Manejo de la recarga en acuíferos

UNA ALTERNATIVA PARA COMBATIR LA ESCASEZ HÍDRICA

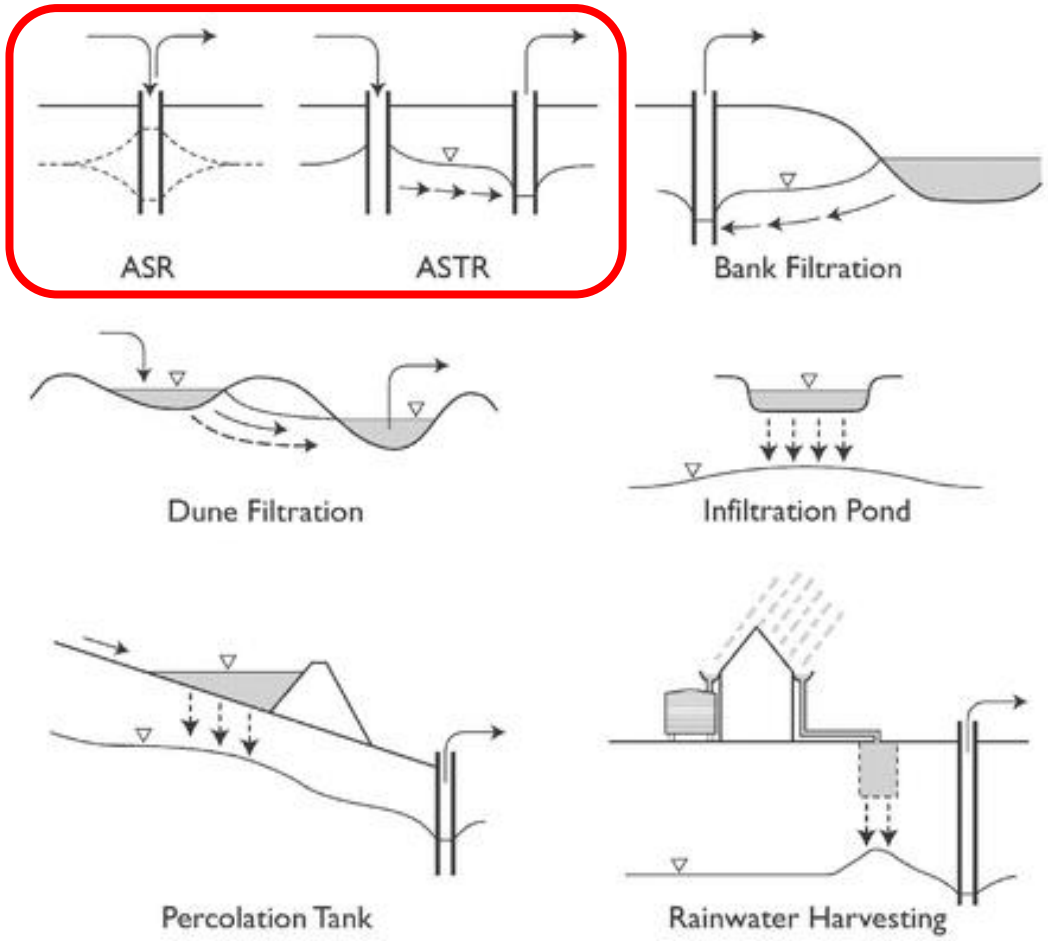
Carlos Descourvières (MSc, PhD)
Líder de Aguas Subterráneas y Geoquímica Latinoamérica

1-08-2019

Manejo/Gestión de recarga de acuíferos

MAR - MANAGED AQUIFER RECHARGE

Describe el embancamiento intencional de agua en acuíferos.



Dillon, 2005

USOS DE LA RECARGA ARTIFICIAL

- Almacenamiento de agua y cubrir demanda cuando sea necesario
- Mejorar calidad de agua mediante tratamiento del acuífero
- Prevenir intrusión salina
- Transferencia de calor

Sistema de recarga directa

ASR – AQUIFER STORAGE AND RECOVERY

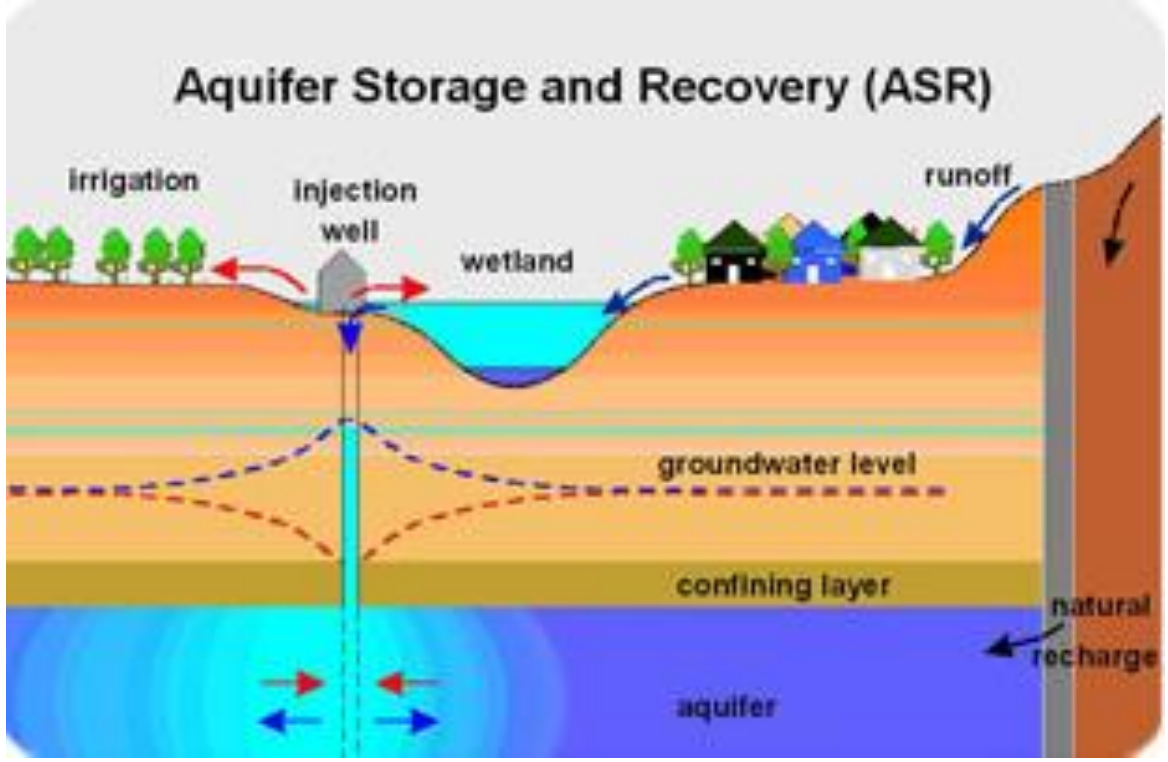
Inyección, almacenamiento y recuperación de agua desde un mismo pozo.

Ventajas:

- Costo-efectivo por volumen inyectado
- Volumen de agua/ footprint areal
- No es dependiente de precipitación
- No tiene pérdidas por evaporación

Precauciones

- Agua inyectada no en equilibrio con acuífero – posibles efectos adversos



Sistema de recarga directa

ASR – AQUIFER STORAGE AND RECOVERY

Inyección, almacenamiento y recuperación de agua desde un mismo pozo.

Ventajas:

- Costo-efectivo por volumen inyectado
- Volumen de agua/ footprint areal
- No es dependiente de precipitación
- No tiene pérdidas por evaporación

Precauciones

- Agua inyectada no en equilibrio con acuífero – posibles efectos adversos

Sistema de recarga indirecta

SISTEMAS DE INFILTRACIÓN

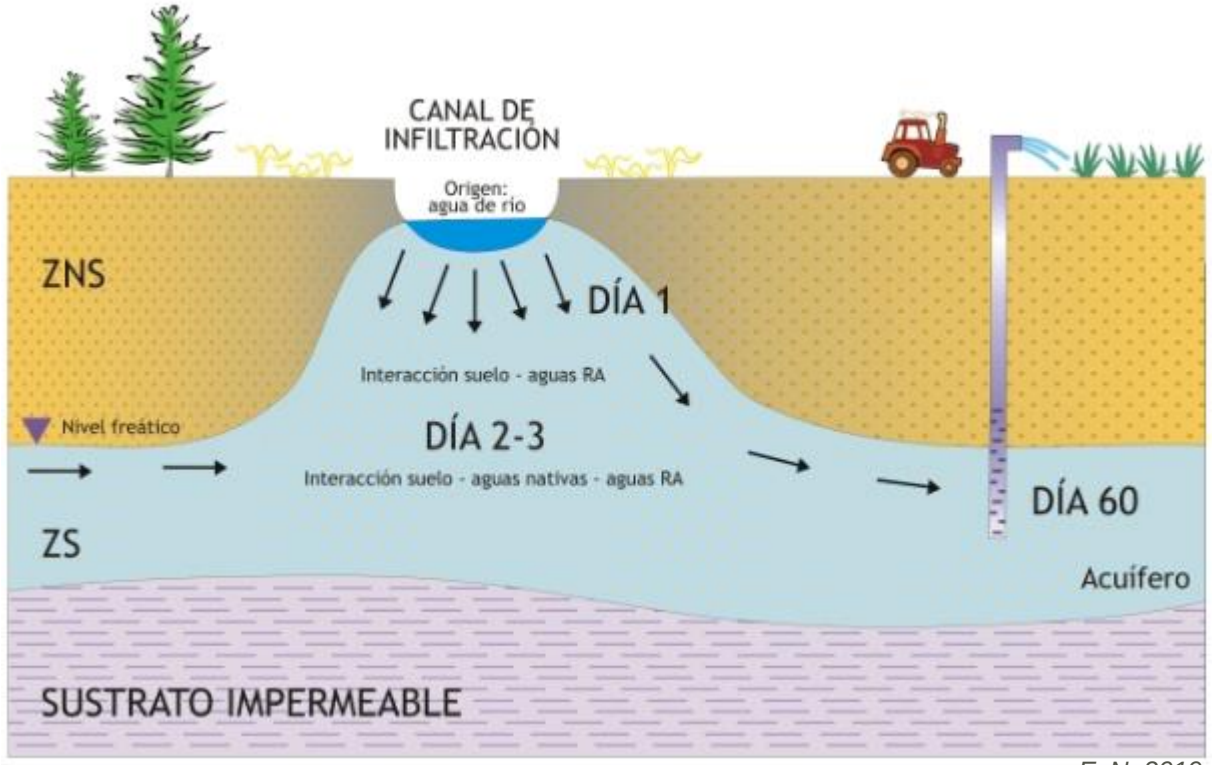
Aumento de la recarga mediante inundación de depresiones naturales o construídas

Ventajas:

- Sistema semi-pasivo
- Tratamiento de calidad de agua
- Simples y bajo costo de construcción

Precauciones

- Mantención permanente



EyN, 2019

Sistema de recarga indirecta

INFILTRACIÓN DE CUENCAS

Aumento de la recarga mediante inundación de depresiones naturales o construídas

Ventajas:

- Sistema semi-pasivo
- Tratamiento de calidad de agua
- Simples y bajo costo de construcción

Precauciones

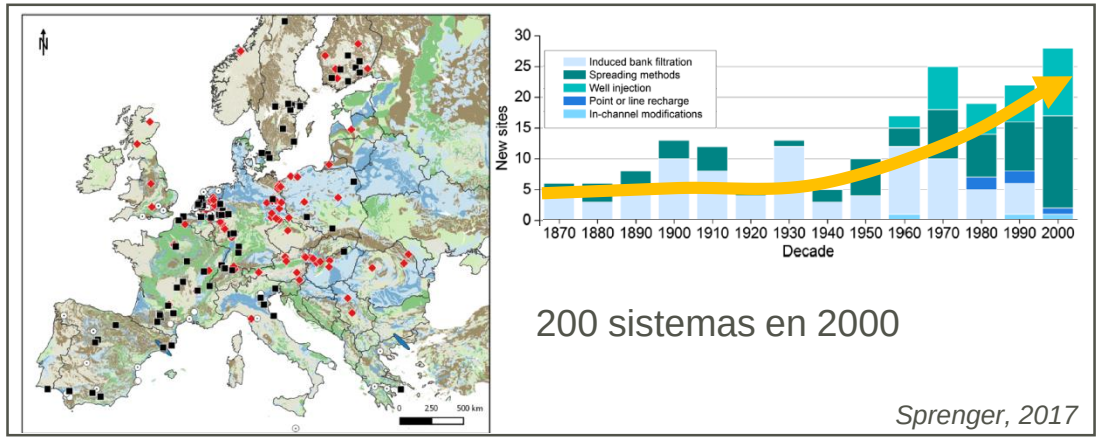
- Mantención permanente

CSIRO, 2018

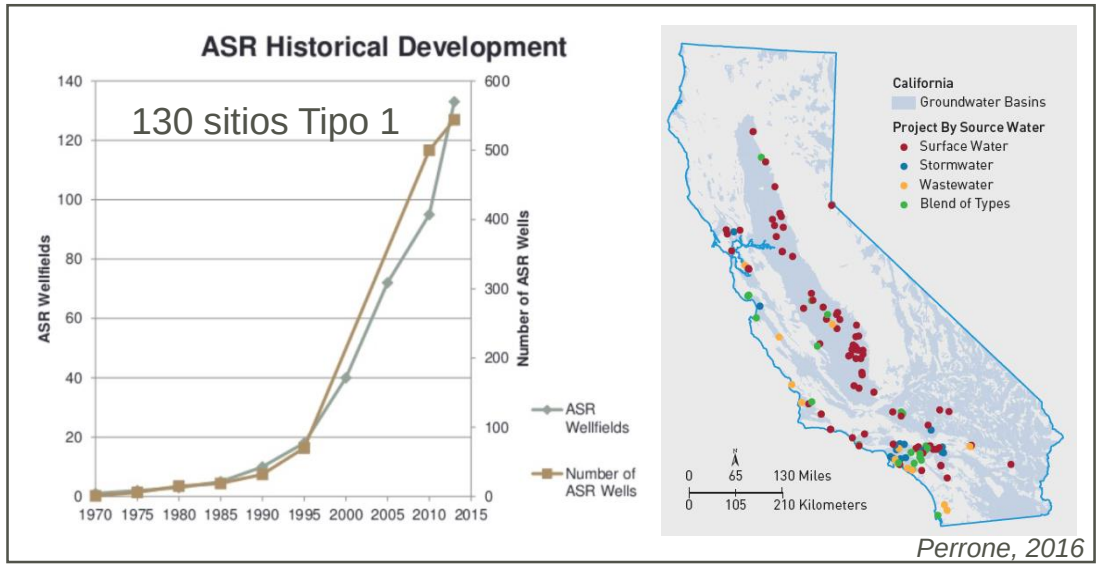
Implementación global de manejo de recarga

CRECIMIENTO SOSTENIDO

- Estados Unidos
- Australia
- India
- Israel
- Holanda
- Alemania
- España
- Inglaterra
- Sudáfrica
- Emiratos Árabes
- Kuwait
- Qatar



Sprenger, 2017



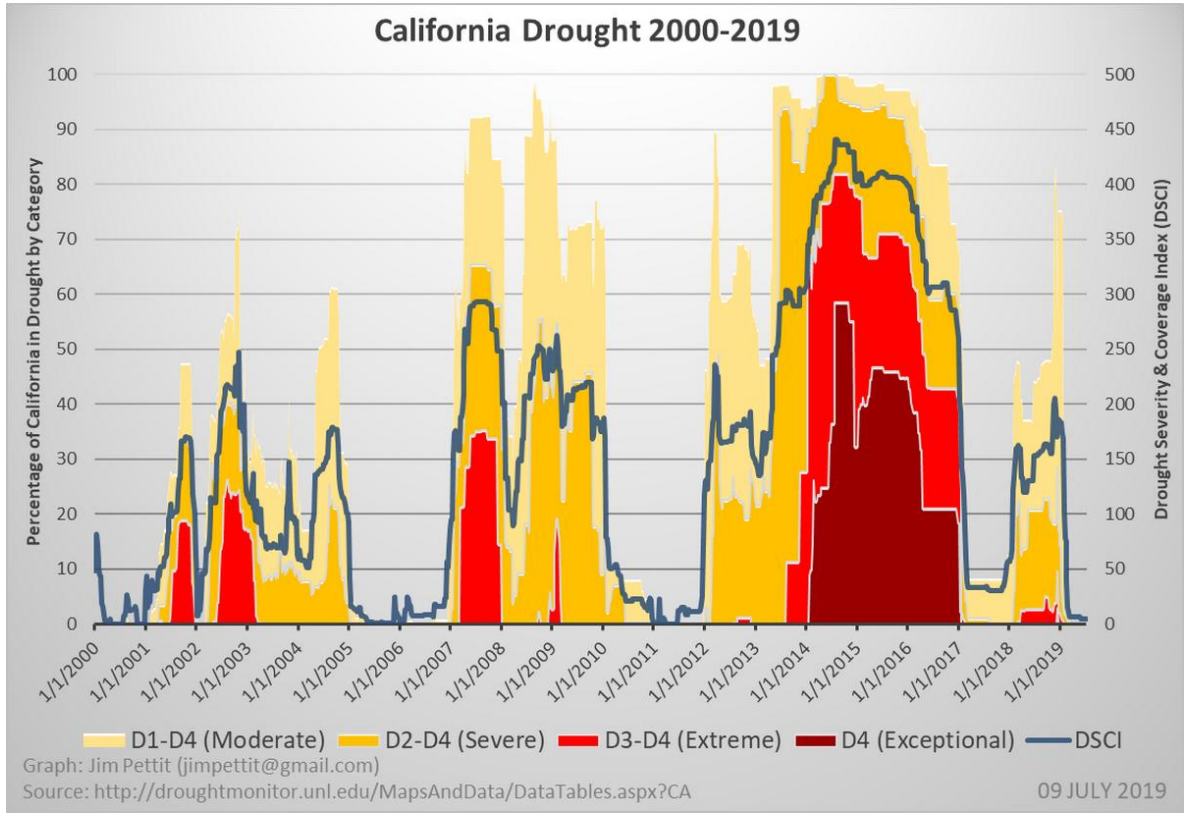
Perrone, 2016

~40 sistemas en 2017

CSIRO, 2019

Sequía en California

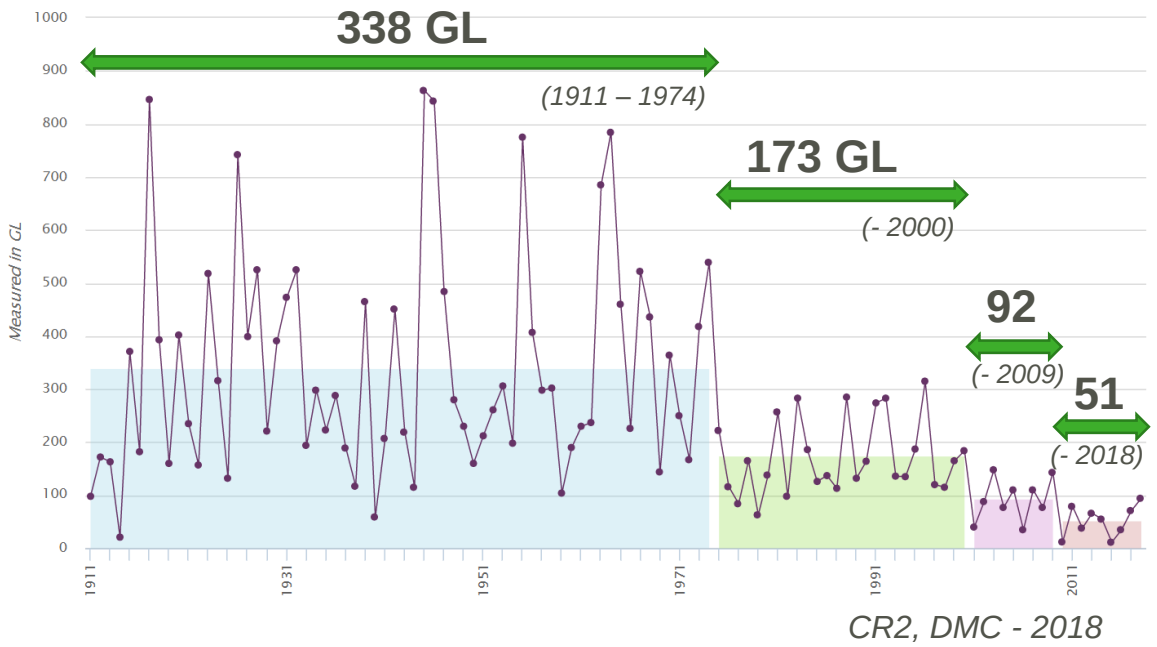
TIEMPOS DIFÍCILES MOTIVAN CAMBIOS



- 2011 – 2017 mayor sequía en registro desde 1895.
- La sequía afecto al sector agropecuario duramente
  - Pérdidas se estiman en 2B USD
  - Pérdidas de 10.000 empleos
- 2014 - **Sustainable Groundwater Management Act**, facilitando mejor manejo de las aguas subterráneas, recurso identificado clave durante sequías.
- Se provisionaron $3B USD, incluyendo inversiones en nuevas fuentes de agua
  - Reciclamiento de aguas.
  - Recarga artificial.

Western Australia a prueba de sequias

PERTH - INDEPENDIENTE DE LLUVIA A 2022



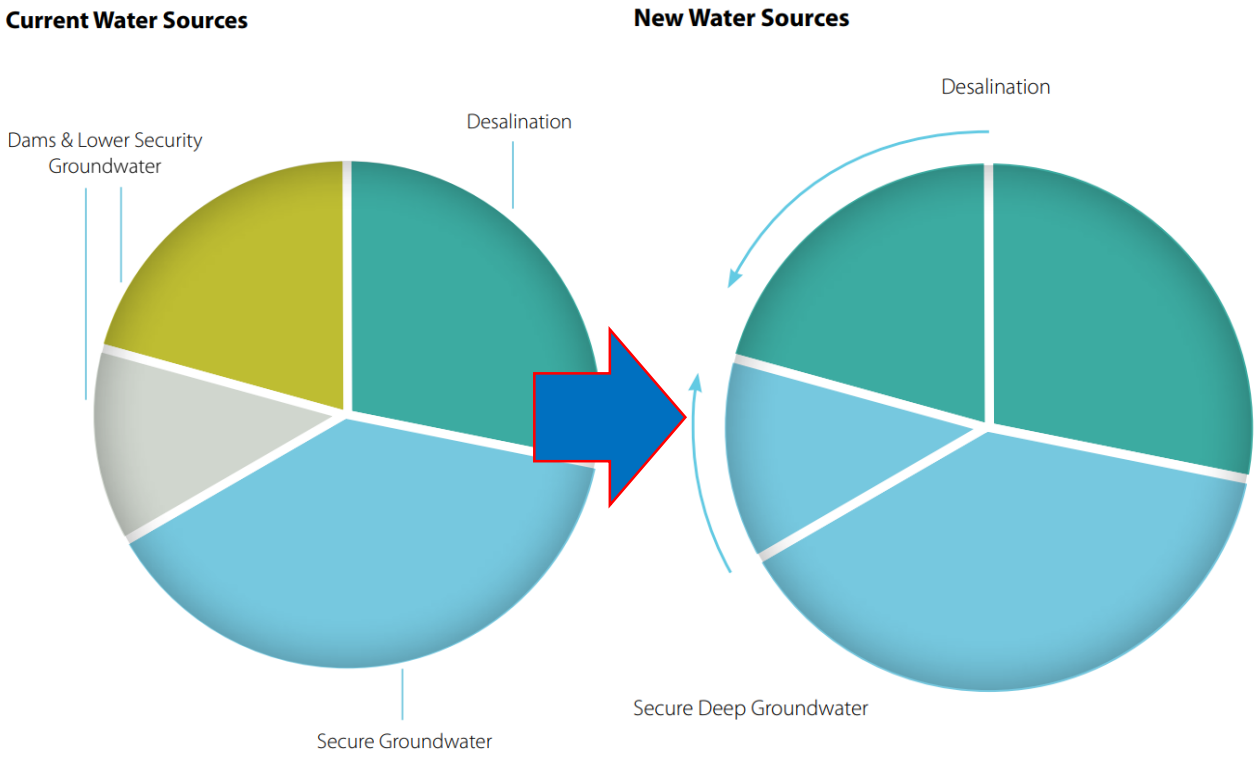
Ingreso de agua anual a reservorios en Western Australia (1911 – 2015)

<u>Necesidad de nuevas estrategias para asegurar el futuro del agua en WA</u>

- Disminución de la precipitación (Incertidumbre CC)
- Vaciamiento de acuíferos – salinidad
- Estacional (corto – largo plazo) desbalance entre abastecimiento y demanda
- Incremento en población y demanda

Western Australia a prueba de sequías

PERTH - INDEPENDIENTE DE LLUVIA A 2022



WaterCorp, 2019

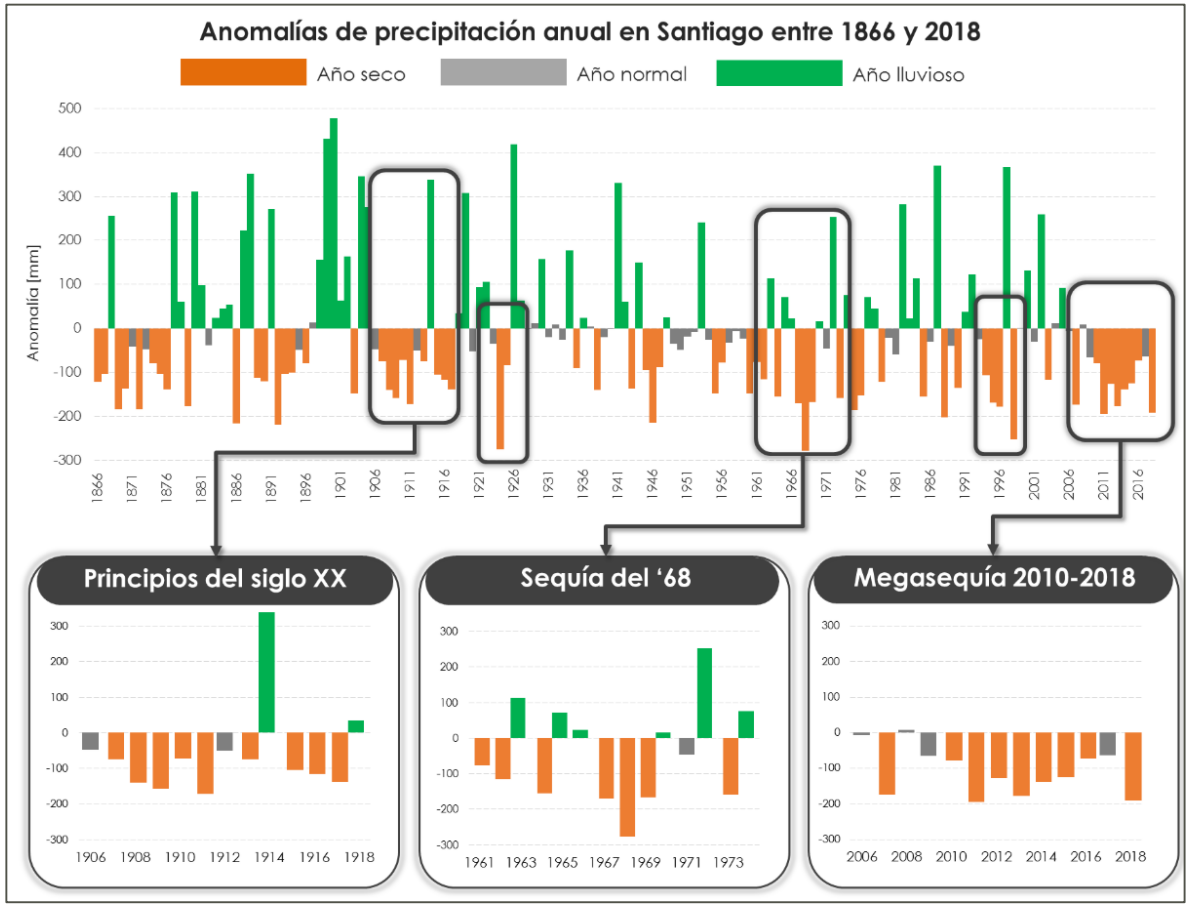
<u>Necesidad de nuevas estrategias para asegurar el futuro del agua en WA</u>

- Disminución de la precipitación (Incertidumbre CC)
- Vaciamiento de acuíferos – salinidad
- Estacional (corto – largo plazo) desbalance entre abastecimiento y demanda
- Incremento en población y demanda

- 28 Mm3/yr recargados al acuífero (~900 L/s)
  - 2060 esta cifra aumentará a 115 Mm3

Escasez hídrica en Chile

FACTOR CLIMATOLÓGICO



CR2, DMC - 2018

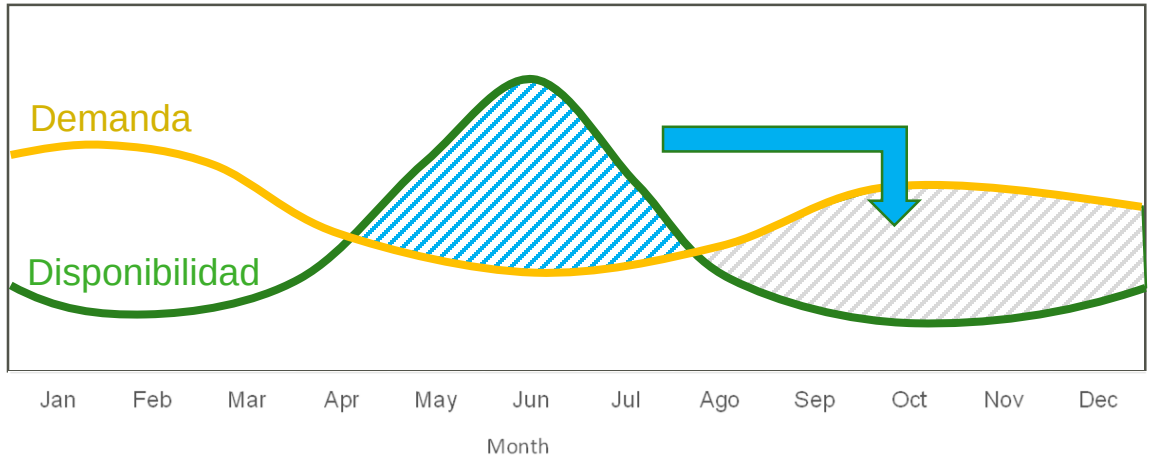
- La zona central lleva mas de 7 años en sequía.
  - Santiago - 5 años mas secos en registro.

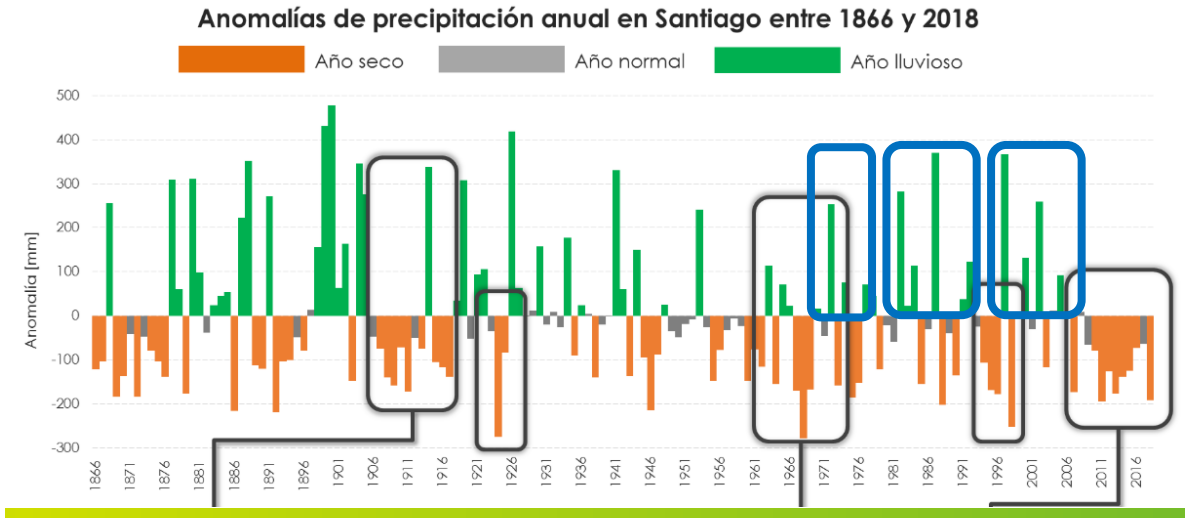
Sequía meteorológica
↓
Sequía hidrológica
↓
Sequía agrícola
→ Aumento demanda agua

Pronósticos por efectos de CC sugieren mayores desafíos.

Concepto de recarga artificial y uso

FUENTES TEMPORALES - AGRICULTURA



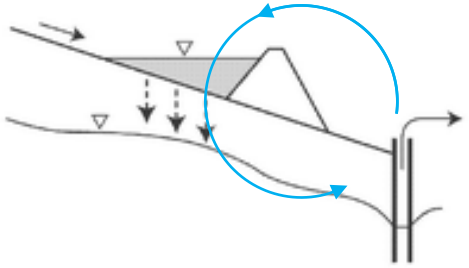


- Balance entre oferta y demanda de agua en agricultura generalmente estacional.
- Dictada por disponibilidad natural de las fuentes temporales.
- Ocupar tiempos de superávit para recargar y usar cuando sea necesario.
- **Método complementario para asegurar disponibilidad hídrica e incrementar resiliencia.**

Donde lo estamos haciendo

MIS AMIGOS DEL ACEITE

- Reservorio típico para irrigación
- Agua obtenida por pozos
  - 3 L/s pozos aguas arriba
  - 12 L/s pozos aguas abajo



Percolation Tank

Iniciativas en Chile

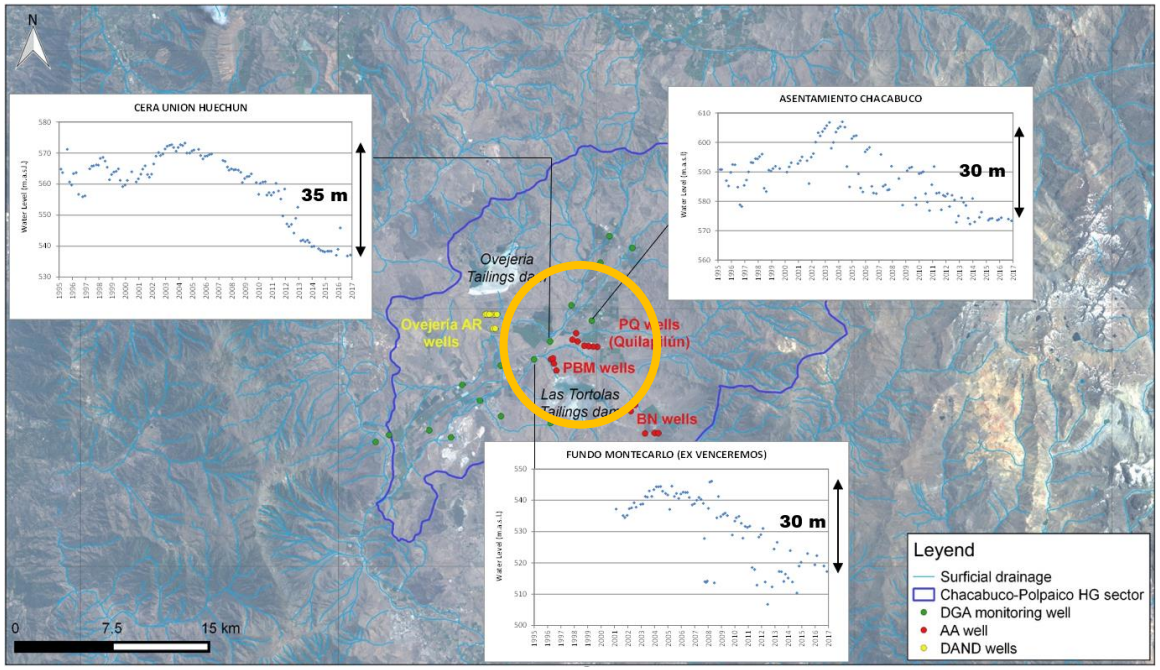
PROYECTOS DE RECARGA ARTIFICIAL

Región	Sistemas	Tipo	Inyección Mm3/año
XV	Río San José	Indirecto	-
III	Cuenca del Río Copiapó	Indirecto	20
IV	Cuencas Choapa y Quilimarí	Indirecto	-
V	Recarga Artificial Ligua	Indirecto	-
V	Valle Aconcagua	Indirecto	125
RM	Acuífero Colina	Directo	0.7

- Iniciativas por CNR, DOH, DGA
  - Minería, SCM, Comunidades de aguas subterráneas (Petorca).
- Impulso desde año 2000
- Principalmente métodos indirectos
- Etapa de estudios/piloto

Posibilidades en Chile - muchas

EJEMPLO CERCA DE SANTIAGO



- Area 12 km2
- Volumen desaguado de ~30 Mm3
  - ~60 Mm3 en acuífero
- Volumen de agua no utilizada en año normal ~25 Mm3
- Sistema de inyección de ~5 Mm3/yr
  - 0.51 USD/m3

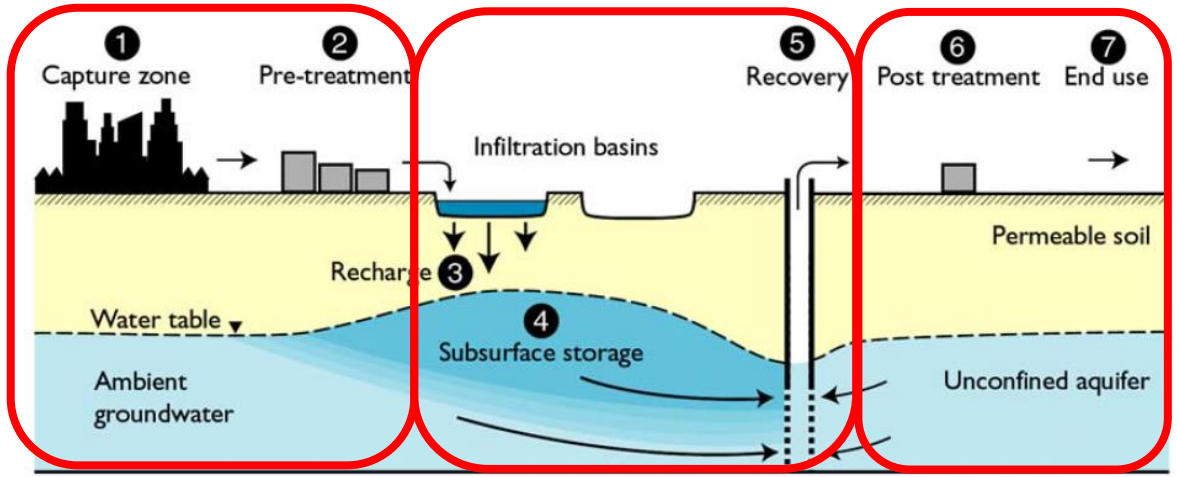
Factores incidentes en costos

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MAR

Hidrogeología	Geología acuífero (suelo) determina tasas de recarga y recuperación.
Socio-económicos	Disponibilidad y costos de mano de obra y capital. Cultura.
Regulatorios	Marco regulatorio influencia costos bases del proyecto.

Componentes de recarga artificial

COSTOS



CSIRO - 2018

Componentes que deben ser mapeados en un proceso de recarga artificial:

1. Fuente (zona de captura)
2. Pre-tratamiento

FUENTE

3. Recarga
4. Almacenamiento
5. Recuperación

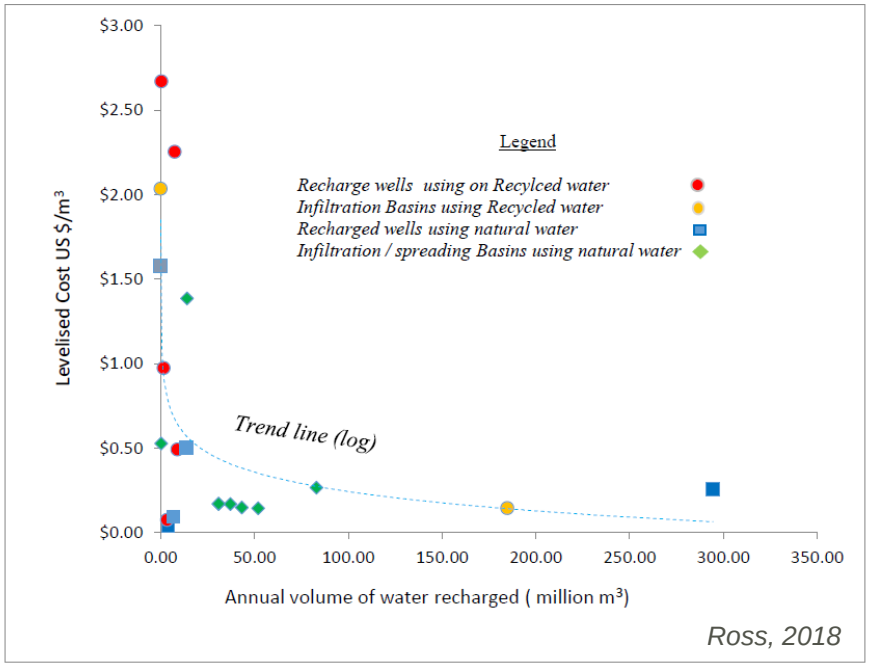
SISTEMA

6. Post-tratamiento
7. Uso final

USUARIO

Costos

ESTIMACION INTERNACIONAL



Ross, 2018

$$\text{Costo normalizado (Levelised cost)} = \frac{\text{Valor presente costo}}{\text{Valor presente de agua suministrada}}$$

Fuente Agua	Sistema de recarga	Costo normalizado (30 años) USD/m3
Recirculada	Directo	1.16
	Indirecto	1.89
Natural	Directo	0.45
	Indirecto	0.19

Disponibilidad de estudios de factibilidad económica robustos!

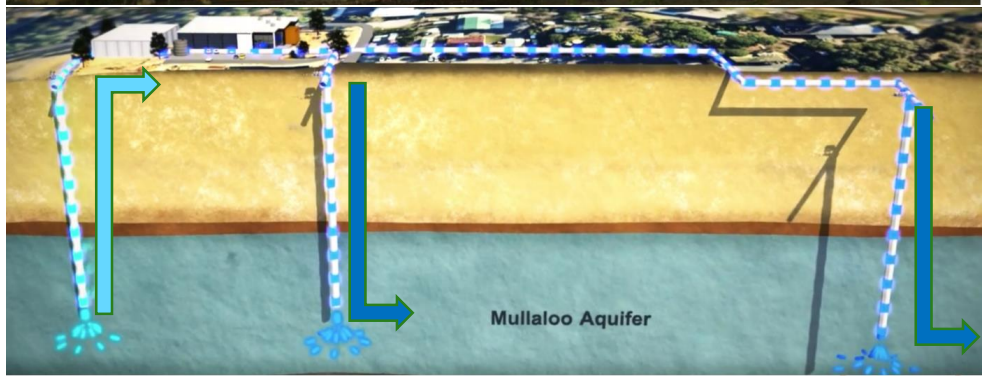
Costo beneficio contra $$$ en época de sequía

Ejemplo: hasta ~10 USD el m3 (Julio 2019)

GOLDER

GRACIAS

PAWSEY supercomputer – groundwater cooling system

SKA - SQUARE KILOMETER ARRAY

- Proyecto internacional (20 países) para la construcción de radio telescopios.
- Australia y Sudáfrica.
- Centro Pawsey tiene los 2 supercomputadores mas poderosos del hemisferio sur.
- Bombeo de acuífero a 21°C, intercambiador de calor, reinyección a acuífero.
    - Ahorro de 15 M litros anuales