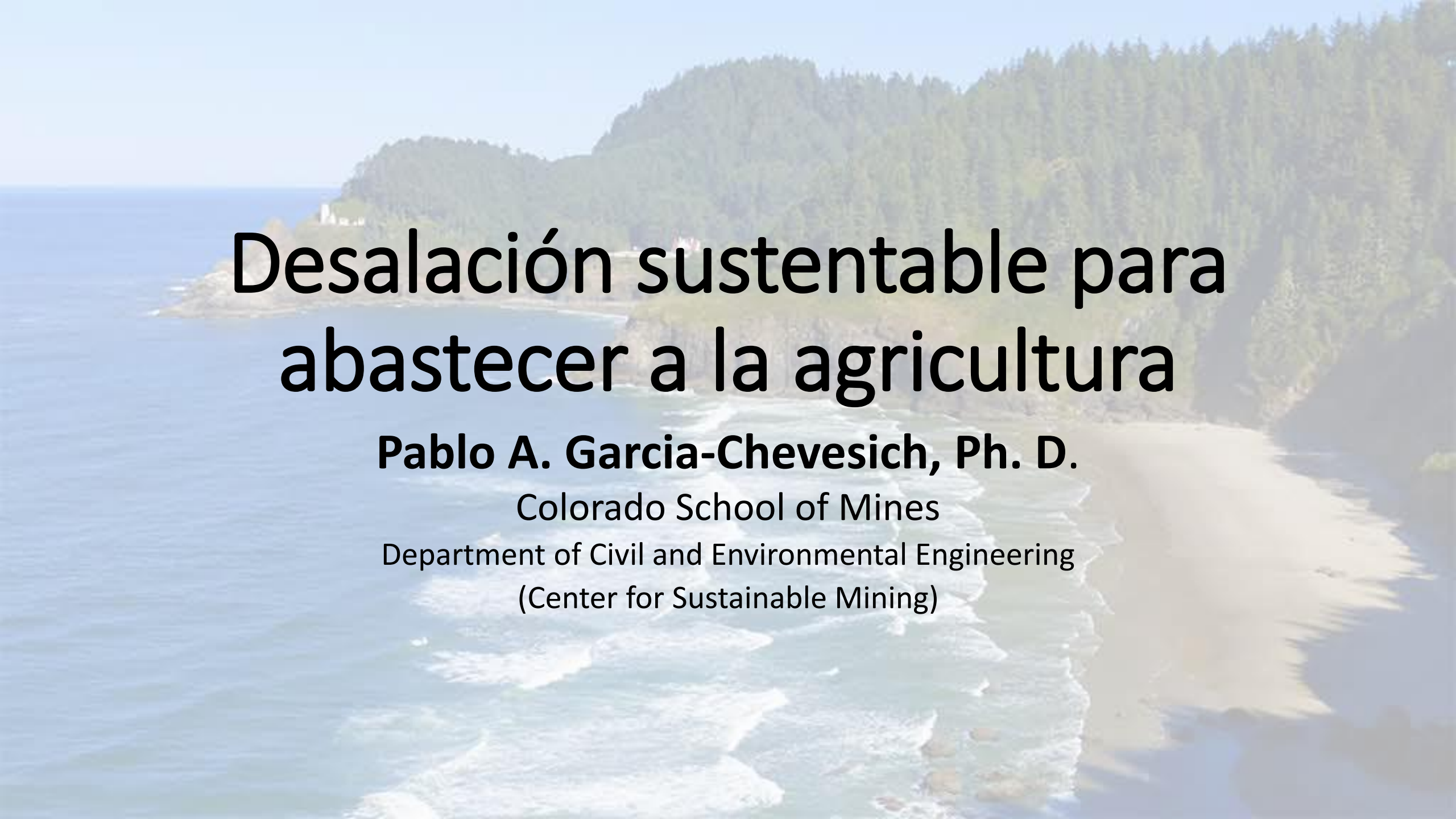




Desalación sustentable para abastecer a la agricultura

Pablo A. Garcia-Chevesich, Ph. D.

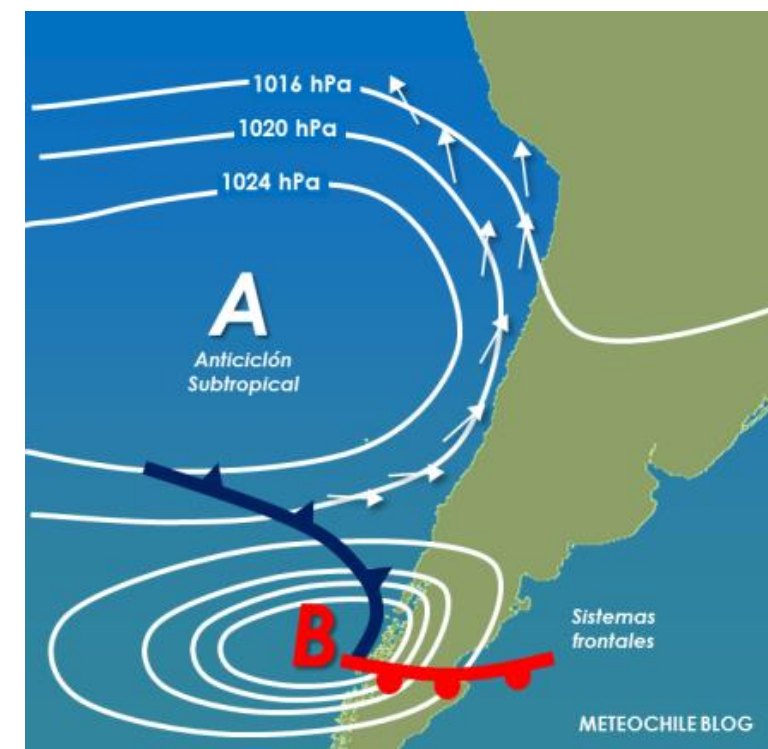
Colorado School of Mines

Department of Civil and Environmental Engineering
(Center for Sustainable Mining)

El problema del agua en Chile

- **Cambio climático**

- Anticiclón del Pacífico
- Derretimiento glaciar
- Incremento isoterma 0°C
- **Menor disponibilidad hídrica**



<https://blog.meteochile.gob.cl>



Dr. Rodrigo Valdes-Pineda



<https://nasa.gov>

El problema del agua en Chile

- **Excesivo consumo**

- Agricultura
- Forestal
- Minería e industria
- Municipal



<https://www.sciencedirect.com>



www.dudasod.com



www.groundtruthtrekking.org



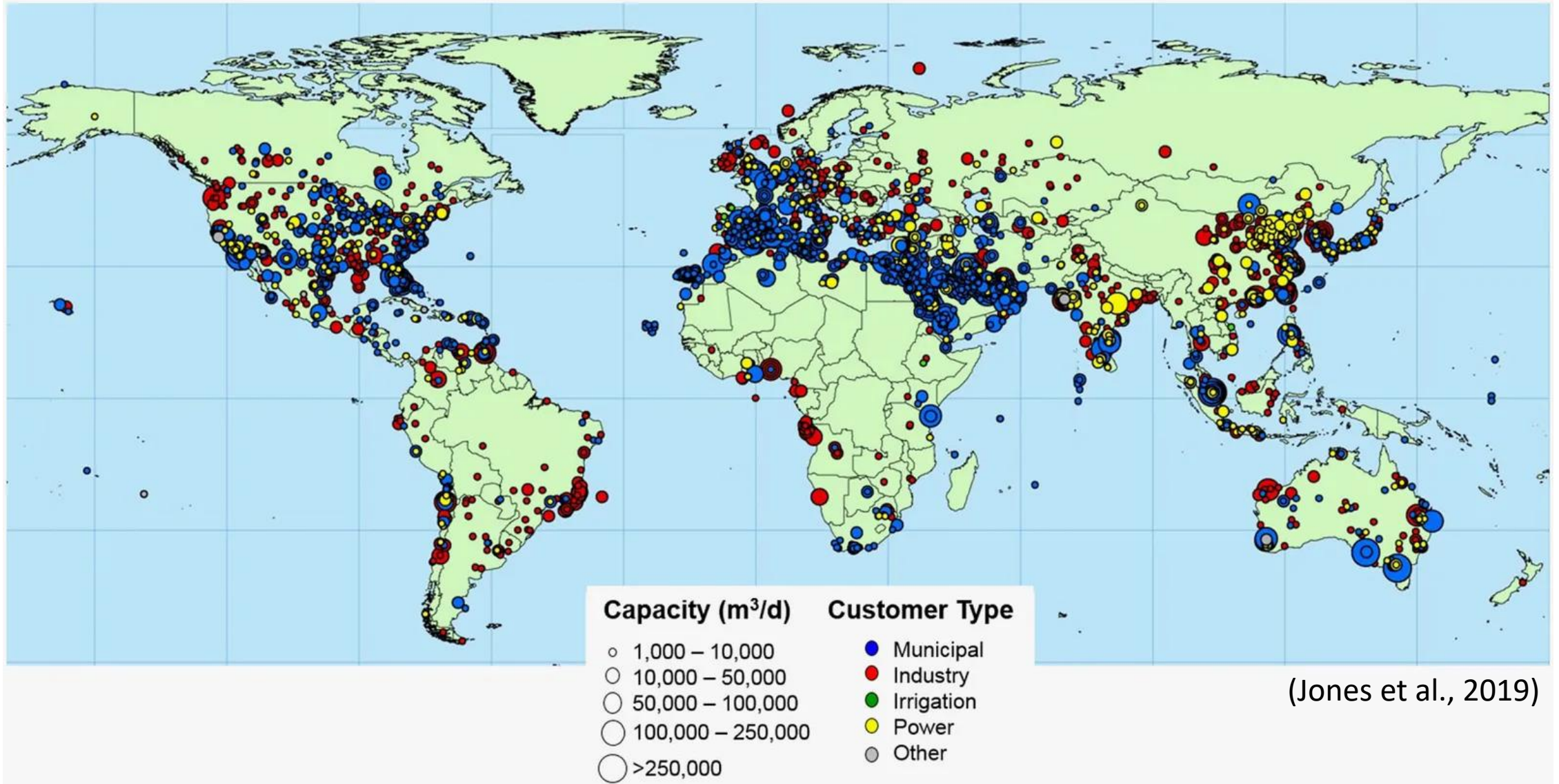
Ecupunto.com

¿Soluciones?

- Ley del medidor
- Modelación hidrológica e investigación
- Planificación territorial
- Reutilización de aguas
- Eficiencia en el riego
- Solución de conflictos
- Contratación de hidrólogos
- Educación
- Incentivos
- **Importación**



Desalación a nivel global ($>1 \text{ m}^3/\text{día}$)



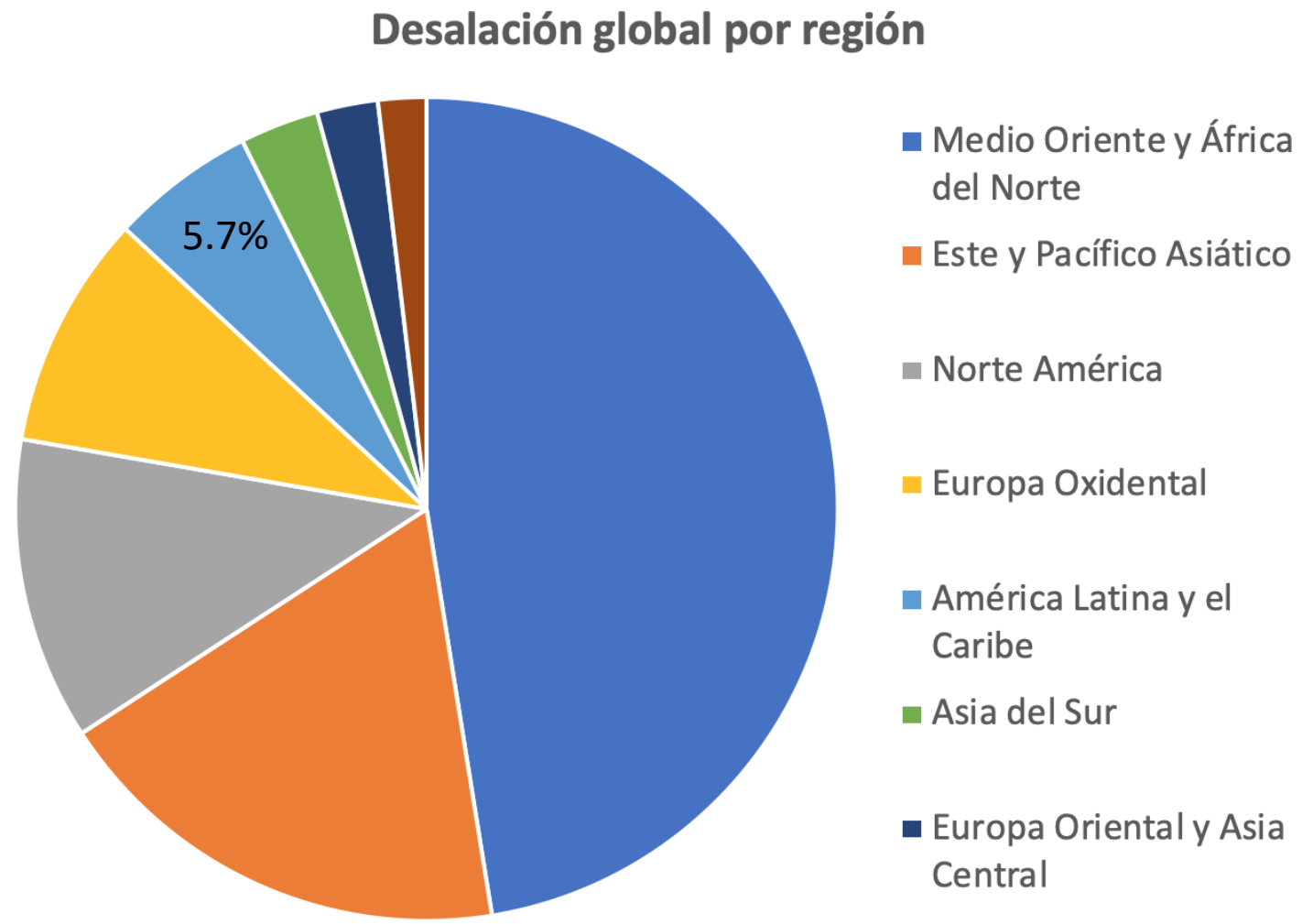
Desalación a nivel global

- 16 mil plantas
- 177 países
- 95 millones de m³/día
- Las grandes plantas
 - Arabia Saudita (Ras Al Khair): 1.036.000 m³/day (**12 m³/s**)
 - Emiratos Árabes (Taweelah): 909.200 m³/day (**10.5 m³/s**)
 - Arabia Saudita (Shuaiba 3): 880,000 m³/day (**10.2 m³/s**)
 - Arabia Saudita (Jubail Water and Power Company): 800,000 m³/day (**9.3 m³/s**)
 - Emiratos Árabes (Umm Al Quwain): 682,900 m³/day (**7.9 m³/s**)
 - Dubái (DEWA Station M): 636,000 m³/day (**7.4 m³/s**)
 - Israel (Sorek): 624,000 m³/day (**7.2 m³/s**)
 - Arabia Saudita (Jubail 3A IWP): 600,000 m³/day (**6.9 m³/s**)
 - Emiratos Árabes (Fujairah 2): 591,000 m³/day (**6.8 m³/s**)
 - Israel (Sorek 2): 570,000 m³/day (**6.6 m³/s**)



<http://www.ifpinfo.com>

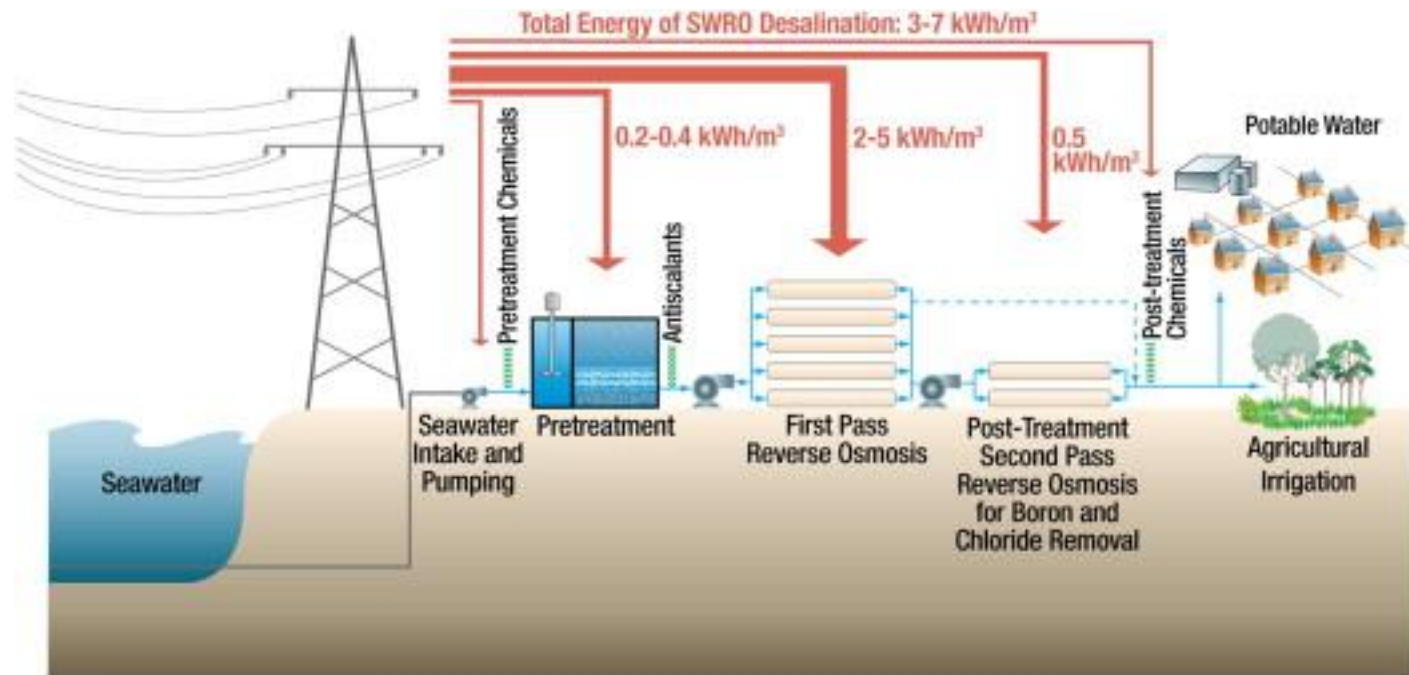
Desalación a nivel global (2019)



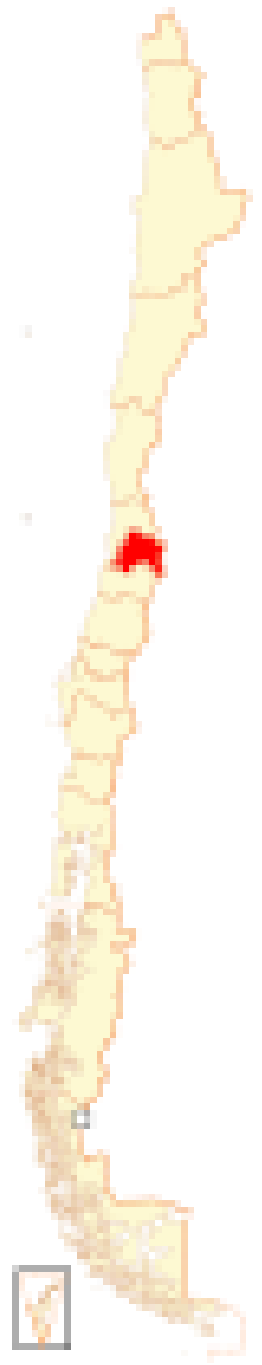
Sector	%
Municipal	62.3
Industria	30.2
Energía	4.8
Irrigación	1.8
Militar	0.6
Otros	0.4

Desalación para la agricultura

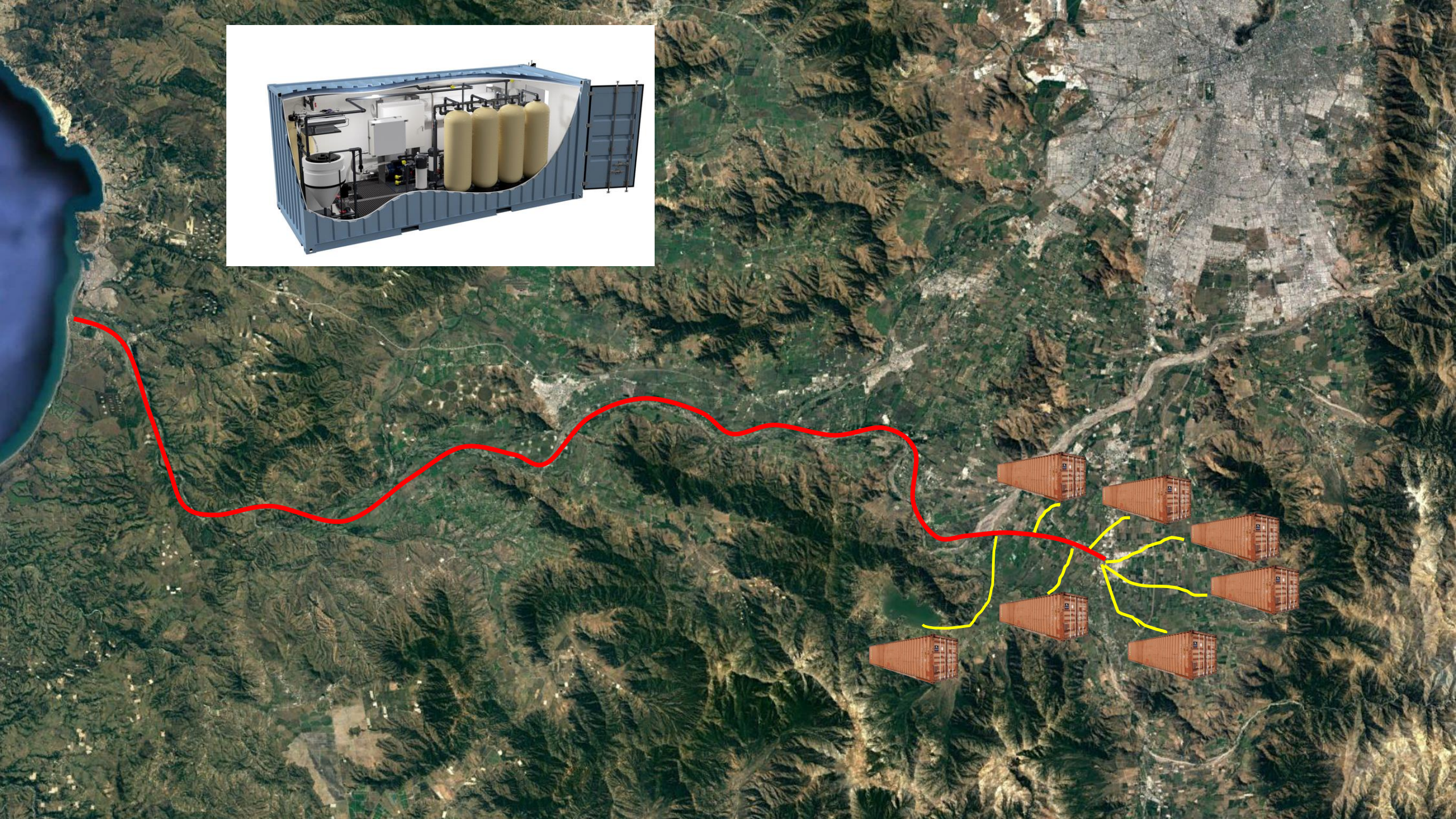
- Mejores rendimientos
 - RO
 - Electrodialisis
- Justificación
 - Eficiencia extrema
 - Riego tecnificado
 - Hidrogeles
 - Control evaporación
 - Invernaderos, hidroponía, etc.
 - Productos de alto valor y de bajo consumo hídrico
 - Producción de alimentos es un tema de **seguridad nacional**
 - Combinación con municipal, industrial y ecosistémico



Opciones de importación







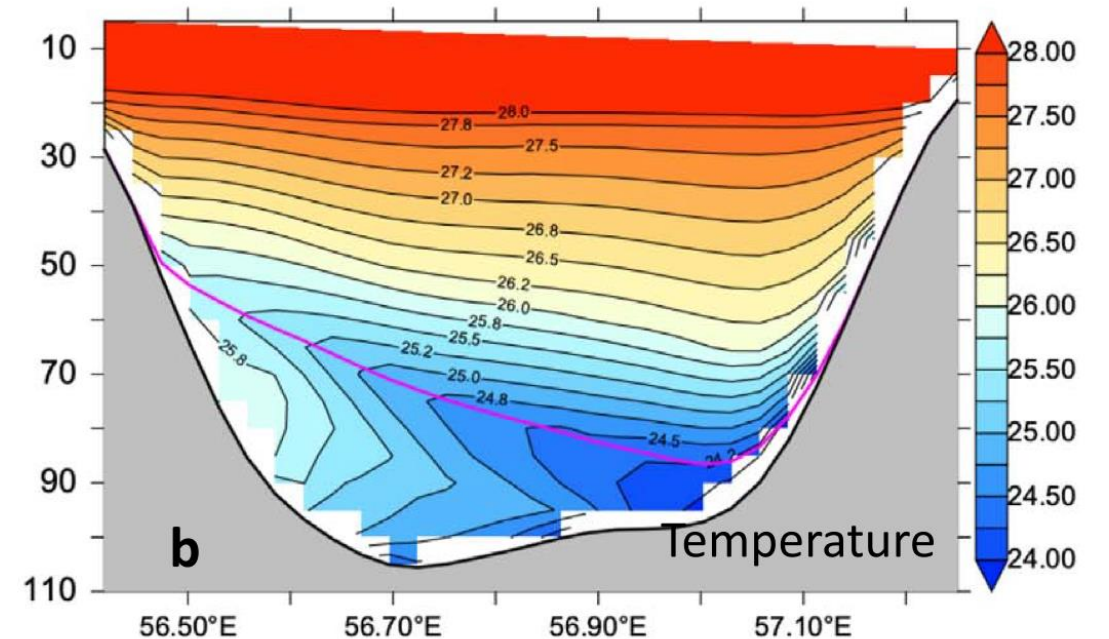
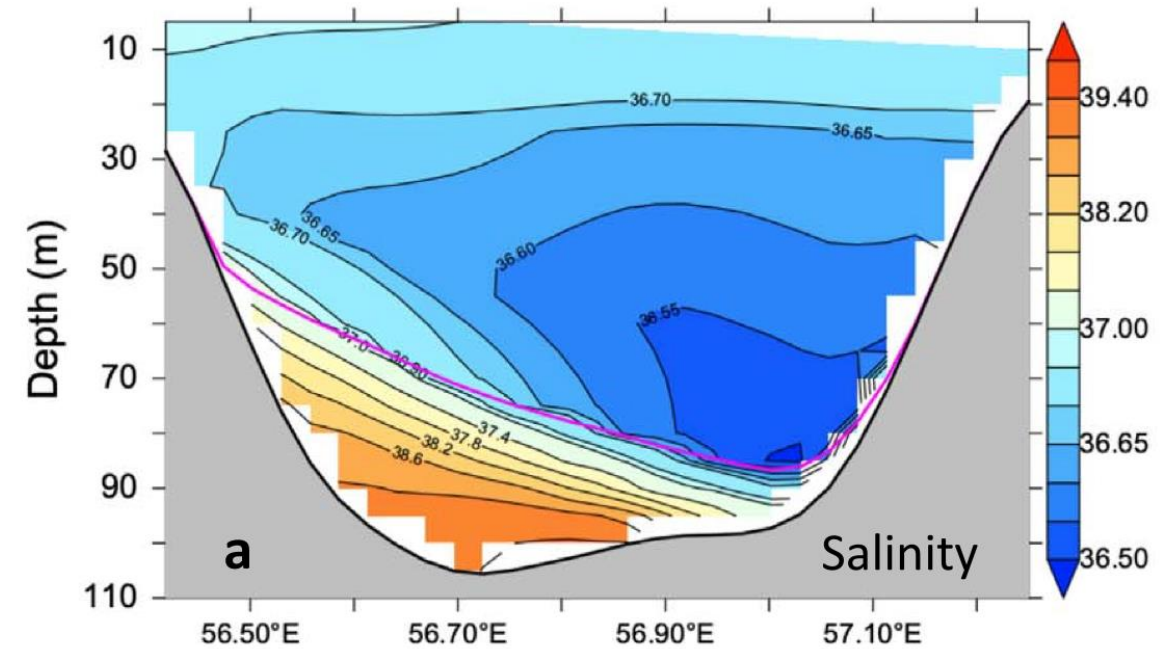
Efectos ambientales de la desalación

- Energías renovables
- Salmuera
 - 142 millones m³/día
 - 55% Arabia Saudita, Emiratos Árabes, Dubái y Qatar
 - ¿Qué se hace con la salmuera?
 - **Costas y océanos**
 - Alcantarillado
 - Inyección en acuíferos profundos
 - Aplicaciones en la minería y procesos industriales (Kumar et al., 2019)
 - Electro síntesis de **hidróxido de sodio** y **ácido clorhídrico**
 - Evaporación/cristalización



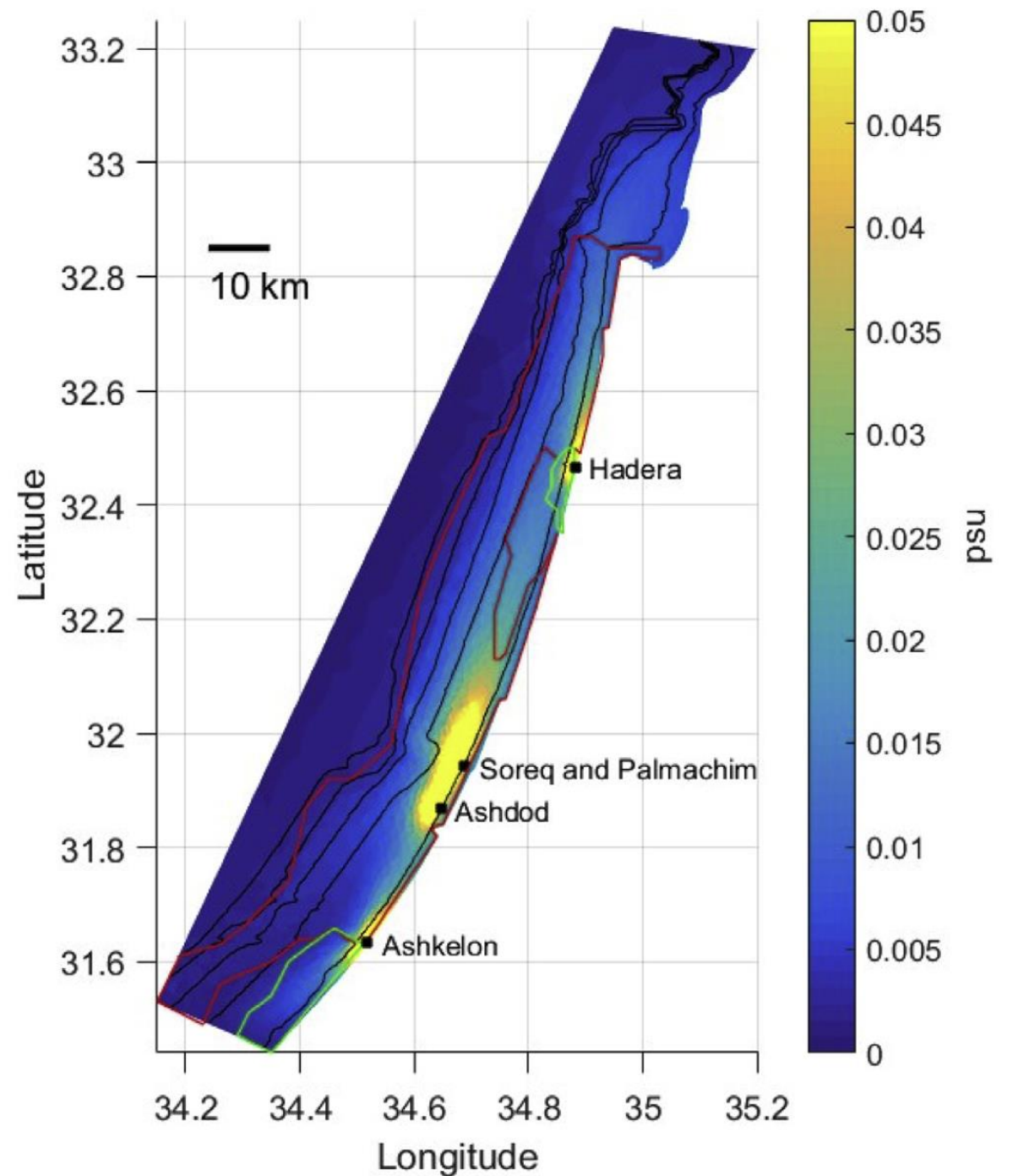
Efectos ambientales de I

- **Campos et al., 2020**
 - Desalación en el Golfo Pérsico
 - Descarga en la costa
 - **Conclusión:** efectos nocivos en los ecosistemas costeros
 - Similar a muchos estudios

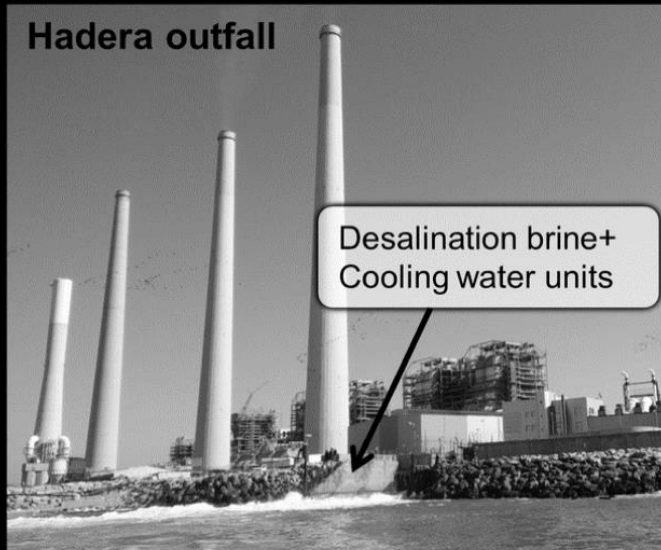


Efectos ambientales de

- **Wood et al., 2020**
 - Costas de Israel
 - Exceso de salinidad cerca de las descargas

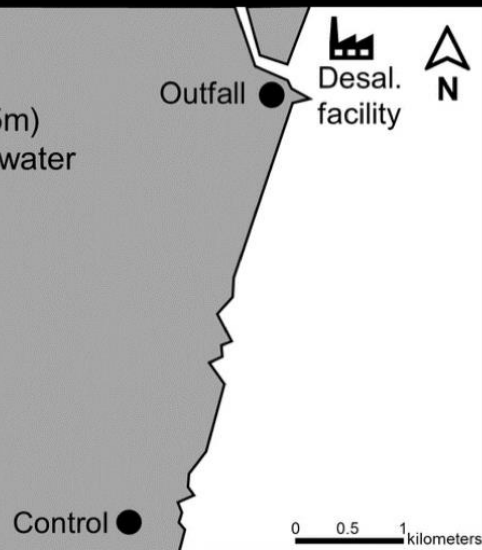


Hadera outfall

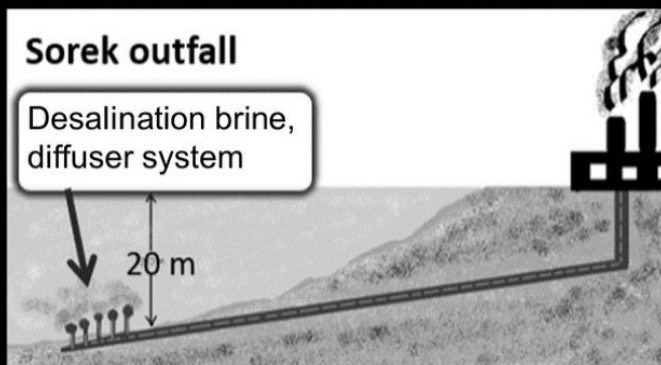


Hadera

Since 2009
Costal discharge (5m)
Mixed with cooling water

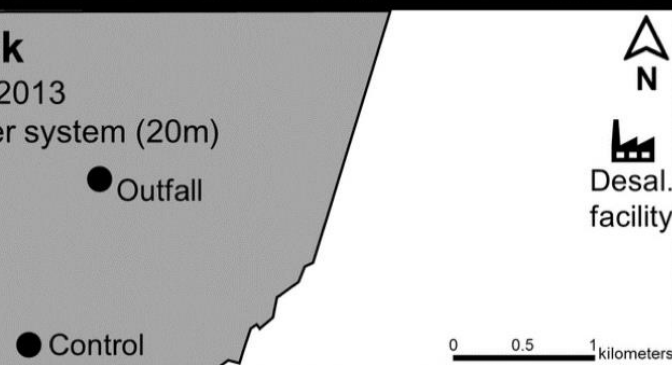


Sorek outfall

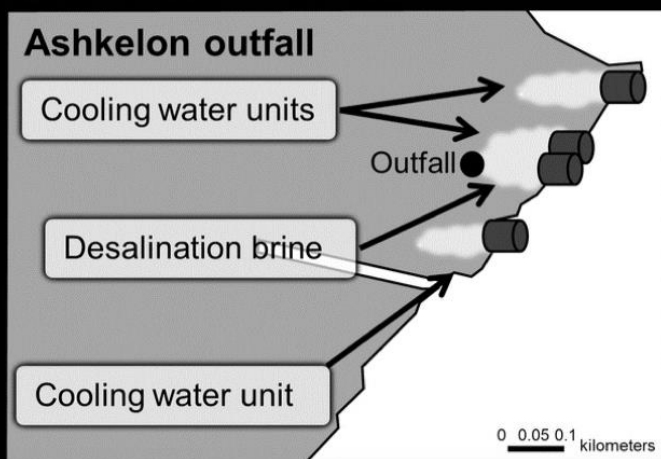


Sorek

Since 2013
Diffuser system (20m)

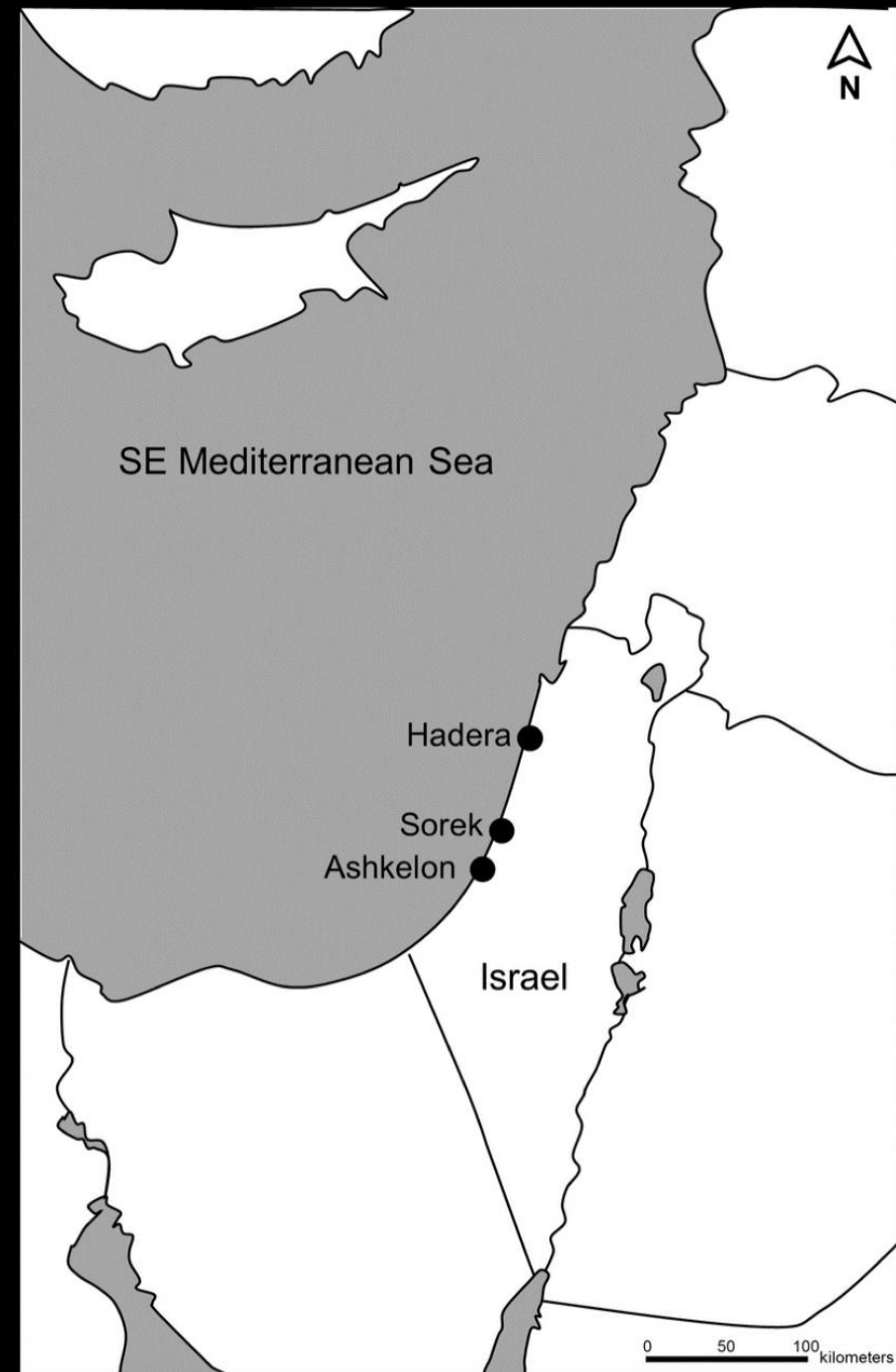
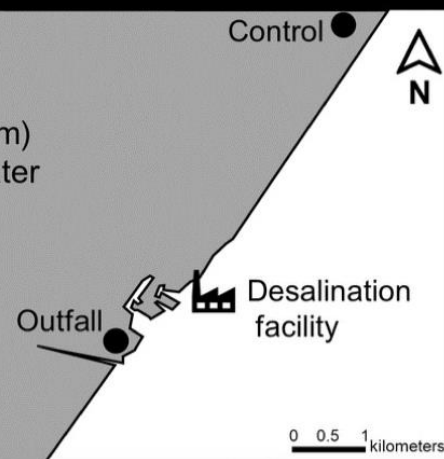


Ashkelon outfall

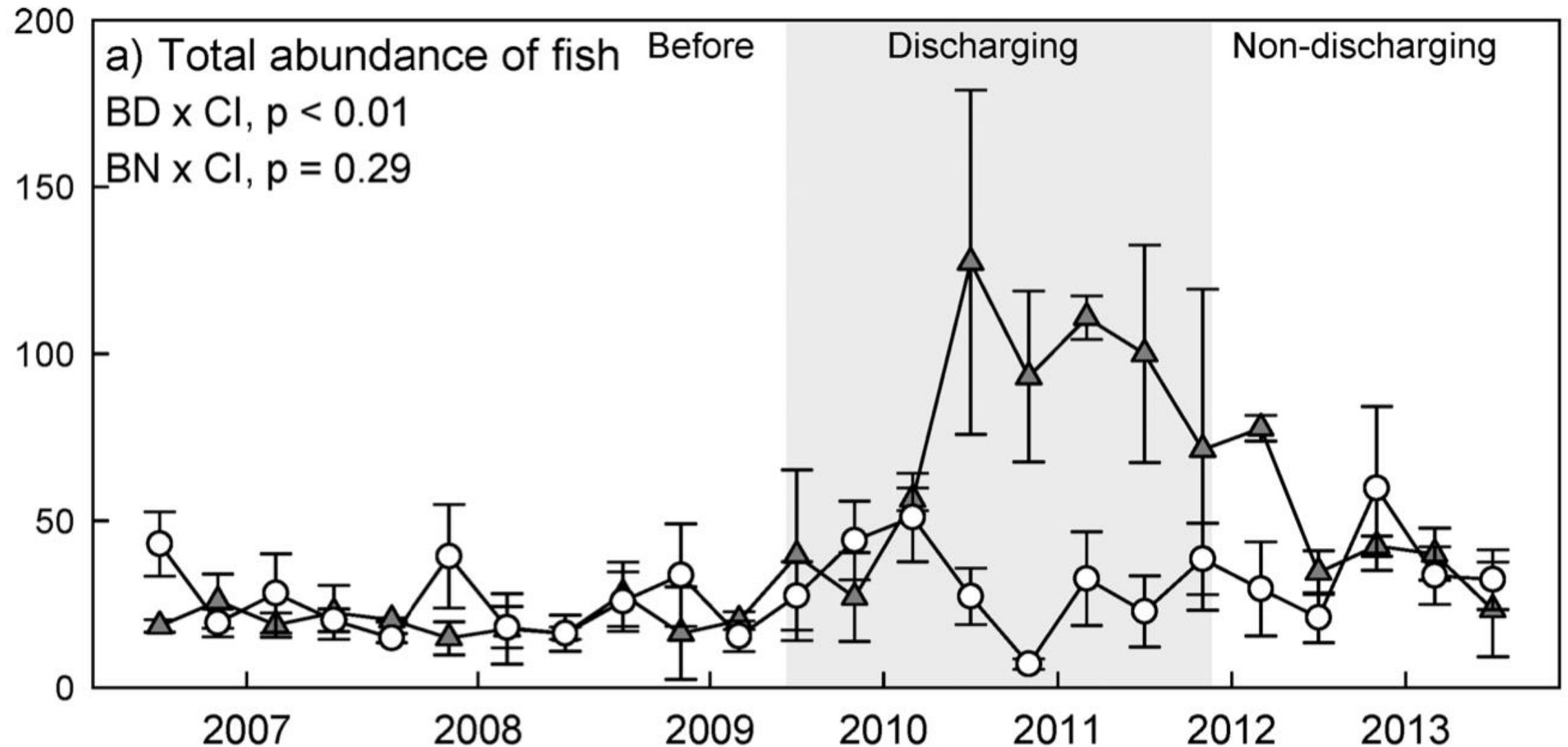


Ashkelon

Since 2005
Costal discharge (1.5m)
Mixed with cooling water



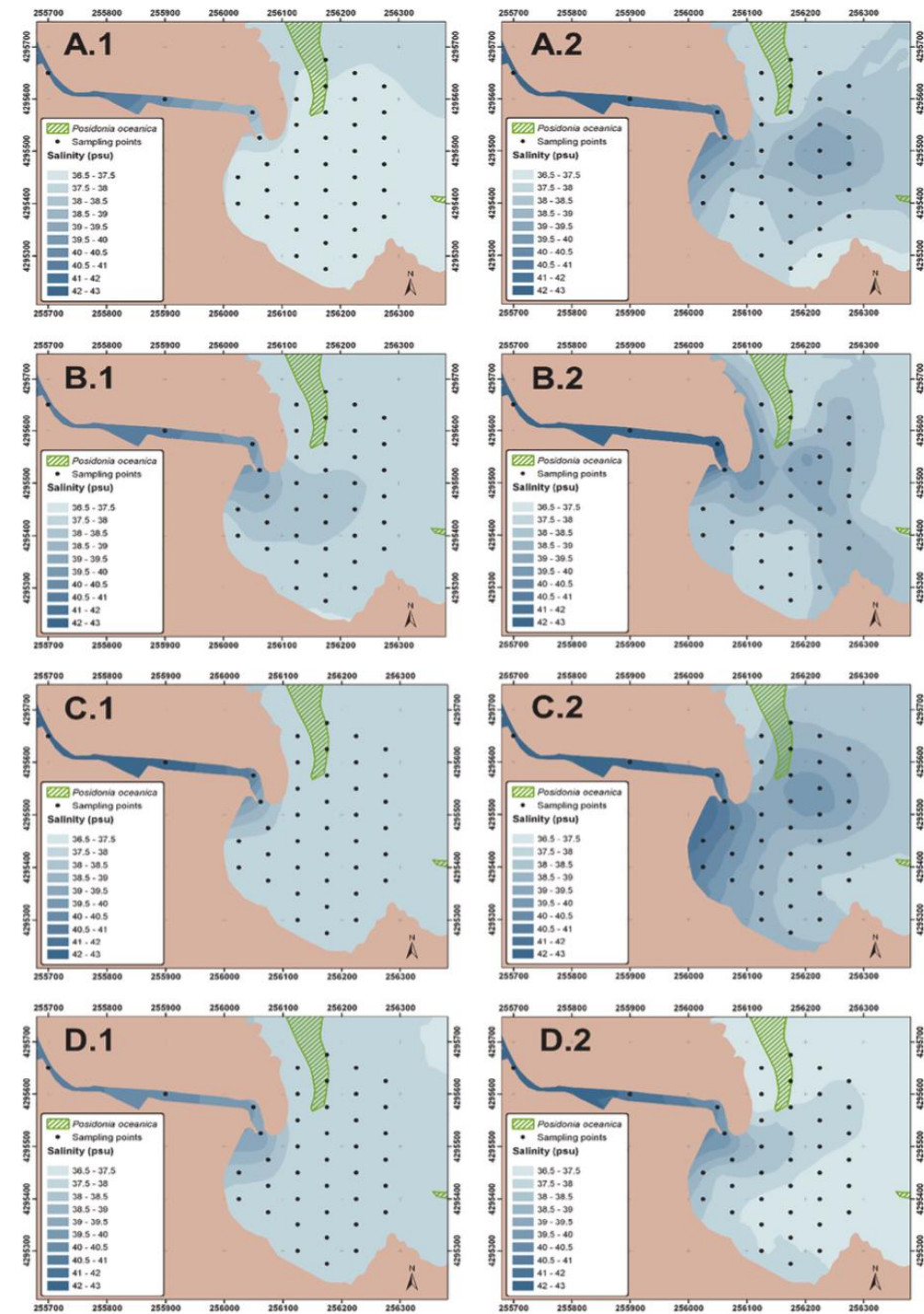
Australia (Brendan et al., 2020)



Efectos ambientales de la de

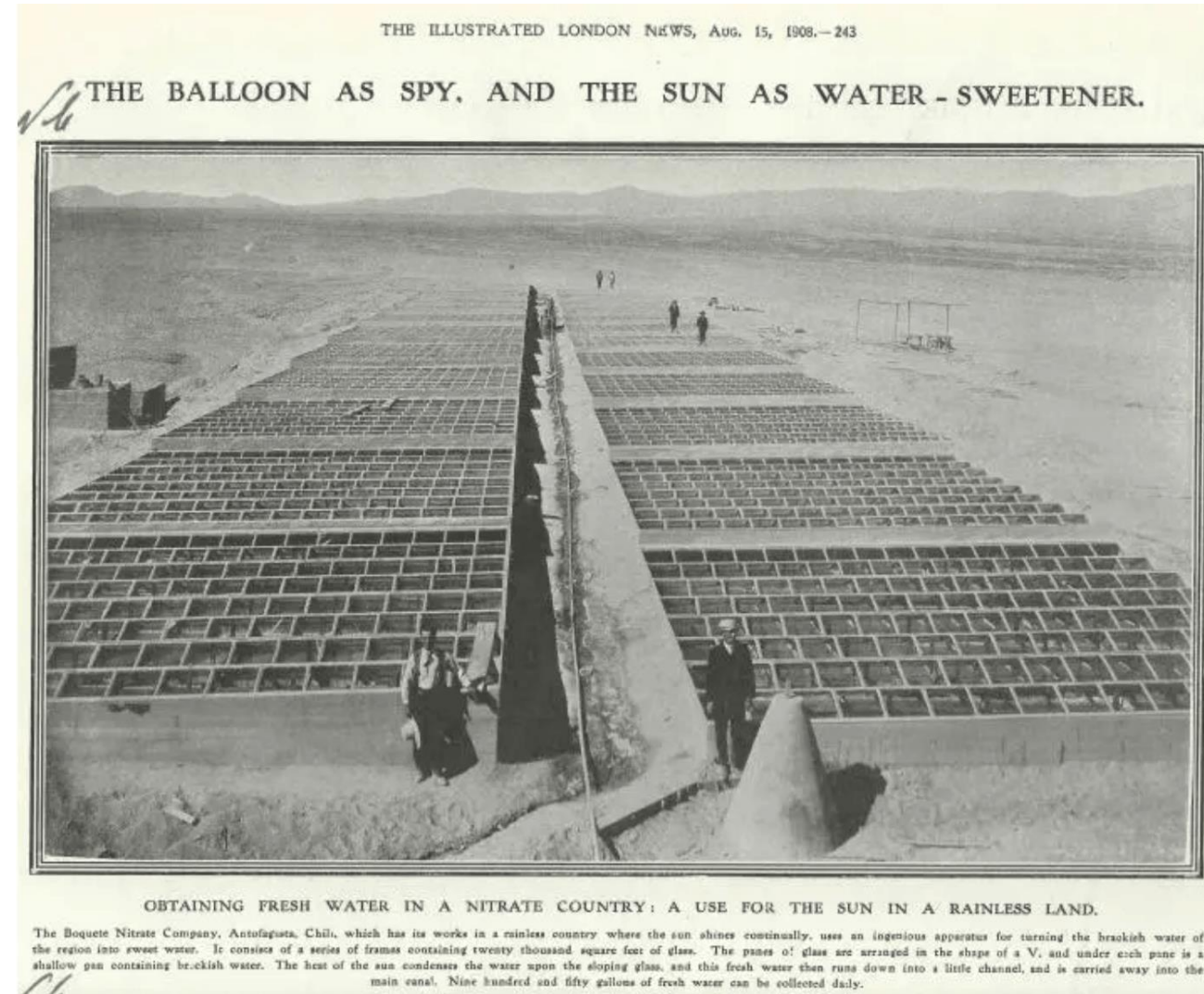
- **Sola et al., 2020**

- Desalación en España
- 17 años de monitoreo
- Salmuera diluida en un canal de “baja importancia ecológica”
 - Invierno y verano (2003, 2008, 2013, 2018)
- Conclusión: los impactos ambientales se minimizan cuando existe estricta colaboración entre la **ciencia** y la **industria**



Desalación en Chile

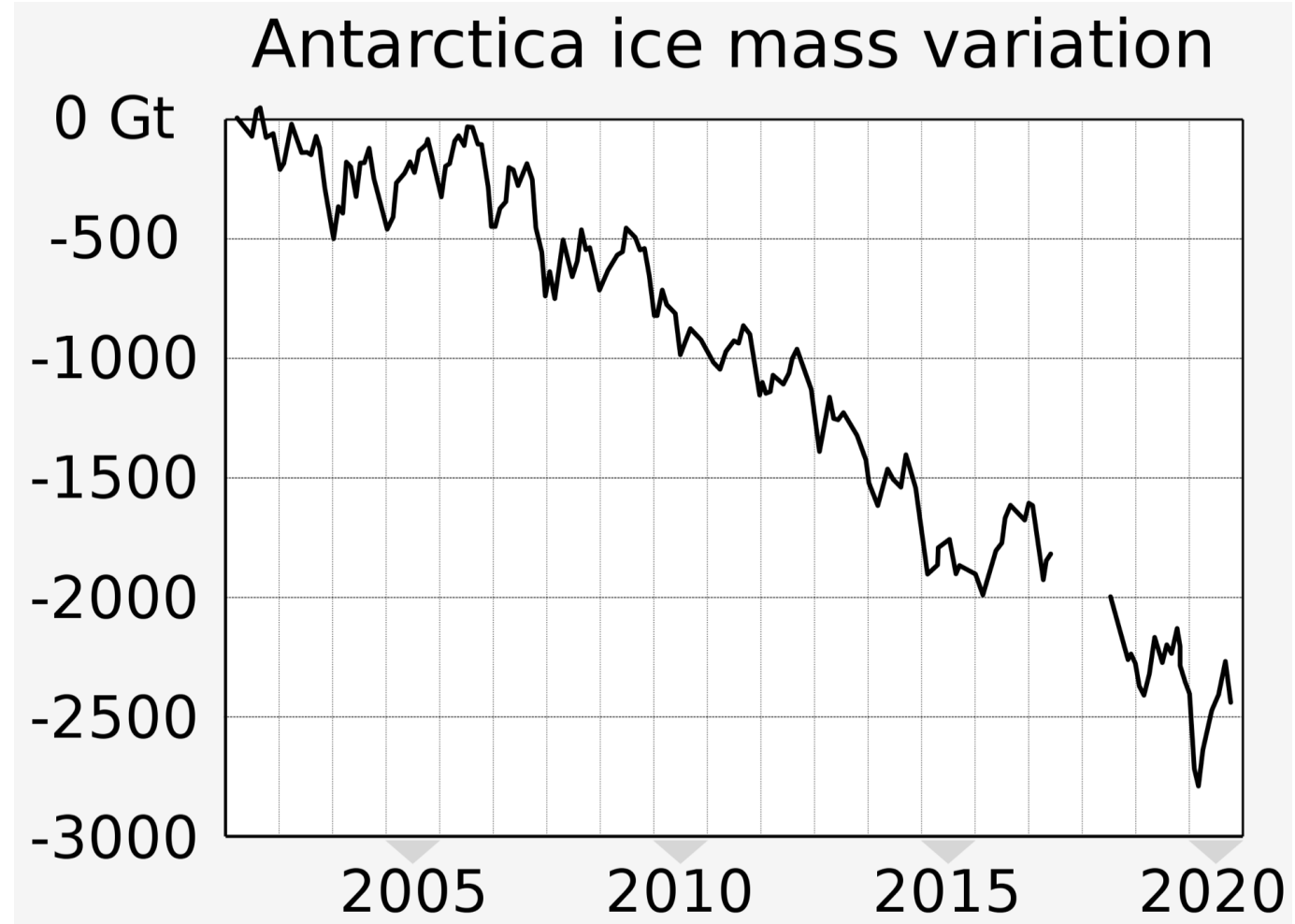
- Agua potable
 - Comienza en 1827 (Antofagasta, actualmente la mayor productora en LA, con **0.85 m³/s**)
- Minería: proyecciones para 2030
 - 65% Antofagasta
 - 60% Tarapacá
 - 43% Atacama
 - 25% Coquimbo
- Actualmente: 24 plantas operando y 22 en construcción



Planta desaladora Domeyko, 1907 (Fuente: Aguas Antofagasta)

Derretimiento en la Antártica

- Continente Antártico
 - 61% agua dulce planetaria
 - Pérdida anual de 1% debido al deshielo, **en promedio** (Wang et al., 2021; Mackie et al., 2020)
 - Ahora 6x más que en 1990s (Shepherd et al., 2018)
 - **Más de 7 mil m³/segundo**

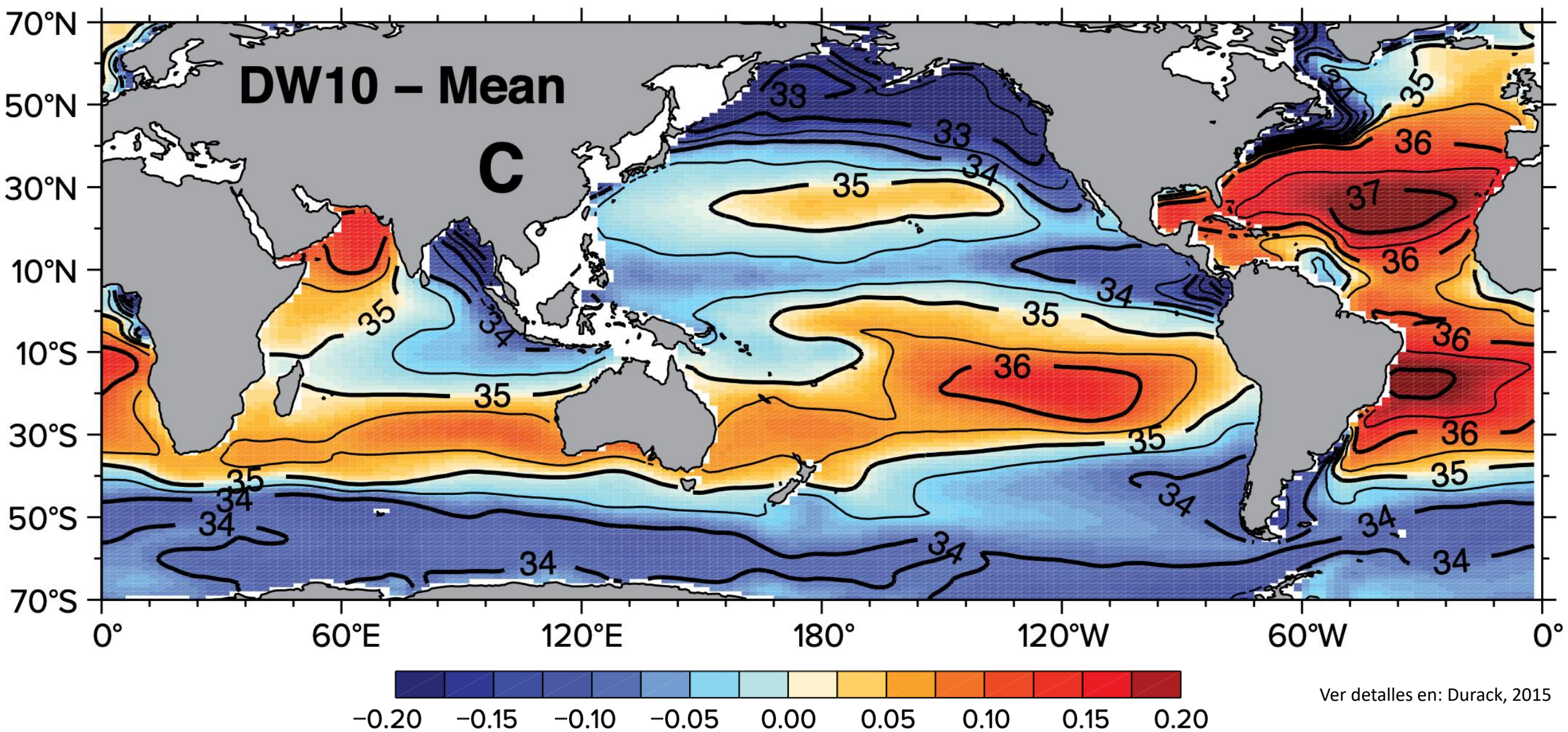


(Fuente: NASA, 2020)

La corriente de Humboldt

- Corriente de alta productividad (Montecino et al., 2009)
- Salinidad se ha monitoreado
 - Manual desde 1770s (Captain Cook)
 - 1999: uso de tecnologías (Argo floats y sensores remotos)
 - **Estable** durante los últimos 100 mil años (e.g. Rubey, 1951; Holland, 1972)
- **Pérdida de salinidad** desde comienzos de la era industrial de 0.015–0.03 partes por mil/año
 - e.g. Durack et al. (2012), entre otros
 - **Pérdida de la biodiversidad** (Gutierrez et al., 2016)





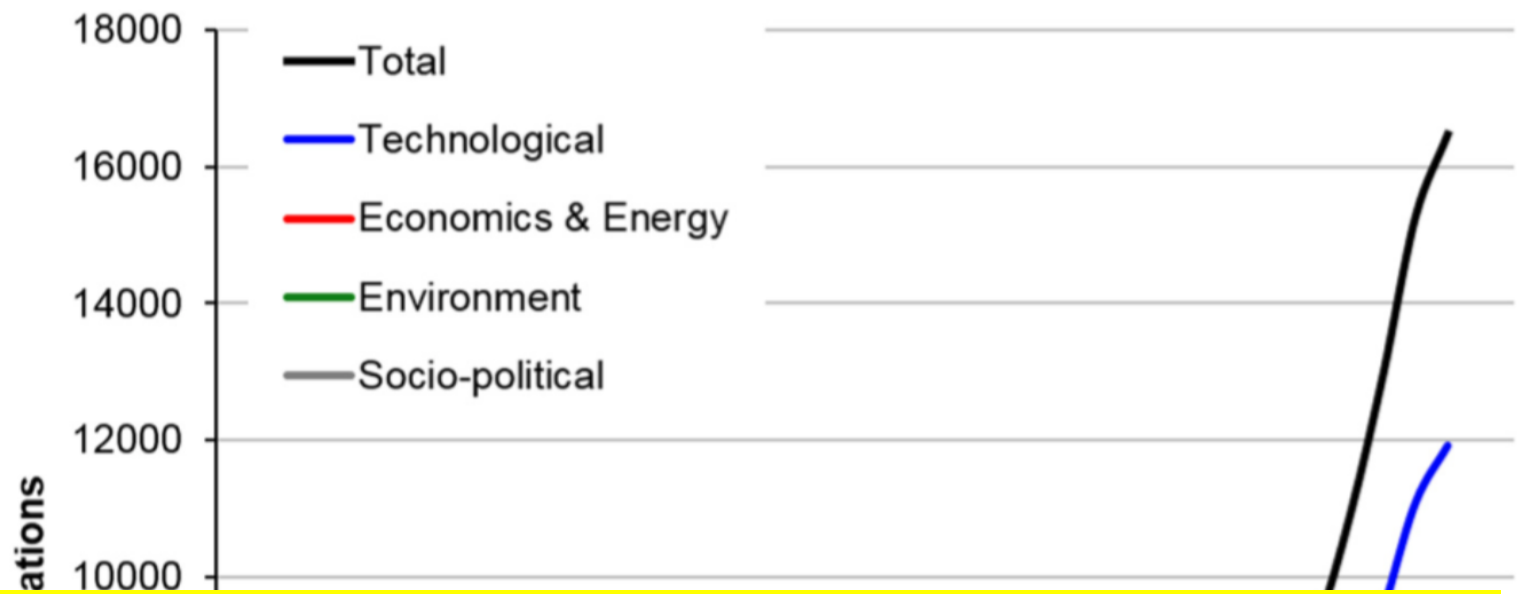
Desalación para la agricultura en Chile

- Eficiencia hídrica y buena gestión
- Unir esfuerzos con otros sectores, siempre involucrando a la **ciencia**
- Salmuera: maximizar usos alternativos y desechos libres de contaminantes (**solamente sal**)
- Verter la salmuera directamente en la corriente de Humboldt
 - Incrementa la sal
 - Regula la temperatura
 - **Normas ambientales**
- Monitoreo ambiental permanente
- **Investigación**



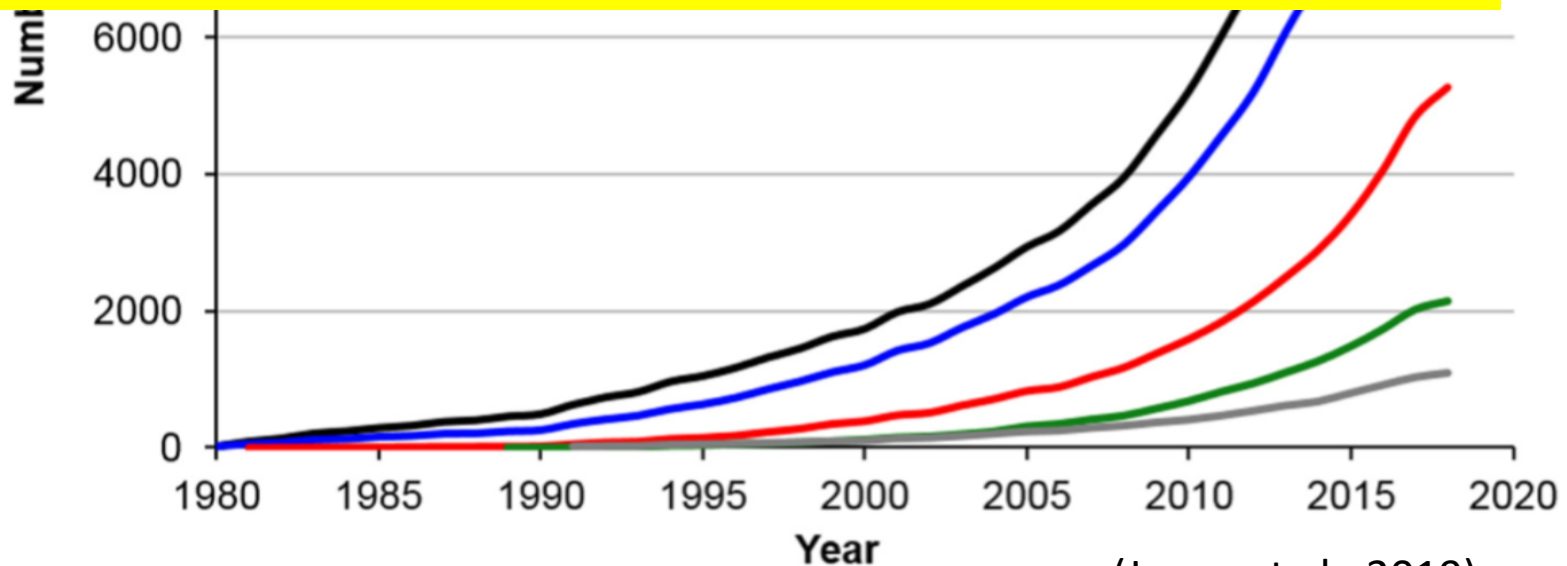
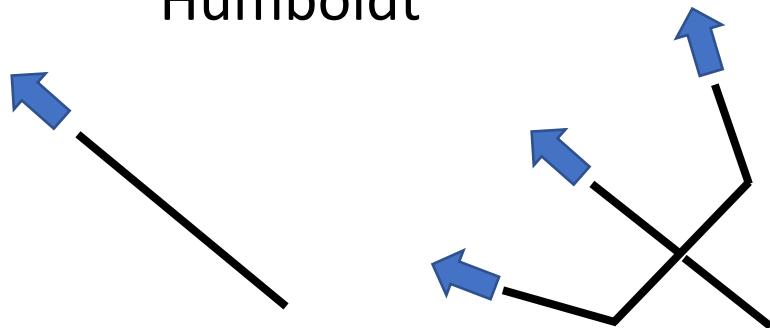
¿Investigación?

- Inmensos avances en los últimos años

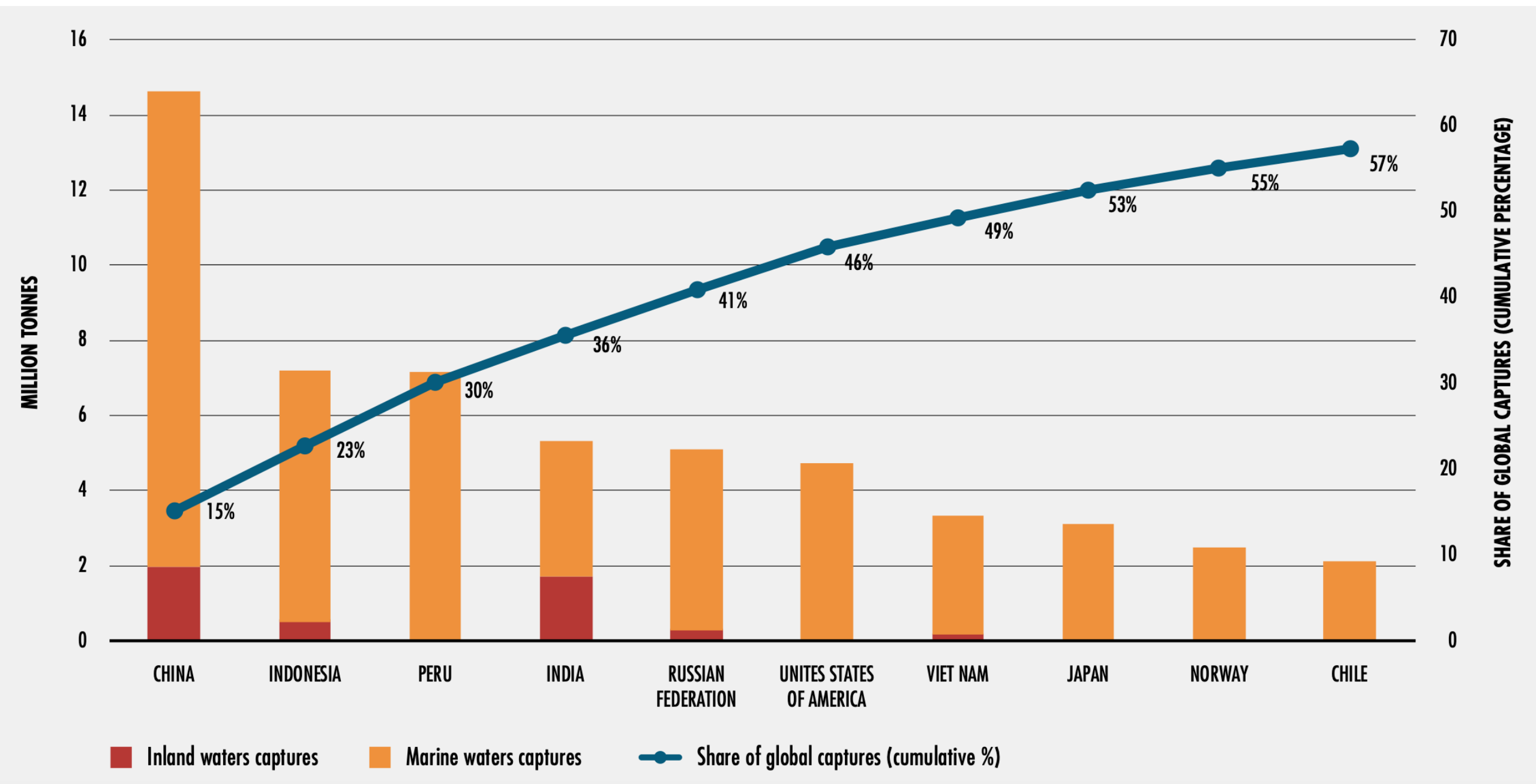


EFECTOS EN LOS ECOSISTEMAS

- Volúmenes de descarga
- Estrategias de descarga en la corriente de Humboldt



(Jones et al., 2019)





COLORADO SCHOOL OF MINES
EARTH • ENERGY • ENVIRONMENT



Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura



Programa
Hidrológico
Intergubernamental

¡Muchas gracias por su
atención!

Pablo A. Garcia-Chevesich, Ph. D.
(pablogarciach@gmail.com)



UNSA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

**THE UNIVERSITY
OF ARIZONA**



ReNUWIt