



SEMINARIO
DESALACIÓN:
LA AGRICULTURA
MIRANDO AL MAR

La Desalación Agro en el Mundo, ¿Qué están haciendo los países de vanguardia?

Dr. Domingo Zarzo Martínez

Director de Innovación y proyectos estratégicos **Sacyr Agua**
Presidente de **AEDyR** (Asociación Española de desalación y reutilización)
Miembro del Board of Directors de **IDA** (International Desalination Association)



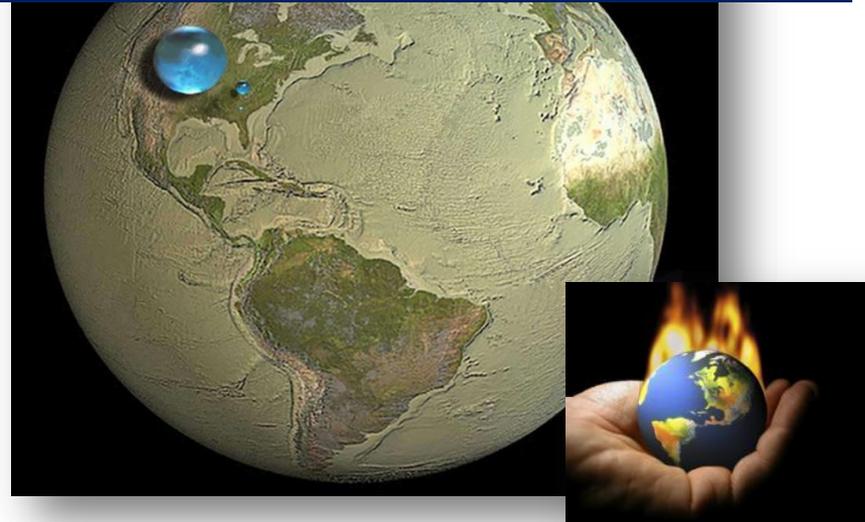
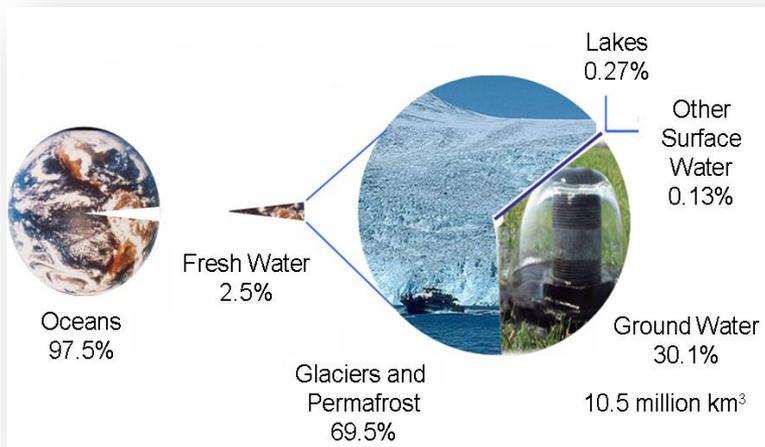


Introducción

sacyr

¿Por qué desalar?

Esferas representando toda el agua en la tierra, el agua dulce en la tierra y el agua en lagos y ríos



97,5% del agua en los Océanos.

1 de cada **9** personas no tiene acceso a **FUENTES DE AGUA POTABLE**

Y **1** de cada **3** carece de **SANEAMIENTO**, lo que además se agravará con los efectos del **CAMBIO CLIMÁTICO**

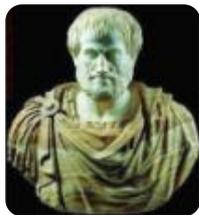
Entre 1915 y 2015 la demanda global de agua se ha multiplicado por **6**.

➤ **80%** del consumo de agua es para agricultura. La Demanda de alimentos crecerá al **DOBLE** en los próximos 50 años.

Breve Historia de la desalación



Moisés y su vara...



Aristoteles (382-322 AC) Trabajos sobre agua de mar y desalacion



Alquimistas Egipcios. Alambiques para destilación



Plinio el Viejo (23-79 DC) En su enciclopedia de historia natural describió métodos de desalación

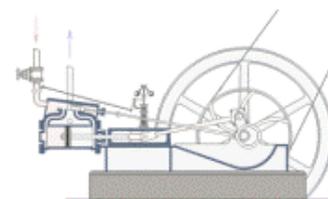


Legiones Romanas usaron evaporación solar en sus campañas en Africa

Vikingos (790-1100) usaron las velas de los barcos como "capturadores de niebla"

Alquimistas (500-1600) destilación

Revolución Industrial (s. XVIII-XIX); Máquina de vapor. Destilación en barcos



Jean Antoine Nollet (1748). Estudio paso del agua a través de membranas semipermeables



Henri Dutrochet (1776-1847) descubrió el fenómeno de la ósmosis



Loeb & Sourirajan (1960's); Primeras membranas comerciales de osmosis



La Desalación en el mundo

18.000 desaladoras – **99.8** mill.de m³/día

59% de agua de mar, 41% salobre

71% por ósmosis inversa (membranas)

60% uso municipal (agua potable)

Mayores productores: Arabia Saudí, EAU, EEUU y España



La desalación para agricultura representa solo un **2-3%** de la capacidad instalada global.

Spain is different

Capacidad total de Producción: 5 Mm³/día

(5% del agua potable)

5^o país en capacidad instalada

765 desaladoras (47% mar, 53% salobre).

99 de gran capacidad (> 10.000 m³/día)

1964 comienzo de la desalación en España
(Lanzarote)

**21% del agua desalada se usa
para agricultura**





Desalación para agricultura

Seguridad alimentaria, desalación y agricultura

DESALACIÓN - más utilizada para usos domésticos e industriales

No todos los cultivos pueden soportar el coste de producción

Preocupación sobre seguridad alimentaria, globalización de los mercados y precios, escasez de agua, costes de energía crecientes y cambio climático - Cambia la percepción

Cultivos de alto valor añadido “fuera de temporada” pueden justificar el uso de recursos de agua de mayor precio.

El uso de agua desalada para agricultura incrementa la productividad y calidad de los productos.



Aspectos diferenciales de la desalación para agricultura

Ventajas	Desventajas	Aspectos diferenciales
Recurso de agua adicional	Mayor precio del agua	Menores requerimientos en salinidad del producto y post-tratamiento; permite mezclas.
Agua de mar, recurso inagotable que no depende del clima	El agua deber estar iónicamente equilibrada (SAR)	Menores requerimientos de mano de obra, químicos, automatización, etc.
Incremento en productividad y calidad del producto	Requerimientos especiales de calidad: Boro, etc.	Capacidad para regular la producción (almacenamiento)
Menor consumo de agua	Posible agotamiento de acuíferos en desalación de agua salobre.	Simplicidad en obras civiles y equipos
Recuperación de suelos salados o degradados	Problema de gestión de las salmueras en interior	Tecnologías; RO (agua de mar), RO, NF, EDR (agua salobre)



Calidad del agua (1)

Cantidad y calidad de agua depende de: tipo de cultivo, permeabilidad del suelo, drenaje, climatología, etc.

Salinidad óptima para mayoría de cultivos: **<2 mS/cm**. Cualquier incremento reduce la productividad aproximándose a cero a 4.5-5 mS/cm.

Incremento de la productividad y reducción de necesidades de agua utilizando desalación. Algunos estudios realizados

1) Estudios propios (año 1997, no publicado): **Naranjas Navel**
- **Incremento en producción:** entre 10-50% dependiendo del origen del agua (salobre de pozo, superficial, desalada)

- reducción del 20% de la **cantidad requerida de agua**

2) Estudios en las Islas Canarias con plátanos regados con agua residual desalada (*):

- **necesidades de agua reducidas** en un 30%

- **cantidad de fertilizantes reducida** a 1/2

- **se incrementó la producción** y se adelantó la maduración



Calidad del agua (2) . El Boro

El rechazo del Boro por las membranas es bajo (aprox. 60%) y es tóxico para algunos cultivos

Hay varias clasificaciones en relación a la tolerancia a la presencia de Boro en el agua de los cultivos, como la siguiente;

- (a) Cultivos sensibles (0.30-1.0 mg/l):** manzana, cereza, limón, naranja, melocotón, pomelo, aguacate, albaricoque, higos, uva, ciruela, judías
- (b) Cultivos semi-tolerantes (1.0-2.05 mg/l):** cebada, repollo, zanahoria, lechuga, cebolla, patata, calabaza, espinaca, tabaco, olivo, rosas, tomates y trigo
- c) Cultivos tolerantes (2.05-4.0 mg/l):** espárragos, arándanos, algodón, pepino, gladiolos, sésamo, tulipán, remolacha, alubias, pasto, menta y centeno

- En general la concentración de Boro en agua de mar es 4-6 mg/l. En aguas salobres encontramos diferentes concentraciones

- Para reducir por debajo de 1 mg/l se necesita mayor inversión y coste de operación (2º paso, resinas...)



Calidad del agua (3). Remineralización

Es necesario ajustar el RAS / SAR (Sodium Absorption Rate), relacionado con la modificación de la estructura del suelo y su impermeabilización

$$S.A.R. = \frac{[Na]}{\sqrt{\frac{1}{2} \times ([Ca] + [Mg])}}$$

(Iones in meq/litro)

El agua desalada tiene muy poco Calcio y Magnesio y mucho Cloruro y Sodio; está desequilibrada iónicamente (y pH ≈ 5,5).

Ajuste del SAR en Desalación para agricultura

En general, añadiendo cal o carbonato cálcico
 En agricultura el método más usado de remineralización es la **mezcla con otras aguas**

El coste de remin es muy reducido respecto a otros



S.A.R.	Riesgo
0-10	Bajo
10-18	Medio
18-26	Alto
> 26	Muy alto



Mezclas: Ejemplo de convivencia de distintas fuentes de agua de agua de diferentes orígenes



Las manchas blancas son invernaderos

Se mezclan: Desalación de agua salobre y del mar, agua de reuso, aguas subterráneas y agua superficial procedente de trasvases





El coste del agua desalada

Coste del agua desalada

Tiene los siguientes componentes:

O&M:

Personal

Químicos

Reemplazo de membranas

Consumibles

Mantenimiento

Residuos y costes ambientales

Otros:

Financieros

Seguros y garantías



Coste típico desalación por RO: **0,35-0,5 €/m³ (0,7-1 €/m³ incluyendo amortización)**

305-436 CLP/m³ (610-872 CLP /m³)

dependiendo del tamaño de la planta, distancias entre captación, planta y distribución, con fuerte influencia de la mano de obra local y el precio de la energía. Para agua salobre **0.15-0.3 €/m³ (130-261 CLP/m³)**. Coste muy influenciado por el factor de productividad y los costes de la energía (40-60%). Capex: **1.200-1.500 €/m³-día (1-1,3 Millones CLP/m³-día) instalado.**

Capex y Opex de grandes desaladoras de agua de mar

Localización	País	Año	Capacidad (m3/día)	Capex	Tarifa	Tipo de Contrato
Larnaca	Chipre	2001	52,000	47 M€	0.74 US\$/m3	EPC
Ashkelon	Israel	2005	396,000	212 MUS\$	0.52 US\$/m3	BOT
Singspring	Singapur	2005	136,380	117 MUS\$	0.49 US\$/m3	BOO
Honaine	Argelia	2005	200,000	225 MUS\$	0.756 US\$/m3	BOT
Perth	Australia	2006	143,000	387 MAus\$	1.17 Aus\$/m3	DBO
Aguilas	España	2008	210,000	363 MUS\$	0.579 US\$/m3	EPC + O&M
Skikda	Argelia	2009	100,000	110.8 MUS\$	0.7398 US\$/m3	DBO
Beni Saf	Argelia	2010	200,000	153.4 MUS\$	0.6994 US\$/m3	DBO
Chennai	India	2010	100,000	91 MUS\$	1.03 US\$/m3	BOT
Limassol	Chipre	2012	40,000	55 MUS\$	0.8725 US\$/m3	BOT
SSDP (Perth II)	Australia	2012	306,000	601 MUS\$	0.41 US\$/m3	Alliance
Qingdao	China	2013	100,000	135 MUS\$	0,71 US\$/m3	EPC + O&M
Tuaspring	Singapur	2013	318,500	635 MUS\$	0.36 US\$/m3	BOOT
Ashdod	Israel	2014	384,000	372 MUS\$	0.538 US\$/m3	EPC
Tenes	Argelia	2015	200,000	231 MUS\$	0.59 US\$/m3	DBO
Tuas III	Singapur	2018	136,000	217 MUS\$	0,54 US\$/m3	DBOO
Shuqaiq 3	Arabia Saudi	2021	450,000	600 MUS\$	0.52 US\$/m3	BOT
Rabigh	Arabia Saudi	2022	600,000	650 MUS\$	0.55 US\$/m3	DBO
Taweelah	UAE	2022	900,000	550-1.200 MUS\$	0.49 US\$/m3	BOT



Desalación para agricultura en España

Datos generales

España es el mayor productor de agua desalada para agricultura (>20%), principalmente en el Sudeste mediterráneo (Alicante, Murcia y Almería) y las Islas Canarias. Algunos datos interesantes sobre España:

- El **75%** de las demandas de agua proceden de la agricultura (en zonas como Almería, 90%)
- **España representa > 25%** del total de superficie de regadío en la UE
- Desde 1990-92 a 2001-03 el consumo de agua en agricultura creció el **doble**
- **La Contribución de la agricultura a la economía española es superior al 5%**



Una parte de la provincia del Poniente Almeriense en 1974 y en la actualidad, mostrando el crecimiento de los invernaderos

Productividad del agua para diferentes cultivos (Cuenca del Segura, España (*))

Cultivo	Rendim. (Kg/ha/año)	Huella hídrica total (L/Kg)	Precio (€/Kg)	Precio (CLP/Kg)	Productividad económica de la tierra (€/ha/año)	Productividad de la tierra (CLP/Ha/año)	Productividad económica del agua (€/m ³)	Productividad del agua (CLP/m ³)
Arroz	4.950	2.283	0,3	262	1.318	1.150.416	0,15	131
Patata	33.600	199	0,2	175	7.716	6.734.911	1,98	1.728
Alfalfa	70.000	121	0,1	87	9.691	8.458.789	1,15	1.004
Hortícolas protegidos	85.000	80	0,6	524	48.531	42.360.283	6,97	6.084
Hortícolas aire libre	37.000	199	0,4	349	14.536	12.687.748	3,11	2.714
Frutales fruto carnoso	21.000	350	0,5	436	11.444	9.988.895	2,48	2.165
Algodón	2.000	4.321	0,3	262	721	629.325	0,17	148
Cítricos	30.000	257	0,2	175	7.000	6.109.950	1,38	1.204
Almendras	1.100	4.454	1,0	873	1.112	970.609	0,51	445
Viñedo para vino/mesa	3.600/ 25.000	1.073/ 247	0,6/ 0,6	524/ 524	2.067/ 14.499	1.804.181/ 12.655.452	1,64/ 3,99	1.431/ 3.482
Olivar	7.600	485	0,5		3.905	3.408.479	3,90	3.404

(* Extraído de: Aldaya et al. Análisis Académico del plan hidrológico de la demarcación Hidrográfica del Segura 2015-2021 a la luz de modernos conceptos de la ciencia de los recursos de agua. Edit: Fundación Botín, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2017)

Cambio Aplicado: 1 € = 872,85 CLP

Caso de estudio de planta desaladora privada para agricultura



Desaladora C.R Cuevas de Almanzora

La planta desalobradoradora de la comunidad de regantes Cuevas de Almanzora, está ubicada en el levante almeriense, muy próxima a la línea de costa, en la pedanía de Palomares, junto a la rambla/desembocadura del río Almanzora.



La **superficie regable** de la Comunidad de Regantes Cuevas de Almanzora se ha ido ampliando según se disponía de recursos hídricos adicionales

		Superficie (Has)	Fuente agua
Zona Huerta	Inicial-tradicional	455	Pozos
Cota 80	Construcción Embalse de Cuevas	2.860	Trasvase Tajo-Segura
3ª expansión	Trasvase Negratín	2.533	Trasvase Negratín
TOTAL		5.848	

- El agua procedente de los trasvases fue insuficiente para abastecer el área regable (1.765 m³/Ha).
- La calidad del agua de trasvases no permite utilizar recursos subterráneos para mezclas (>3.500 µS/cm).



Desaladora C.R Cuevas de Almanzora

Comienzo del proyecto: Septiembre 2002

Propietario: Comunidad de Regantes de Cuevas de Almanzora

Construcción: 8 meses

Capacidad inicial: 30.000 m³/día

Inversión: 12 Millones € (10.474 Millones CLP)

Subvención: (50%) Junta de Andalucía

Origen del agua: salobre subterránea con salinidad creciente (acuífero con intrusión marina) (9.000-17.000 μ S/cm)

Conversión: 68-70%

Calidad de agua producto (contractual):

< 500 μ S/cm



Desaladora C.R Cuevas de Almanzora

Innovaciones y aspectos destacables

- Se alimenta de **pozos de un acuífero con intrusión marina**, con salinidades diferentes y variables
- La planta se construyó con los **materiales adecuados para reconvertirla en agua de mar** fácilmente
- **Solo la operan 3 personas**, conectadas por la noche con el sistema de alarmas a móvil de la instalación
- **Produce agua “a la carta”**, para las diferentes temporadas y cultivos, mezclando con agua de pozo y con diferentes precios
- **Incluye recuperadores de energía** de tipo Turbocharger entre etapas en los bastidores principales, que recuperan aprox. el 30% de la energía
- **La planta arranca y para automáticamente según la tarifa eléctrica**
- Se han utilizado **antiincrustantes específicos para Sulfatos** y cuenta con un sistema Trasar 3D para su seguimiento
- Se ha ido **ampliando** añadiendo a la nave antiguos bastidores de membranas procedentes de otras fincas de riego y cada uno trata aguas de diferente salinidad
- **El agua de riego ha ido lavando la tierra y los drenajes haciendo que el acuífero haya mejorado la calidad del agua después de años de funcionamiento**
- La planta lleva más de 20 años funcionando y se han cambiado muy pocas membranas



Costes de O&M con agua de 17.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad

Concepto	€/año	CLP/año	€/m ³	CLP/m ³	%
Costes variables					
Quimicos			0,048	41,9	19,5
Reemplazo membranas			0,020	17,4	8,1
Filtros de cartuchos y otros			0,004	3,5	1,6
Energía			0,127	110,8	51,6
Mantenimiento			0,01	8,7	4,1
TOTAL Variable			0,209	182,4	85
Costes Fijos					
Personal	148.750	129.836.438	0,030	26,2	12,2
Mantenimiento fijo	16.227	14.163.737	0,003	2,6	1,2
Otros costes	19.833	17.311.234	0,004	3,5	1,6
TOTAL fijo	184.810	161.311.409	0,037	32,3	15
TOTAL COSTE			0,246	214,7	

Tarifa especial de energía evitando producción en horas punta. La planta arranca y para automáticamente según tarifa.

-Costes de personal muy reducidos (3 operadores con alarma a móvil GSM: no necesaria presencia 24 h)

-Agua “A la carta” a distintos precios producida de acuerdo a los requerimientos de los usuarios: tarifa dependiente de calidad

Desaladora C.R Cuevas de Almanzora

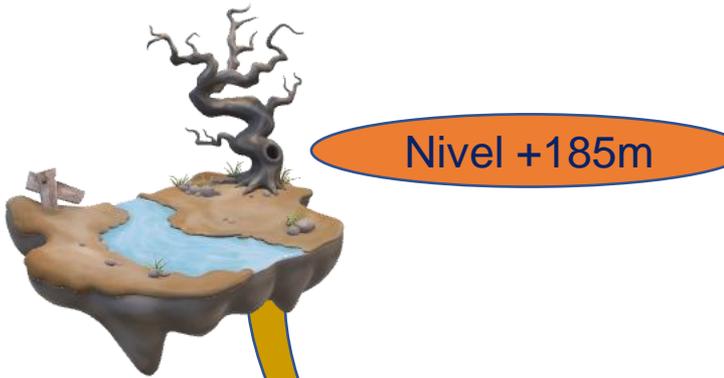
- En el año 1999 se secó completamente el embalse de Cuevas de Almanzora y en 2002 se construyó la planta desaladora, que entró en operación en 2003.
- Con la producción de la desaladora, se ponen en valor los pozos de agua subterránea, aumentando la dotación media (2.800 m³/Ha) y la calidad, a un coste razonable.



Fuente agua	Dotación (Hm ³ /año)	CE (µS/cm)	Coste agua (€/m ³)	Coste agua (CLP/m ³)
Traslase Tajo-Segura	5,32	2.000	0,11	96,0
Traslase Negratín	5	1.300	0,23	200,8
Subtotal	10,32	1.661	0,17	148,4
Pozos	1,5	3.500	0,09	78,5
Agua desalada	4,5	300	0,34	296,7
Subtotal con agua desalada	16,32	1.455	0,21	183,3

Ampliación Desaladora Cuevas de Almanzora con aguas salobres en altura – Record de bajo consumo

- Presión disponible: 125 mca
- Máxima presión para la producción del tren de 6.000 m³/d: 7,2 bar
- Instaladas membranas de alta permeabilidad
- Instalada turbina recuperadora Turbocharger entre etapas



Diferencia de cota: 175m
 Pérdidas para 15.500 m³: 50 mca



Consumo específico con diseño convencional: **1.00 Kwh/m³**

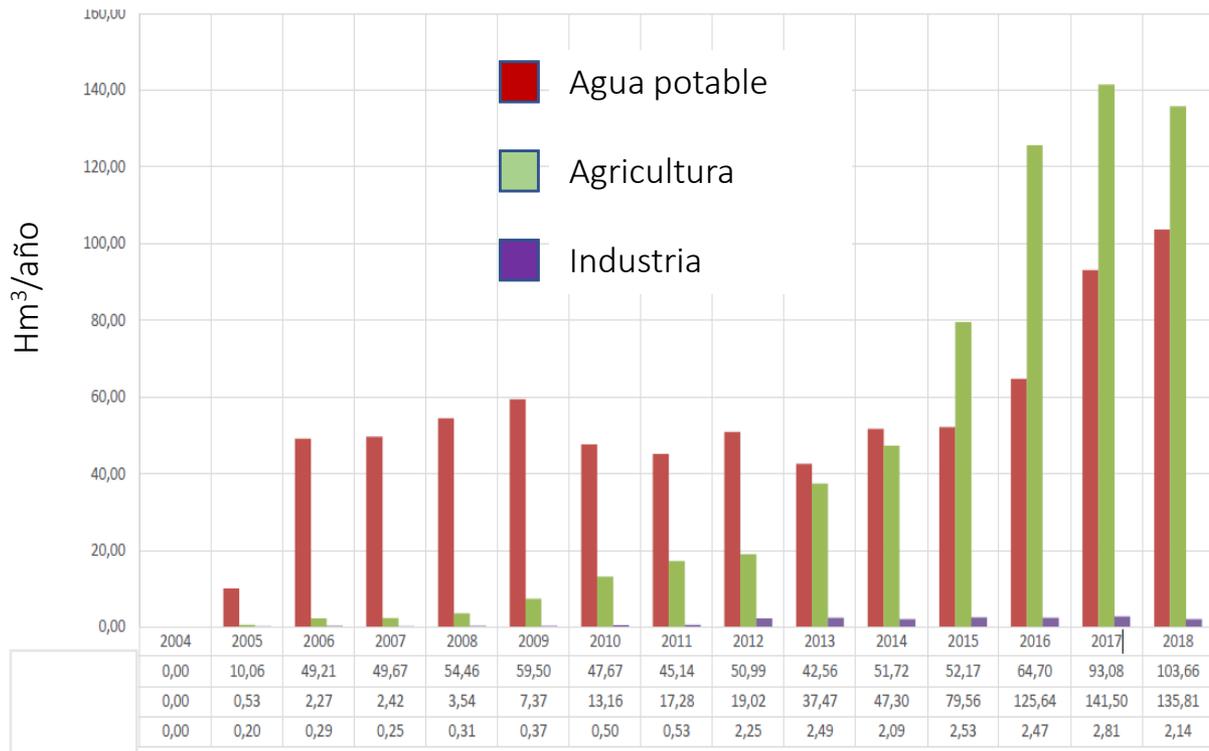
Consumo específico calculado: **0,02 Kwh/m³**

Ahorro de energía anual: **1.881 Mwh para 320 días de producción al año**

Reducción media de emisiones de **CO₂: 561.792 Kg CO₂/año**

Vol. producido por las grandes desaladoras de Acuamed (Gobierno de España) en el Mediterráneo

Volumen de producción anual por usos



3 grandes plantas produciendo principalmente para agricultura

CAPEX (Millon €)



293

247

225

Las plantas de Acuamed han producido un total de 1.426 Hm³ desde su puesta en marcha (la mayor parte en 2012): 43% para agricultura. En 2018: 230 Hm³, **55% para agricultura** y creciendo.



Consumo de energía y aspectos ambientales

Evolución del consumo energético con el tiempo

AÑO	Tecnología	Kw-h/m ³
1970	MSF	22
1980	MSF	18
1985	VC	15
1988	VC	13
1990	RO	8.5
1994	RO	6.2
1996	RO	5.3
1998	RO	4.8
1999	RO	4.5
2000	RO	4.0
2001	RO	3.7
2002	RO	3.5
2005	RO	3
2007	RO	< 3

Cambios

Tecnologías de evaporación

Reemplazo de evaporación por tratamiento de membranas

Desarrollo de las turbinas Francis

Desarrollo de turbinas Pelton

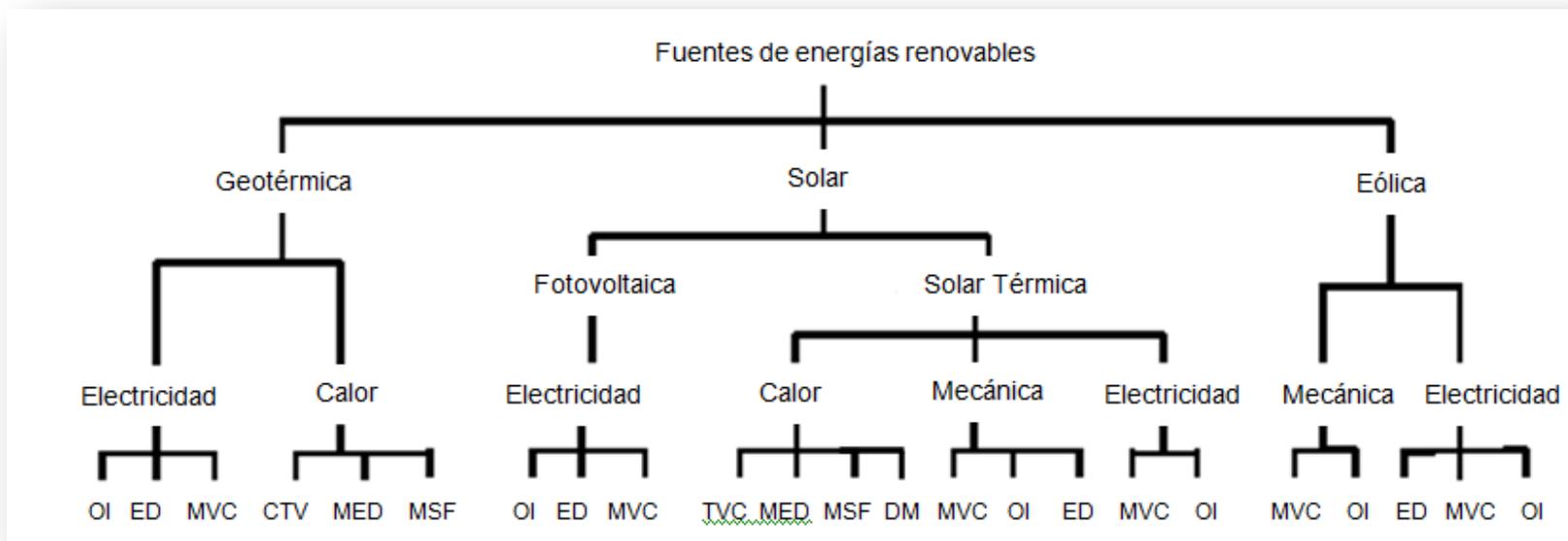
Sistemas de cámaras isobáricas o hiperbáricas

El límite termodinámico para la separación de sales es aproximadamente 1 Kw-h/m³ para 35.000 ppm de TDS)

El consumo energético anual de producir agua desalada de mar para una familia de 4 miembros es equivalente al consumo de su refrigerador

Posibilidades del uso de renovables en desalación

- **En procesos térmicos:** calentamiento del agua mediante energía térmica solar o geotécnica, etc.
- **En procesos de desalación por membranas:** utilización de energía eléctrica captada mediante eólica, fotovoltaica, etc.
- **Dos opciones;** en el aporte de energía o en el proceso



Dificultades de la aplicación de Energías renovables a la desalación

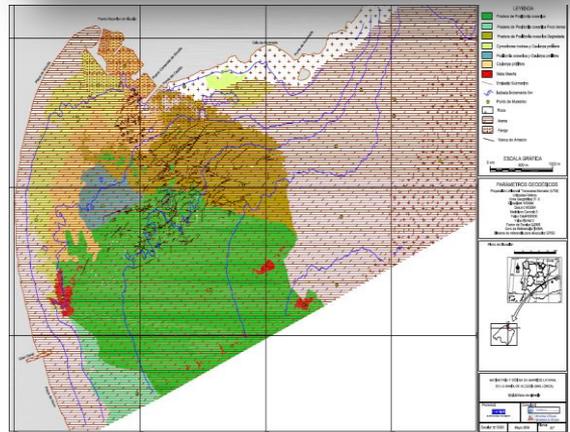
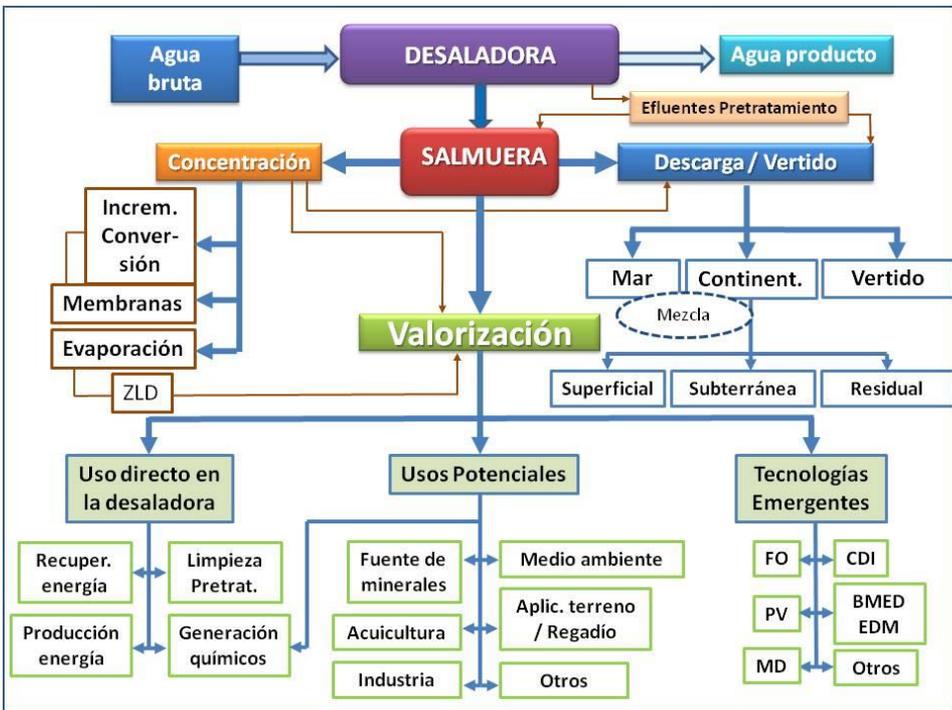
- **Capacidad de producción.** Las necesidades de energía de las desaladoras son muy elevadas
- **Continuidad / Almacenamiento**
- **Necesidades** (espacio, condiciones favorables, etc.)
- El mejor **lugar** para instalar una desaladora no tiene porqué coincidir con el mejor lugar para la producción de energía renovable



- Sin embargo nada impide comprar a las compañías eléctricas energía procedente de renovables como hacen el gobierno español o el australiano

El “problema” de las salmueras de desalación

Las mal llamadas “salmueras” son simplemente agua de mar concentrada. Se realizan rigurosos estudios de impacto ambiental previo y planes de vigilancia ambiental posteriores que garantizan la protección ambiental



Se ha demostrado que si el vertido se hace correctamente y con el adecuado seguimiento el impacto sobre el medio marino es indetectable. La tendencia actual es a aprovecharla para la obtención de sales y productos químicos (**BRINE MINING**)

Experiencias en otros países



Muchos países se han interesado por la desalación para agricultura en España, entre ellos Arabia Saudí, Omán, Chile y Australia, y otros la practican desde hace años, como Israel.

En general no se trata de competir contra fuentes tradicionales de agua, sino desarrollar una industria agrícola altamente tecnificada basada en agua desalada. La tecnología de hidroponía e invernaderos de última generación permite además la implantación de esta idea en lugares desérticos y/o con climas extremos.

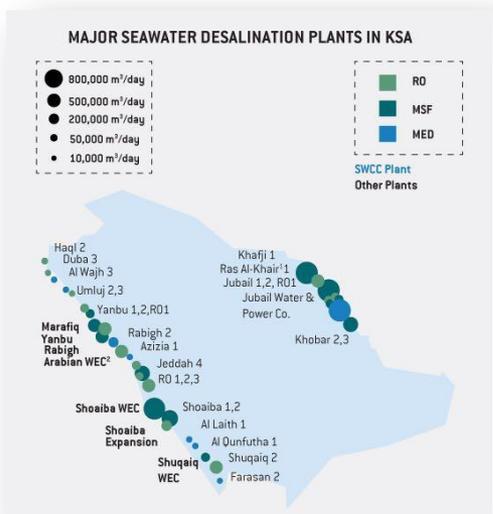


ISRAEL

- Gran número de grandes desaladoras, que producen agua para todos los usos
- Estándares de calidad de agua desalada para riego Joint Committee 2007
- Últimos proyectos se exige $B < 0.3 \text{ ppm}$



ARABIA SAUDÍ



- Es el mayor productor de agua desalada en el mundo
- Solo el 0.5 % se usa para agricultura, aunque hay expectativas de crecimiento (696 Hm³/año para el 2020 y 750 Hm³/año para el 2025)

OTROS PAÍSES CON DESALACIÓN PARA AGRICULTURA

KUWAIT (13%)

ITALIA (1,5 %)

BAHREIN (0,4%)

QATAR (0,1 %)

ESTADOS UNIDOS (1,3%)

OMAN (tiene unas 100 pequeñas desaladoras para riego, pero con productos de bajo valor añadido y con subvenciones)

Otros países estudiando opciones:
Chile, Australia, Marruecos o China
Y empezando México, Perú, etc



Proyecto de Investigación y Desarrollo “Opportunities for Desalination in Agriculture in Australia”

Duración: 1 años
20013
Presupuesto total:
958.000 Aus\$ (741.339 €)
Presupuesto Valoriza:
134.000 Aus\$- (103.695 €)



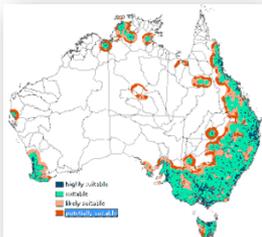
Funding Round 4: 2012 National Center of Excellence in Desalination Australia (NCEDA)

Duración: Fase 1: 1 año (Julio 2012-Junio 2013)

Presupuesto total: 958.000 Aus\$ (741.339 €)

Presupuesto Valoriza: 134.000 Aus\$- (103.695 €)

Participantes: NCEDA, VALORIZA Water Australia y CSIRO



Objetivo general: asesorar al NCEDA, al gobierno, al sector agrícola y del agua en cuanto a la viabilidad de utilizar la desalinización para la producción agrícola en Australia y proporcionar orientación sobre las perspectivas del uso de agua desalada

En la actualidad ya hay dos proyectos en licitación para crear áreas de producción agrícola basadas en desalación (una en Adelaide y otra en Western Australia, cerca de Perth).

El caso australiano



Sundrop farm (Sur Australia)

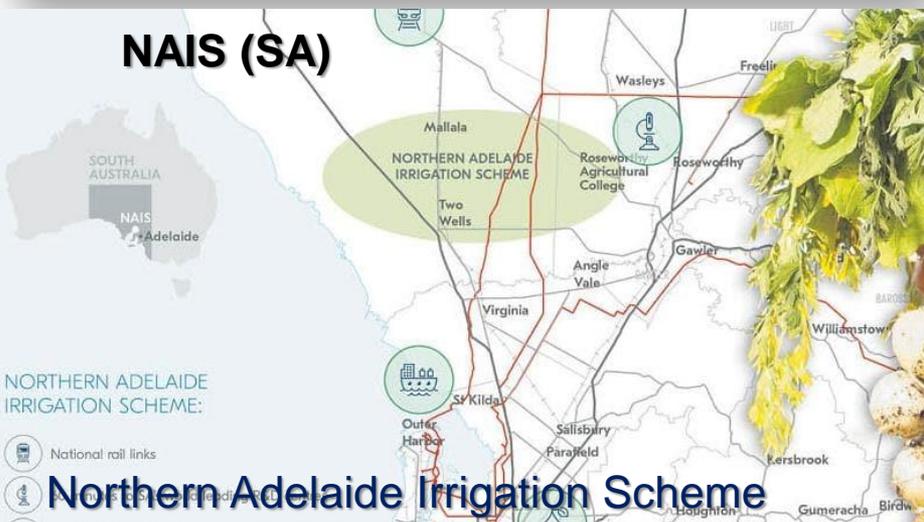


2.000 m² de invernaderos (tomates)
39 MW con concentración solar



Wellington Dam. Water for food (WA)

NAIS (SA)





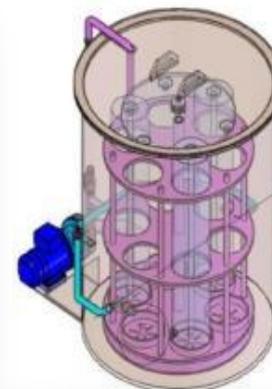
Innovación y nuevas tecnologías. Casos de estudio en Sacyr

Reutilicemos las membranas usadas – LIFE TRANSFOMEM

El proyecto se basa en reutilizar membranas de ósmosis que han finalizado su vida útil transformándolas en membranas de NF/MF/UF para otras aplicaciones (agricultura, aguas residuales, etc.).



Pilotos de transformación activa y pasiva



Objetivo principal del proyecto

Membranas usadas de procesos de filtración de alta presión: **ósmosis inversa**



Transformación

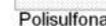
Ataque químico con hipoclorito de sodio



Membranas para procesos de filtración de baja presión

Nanofiltración

Ultrafiltración

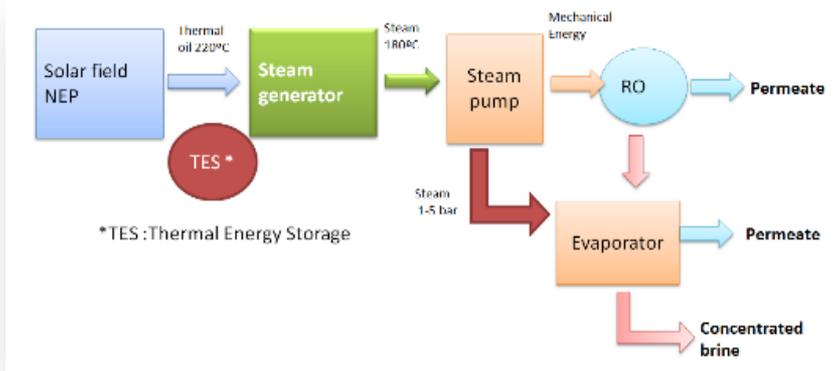


Desalación alimentada directamente por energía solar



Objetivos

- aprovechar la energía mecánica del vapor de alta presión procedente de paneles solares para presurizar directamente membranas de ósmosis inversa
- aprovechar el vapor residual remanente (de baja presión) para evaporar la salmuera y tener un vertido liquido cero (ZLD)
- Maximizar el uso del vapor generado
- Minimizar el consumo de energía de la ósmosis inversa



Intercambiador de vapor diseñado para el intercambio de presión vapor-agua. Chequeado en la Plataforma Solar de Almería. Patentado.

Monitorización del impacto de la desalación en el medio marino y análisis de las Declaraciones de Impacto ambiental y su seguimiento



Evaluating environmental requirements for the management of brine discharges in Spain

Iván Sola^{a,*}, Domingo Zarzo^b, José Luis Sánchez-Lizaso^a

^a Department of Marine Science and Applied Biology, University of Alicante, San Vicente del Raspeig s/n Alicante, Spain
^b Sacyr Agua, Paseo de la Castellana, 83-85, 28046 Madrid, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:
Environmental management plan
Environmental impact
Environmental requirements
Seawater desalination
Brine discharge

ABSTRACT

Desalination activities may have a detrimental impact on the marine environment, caused mainly by hypersaline effluents. The aim of this paper is to assess the quality of Environmental Monitoring Plans (EMPs) of desalination plants in Spain, and the aspects which could be improved to correctly manage brine discharges. A total of 30 desalination projects submitted to Environmental Impact Assessment (EIA) between 1998 and 2009 have been reviewed. Requirements for the monitoring of brine discharges, and their sampling designs, in the EMPs have improved over time. However, this trend is similar for essential and irrelevant descriptors. Furthermore, the presence of protected species in the area of brine discharges showed a significant increase of requirements. Nevertheless, there was no increase of requirements with respect to a major brine discharge production plant. In conclusion, a review of the EIAs would be advisable to unify the monitoring requirements at the national level, and improving their sampling designs, including the essential descriptors when they are absent, and eliminating irrelevant descriptors when they are present. This modification should be paid attention to desalination plants with higher brine production as they may have a greater influence on the marine environment.

1. Introduction

Ever-increasing demands for freshwater resources in the face of ongoing water scarcity are expected for the foreseeable future, and at a global level [1]. There are different factors impacting upon these increasing water demands, but population and economic growth of the main contributing factors, although others such as climate change are highly likely to have a significant impact also [2,3]. This situation highlights the vitally important role of the desalination industry as an alternative supply method of freshwater in a global water stress context [1, 4]. Thus, a substantial increase of desalinated water production is expected, mainly dominated by reverse osmosis (RO) technology [2]. RO technology is the most widely used method due to its lower energy consumption and greater efficiency compared to other technologies [5, 6]. In Spain, RO plants provide a significant supply of freshwater due to the negative balance of water resources, specifically in certain Mediterranean coastal regions, such as in the southeast of Spain [7]. Moreover, this water scarcity is exacerbated by the demands of intensive agriculture and tourism [8].

RO desalination plants produce hypersaline discharges which usually are discharged into the sea given their coastal proximity and thus lower economic cost [5]. Brine discharges have a higher density

than seawater, so they form a saline plume that tends to follow the bathymetry of the seabed [9]. Furthermore, they may also contain chemical elements due to the use of anti-scalants and coagulants used in the pre-treatment and membrane cleaning treatments, although most of them are effectively consumed by the process. Consequently, it may intensify the toxicity of the brine discharge, and it would thus induce a localized eutrophication and turbidity of the sea water [10–12]. These characteristics of brine discharges impact upon their dispersion mechanisms, which can in turn affect benthic communities such as seagrasses (*Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*), or benthic fauna [12–16]. Likewise, recent studies highlight both the short- and long-term impact upon the bacterial activity of benthic bottoms and also the possible impact upon fish larvae [12, 17, 18].

An Environmental Impact Assessment (EIA) is usually established within the scope of environmental laws as a tool to prevent or correct the environmental impact of a project development or infrastructure, including desalination facilities. EIA is a process includes a set of studies and administrative procedures to analyze the preventive, corrective and monitoring measures of the environmental impact [8].

As part of the EIA process, Environmental Monitoring Plans (EMPs) are established in order to mitigate the impacts of brine discharges upon the marine environment. EMPs are applied to ensure the

* Corresponding author.

E-mail address: ivan.sola@ua.es (I. Sola), dzarzo@sacyr.com (D. Zarzo), jl.sanchez@ua.es (J.L. Sánchez-Lizaso).

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2019.11.4132>

Received 28 June 2019; Received in revised form 2 September 2019; Accepted 3 September 2019
0011-9164/ © 2019 Published by Elsevier B.V.



Article

Assessment of the Requirements within the Environmental Monitoring Plans Used to Evaluate the Environmental Impacts of Desalination Plants in Chile

Iván Sola^{a,*}, José Luis Sánchez-Lizaso^a, Pamela T. Muñoz^{1,2,3}, Enzo García-Bartolomé^{4,5}, Claudio A. Sáez^{2,6} and Domingo Zarzo⁷

- ¹ Department of Marine Science and Applied Biology, University of Alicante, San Vicente del Raspeig s/n, Alicante E-03080, Spain; jl.sanchez@ua.es (J.L.S.-L.); pamelamunoz@upla.cl (P.T.M.)
- ² Laboratory of Aquatic Environmental Research, Centro de Estudios Avanzados, Universidad de Playa Ancha, Viña del Mar 2520000, Chile; claudio.saez@upla.cl
- ³ Programa de Doctorado Interdisciplinario en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso 2340000, Chile
- ⁴ Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, Centro EULA, Universidad de Concepción, Concepción 4030000, Chile; enzagarcia@udec.cl
- ⁵ Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería, Universidad de Concepción, Concepción 4030000, Chile
- ⁶ HUB-AMBIENTAL UPJA, Vicerrectoría de Investigación Postgrado e Innovación, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso 2340000, Chile
- ⁷ Sacyr Agua, Paseo de la Castellana, 83-85, 28046 Madrid, Spain; dzarzo@sacyr.com

Received: 14 August 2019; Accepted: 2 October 2019; Published: 6 October 2019



Abstract: Seawater desalination represents an alternative solution to face the challenge of water scarcity in Chile. However, the uncertainty toward potential environmental impacts of desalination plants represent a barrier to achieving water sustainability and socioeconomic development in Chile. This study aimed to assess the quality of environmental monitoring plans (EMP) and determine the aspects to be improved within it, in order to enhance the management of desalination plants during the operation phase and guarantee a sustainable development of the activity. The Environmental Impact Assessments (EIAs) and Environmental Impact Studies for seawater desalination projects published in the Environmental Impact Evaluation System (SEIA) in Chile between 1997 and 2018 were reviewed. The results of the brine production from desalination plants showed a significant increase in the last decade (about 1.6 Mm³ per year estimated according to the projects approved or under implementation). The EMPs data show heterogeneity and increasing requirements over time, which can be attributed to the governmental effort to improve environmental protection. Furthermore, a high frequency of irrelevant descriptors was identified in the current EMPs. The study thus recommended standardizing the environmental requirements included in EMPs based on empirical scientific knowledge to enhance the environmental protection programs in Chile.

Keywords: environmental management plan; seawater desalination; environmental impact; brine discharge; reverse osmosis

1. Introduction

The continuous increase in global freshwater demand highlights the important role played by desalination to address water scarcity [1]. In Latin America, climate change poses critical challenges,

Objetivos:
Estudiar y analizar los requerimientos ambientales en los planes de vigilancia y monitorización ambiental de distintos países (hecho ya en España y Chile) y desarrollar un manual de buenas prácticas. Forma parte de un doctorado industrial realizado en Sacyr Agua.

CAPTA Centro Avanzado para Tecnologías del Agua

Proyecto CAPTA – Convocatoria Corfo

CAPTA o **Centro Avanzado Para las Tecnologías del Agua** es un Consorcio liderado por la **Universidad de Chile** que cuenta con la participación de la **Universidad de Playa Ancha** y la **Universidad de Atacama**. Para su propósito cuenta con el apoyo de algunas empresas asociadas: **Anglo American**, **Wiseconn** y **Sacyr**.

Objeto: desarrollar, aplicar, transferir y comercializar soluciones tecnológicas en los ámbitos de gestión, eficiencia y reutilización de aguas e innovación tecnológica para nuevas fuentes hídricas, que aumenten la productividad, la competitividad y la sustentabilidad de la agricultura, la minería, la industria y los servicios sanitarios, en las regiones de Atacama, Valparaíso y Metropolitana de Santiago.

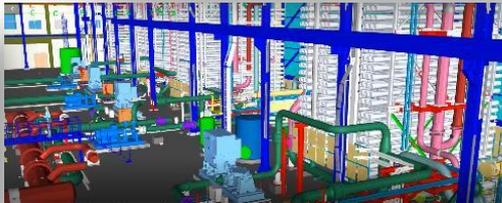
SACYR AGUA participa específicamente junto con la Universidad de Playa Ancha (Chile) y la Universidad de Alicante (España) en uno de los subproyectos del proyecto CAPTA sobre **desalación sostenible en Chile**.

www.centrocapta.cl

<p>Universidades Participantes</p>	<p>Asociados</p>	<p>Proyecto apoyado por</p>	<p>Contacto</p> <p>centrocapta@uchile.cl</p> <p>Avenida Beauchef 850, Santiago.</p> <p>Síguenos</p>
---	-------------------------	------------------------------------	---

Uso de las nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y reducir costes

- Uso de la **Realidad Virtual (VR)** y **Realidad Aumentada (AR)** para la optimización de la O&M
- Uso de **Big data** para predicción de consumos, almacenamiento y precio de la energía
- **Supervisión Remota** de las plantas
- Uso de **Drones aéreos y submarinos**
- **IoT y machine learning**





www.deseacrop.eu






Proyecto financiado por el Programa LIFE+ de la Unión Europea
 Proyecto DESEACROP
 LIFE 16 ENV/ES/000341

INICIO LIFE PROYECTO ▾ SOCIOS ▾ NOTICIAS ▾ CONTACTO

ESPAÑOL ▾

2017-2020

PROYECTO LIFE DESEACROP

DESEACROP es un proyecto concedido en la convocatoria Life 2016, cuyo objetivo es la utilización de agua marina desalada en agricultura.





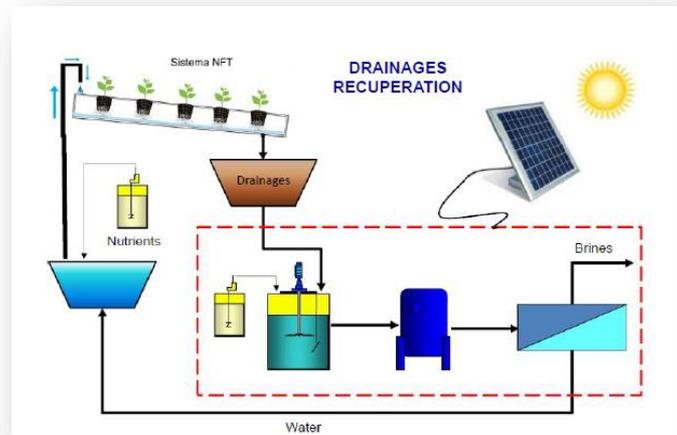
LIFE Deseacrop. Desalación sostenible para agricultura



Incluye una planta piloto de ósmosis inversa alimentada por energía solar para el tratamiento y recuperación de los drenajes

Objetivo: demostrar la gestión sostenible del agua desalada para producción agrícola

- Calidad y sostenibilidad
- Eficiencia del tratamiento de drenajes
- Optimización del uso de agua desalada para riego
- Uso eficiente y productividad del agua
- Reducción de energía y huella de carbono
- Impacto socioeconómico



Objetivos del proyecto



Demostrar la **gestión sostenible** de la **desalación de agua de mar** para la producción de **cultivos en sistemas cerrados y sin suelo**



Evaluar la **calidad** del agua de mar desalada y su idoneidad en función del cultivo



Mejorar la eficiencia en el **tratamiento de drenajes**



Eficiencia en el uso del agua y **productividad**



Reducción de energía y Huella de Carbono



Impacto socioeconómico



Universidad
Politécnica
de Cartagena



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

SACYR agua
CONCESIONES



Parcela Experimental



- Finca experimental ANECOOP de la UAL
- Cultivo en suelo y en hidropónico
- Tomate tipo canario, rojo, Ramyle RZ F1 (74-207) Rijk Zwaan Ibérica S.A.
- Ciclo corto. 4-5 meses
- 1454,4 m² totales a cultivar
- 18 parcelas demostrativas



Riego y Fertirrigación

Tratamientos:

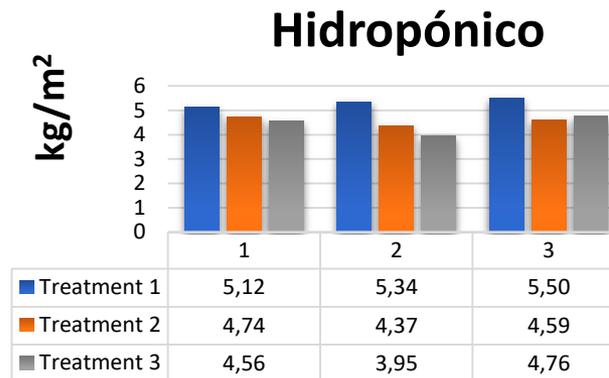
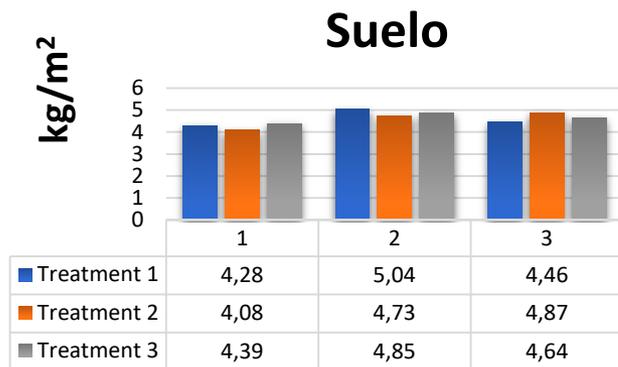
- T1: Agua desalada de la desaladora de Carboneras (0,5 dS/cm) + fertilizantes: 2,2 dS/cm
- T2: Agua desalada + agua salobre (pozo) (1,5 dS/m) + fertilizantes: 2,5 dS/cm
- T3: Agua salobre (pozo) (3 dS/cm) + fertilizantes: 3,5 dS/cm

Para los tratamientos T2 y T3, el agua de riego se “fabrica” en el invernadero. Aporte de nutrientes para conseguir la solución ideal.

mmol/L						µmol/L					
NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
10,25	1,50	1,25	7,00	3,75	1,00	15,00	10,00	0,75	5,00	30,00	0,50



Resultados



En **suelo**, el tratamiento **T3** (riego con agua de pozo) es el que arroja mejores resultados, con una producción media de **4.63 kg/m²**.

En **cultivo hidropónico**, el riego con agua desalada (tratamiento **T1**) es el que proporciona mejores resultados, con una producción media de **5.32 kg/m²**.

- Mayor producción de tomate por superficie de invernadero (kg/m2) en cultivo en hidropónico pero con menor productividad del agua (kg/m3)
- Mayores producciones con menor salinidad (AMD) pero con menor contenido de azúcar (grados Brix)
- No se observaron daños por fito-toxicidad en los tratamientos regados con AMD.

Los resultados no son concluyentes porque se han realizado hasta ahora pocos ensayos y hubo algunas enfermedades que afectaron a los cultivos

En general, el cultivo hidropónico con riego de agua desalada es más productivo.

Conclusiones

- La **seguridad alimentaria es estratégica** para cualquier país y la agricultura basada en desalación puede asegurarla. En menos de 50 años habrá que duplicar la producción de alimentos.
- Muchos **cultivos pueden soportar el precio** del agua desalada sin un impacto significativo sobre el precio global del producto
- Todos las potenciales dificultades (medioambientales, costes de energía, efectos sobre los suelos, Boro, etc.) pueden ser resueltos con mayor inversión lo que significa que el **factor clave para la rentabilidad es siempre el precio** del agua
- La desalación es una **herramienta más de la planificación hidrológica**, y una fuente adicional de agua, que debe convivir con las otras fuentes de agua
- **El precio** del agua desalada puede ser en la actualidad más caro que la procedente de otros orígenes, pero **depende de muchos factores** tales como la distancia a la aplicación, el precio de la energía o la disponibilidad de otros recursos y eso puede cambiar en el futuro con los efectos del cambio climático.
- La experiencia en España ha demostrado que la desalación es **una alternativa rentable** y puede ser incorporada junto con otros recursos a los costes globales de producción agrícola

8 DE JULIO
9:00 A 13:00 HRS
EVENTO ONLINE

sacyr Desafíos cumplidos



FUNDACIÓN FUCOA



S E M I N A R I O
DESALACIÓN:
LA AGRICULTURA
MIRANDO AL MAR

Gracias por su tiempo

Quedo a su disposición:

dzarzo@sacyr.com

www.sacyr.com

