de recursos hídricos, locales, fiables y económicos.
- Conviene ***impulsar un nuevo sector profesional*** altamente especializado y regulado:
 - el regenerador de agua y distribuidor de agua regenerada.
 - ***Con énfasis en la comunicación, la colaboración y la adaptación cultural al “nuevo recurso”, además de la competencia en gestión de riesgos***

ASERSA Open Webinar Series



Llámenos al + 34 618 326 444 | secretario@asersagua.es |

Búsqueda rápida...



Asociación Española de Reutilización Sostenible del Agua

Inicio

Quiénes somos

Socios ▾

Noticias

Actividades ▾

Publicaciones ▾

FAQ sobre R&R

Contacto

ASERSA Open Webinar Series 2020, 2021, 2022, 2023 y 2024



ASERSA Open Webinar Series



ASERSA Webinario #1



ASERSA Webinario #2



ASERSA Webinario #3

Webinarios sobre Regeneración, Reutilización y Gestión Integrada del Agua

*¡Muchas gracias
por su atención!*