

The Urban River Lab — Reports —

2021 v.4



Els halòfits contribueixen a reduir la intrusió salina

Desembre 2021



1. Introducció

1.1 Antecedentes

El canvi climàtic impulsa fenòmens meteorològics extrems que provoquen un gran impacte a nivell mundial; per tant, és una problemàtica mediambiental de gran importància social.

Els herbassars halòfits són ecosistemes on predomina la vegetació que creix en sòls o aigües amb una elevada concentració de sal. Les espècies de plantes halòfites són tolerants a alts nivells de salinitat i, per tant, les arrels poden estar en contacte amb l'aigua salina. Aquestes plantes presenten un contingut de sal als seus teixits relativament elevat, a més tenen la capacitat d'eliminar l'excés a través de glàndules salines.

Un dels enfocaments per mitigar els efectes derivats de fenòmens meteorològics és la implementació de Solucions Basades en la Natura (NBS), però la seva efectivitat no ha estat prou demostrada. L'objectiu del projecte OPERANDUM és demostrar la utilitat de les NBS per reduir els riscos meteorològics i hidrològics deguts als diferents escenaris de canvi climàtic que es plantegen a Europa. En aquest projecte, s'explora l'ús i l'efectivitat de NBS en laboratoris a l'aire lliure. El nostre entorn d'estudi és l'Urban River Lab (URL; <https://urbanriverlab.com>) ubicat dins les instal·lacions de l'EDAR de Montornès del Vallès (Catalunya, Espanya).

1.2 Objectiu

L'objectiu d'aquest estudi és avaluar la capacitat de les plantes halòfites per mitigar els increments de salinitat de l'aigua derivats dels efectes del canvi climàtic (p.ex., intrusió salina, disminució factor de dilució) o de les aportacions de sal per al desglaç. En particular, avaluem com l'increment de salinitat de l'aigua intersticial influeix en la capacitat de retenció de sodi d'*Atriplex portulacoides* i quina és la implicació d'aquesta resposta sobre la salinitat de l'aigua. Seleccionem *A. portulacoides* perquè és un halòfit amb gran potencial per a la recuperació i fitorremediació de sòls salins. A Catalunya, aquesta espècie es distribueix al llarg de la costa (Fig.1)



Figura 1.1: Distribució d' *Atriplex portulacoides* en la costa catalana; floracatalana.cat (els requadres blaus indiquen les zones on hi ha presència de l'espècie).

Per abordar l'objectiu de l'estudi, realitzem un experiment en canals experimentals (mesocosmos) on vàrem exposar *A. portulacoides* a tres nivells de salinitat durant 14 dies:

- Control: 1.75 psu (2.5 mS cm^{-1}).
- Salinitat intermèdia: 7 psu (10 mS cm^{-1}).
- Salinitat alta: 21 psu (30 mS cm^{-1}).

1.3 Metodologia

L'experiment es va dur a terme entre els dies 11 i 25 de març del 2021 a l'Urban River Lab (URL), un sistema de canals artificials que reben aigua de l'efluent de depuradora. Per a aquest experiment es van utilitzar 9 canals, tres per a cada tractament de salinitat; però, malauradament, un dels canals del nivell baix de salinitat (1.75 psu) va tenir problemes de funcionament i no disposem de dades.

Per assolir els diferents nivells de salinitat, preparem una solució amb aigua i NaCl en 4 tancs de 1000 L, que es van utilitzar per afegir la solució a cada canal a un flux constant utilitzant bombes peristàltiques. Es va utilitzar NaCl fina (sacs de 25kg; Enisal). Per assegurar una dissolució i homogeneïtzació completa de la sal amb l'aigua es va utilitzar un agitador mecànic.

Es va establir una taxa d'addició a cada canal per assolir el nivell de salinitat específic. Els tancs s'han omplert diverses vegades amb la solució salina per mantenir l'addició durant els 14 dies de l'experiment. La solució salina va tenir una conductivitat mitjana ($\pm$ SEM) de $248 \pm 1.04 \text{ mS cm}^{-1}$ ($n=26$). La solució salina utilitzada per assolir el nivell de salinitat intermedi (7 psu) es va bombar a 3 canals des d'un sol tanc a un flux de 50 ml min^{-1} . Per aconseguir el nivell alt de salinitat (21 psu), utilitzem un tanc per canal ($n=3$) i la solució salina es va bombar a un flux de 200 ml min^{-1} . El nivell de salinitat baix (1,75 psu) era l'aigua procedent de l'efluent de l'estació depuradora (EDAR). Aquest nivell de salinitat es va utilitzar com a control en dos canals.

Abans de l'inici de l'addició de la solució salina als canals, recol·lectem mostres de fulles de diferents individus d'*A. portulacoides* cada 2 metres al llarg de cada canal per determinar

el contingut de Na. Repetim el mateix procediment de mostratge després de 14 dies de l'addició de la solució. A més, un cop acabada l'addició, recol·lectem 3 plantes a cada canal per determinar la biomassa i el contingut de Na a les diferents parts de la planta (fulles, tiges i arrels). La biomassa es va determinar com a pes sec de la planta. El contingut de Na es va determinar mitjançant espectrometria de masses acoblada inductivament (ICP-OES) als Serveis Científic Tècnics de la Universitat de Barcelona (UB).

Per caracteritzar les condicions salines als canals durant l'addició de la solució, es va mesurar la conductivitat elèctrica (mS cm⁻¹) com a indicador de la salinitat de l'aigua. La conductivitat es va registrar cada 5 minuts al final de cada canal durant l'experiment; i de manera puntual cada tres dies a l'inici dels canals.

Es va estimar l'eficiència de retenció de Na en fulles (mgNa mgDW⁻¹ d⁻¹) durant el període d'injecció de la solució salina usant la següent equació:

$$Eficiencia\ retencion\ Na = \frac{(Contenido\ masa\ Na\ T14) - (Contenido\ masa\ Na\ T0)}{(14\ dias\ inyeccion\ salina)} \quad (1.1)$$

on el contingut de massa de Na (en mgNa mgDW⁻¹) T0 i T14 van ser valors mesurats en fulles abans i després de 14 dies d'injecció de solució salina, respectivament.

A partir de l'eficiència de retenció de Na en fulles es va estimar la taxa de retenció de Na en fulles (mgNa m⁻² d⁻¹) usant la següent equació:

$$Tasa\ retencion\ Na = (Eficiencia\ retencion\ Na\ en\ hojas) - (Biomasa\ total\ hojas) \quad (1.2)$$

on la biomassa de fulles (mgDW m⁻²) per a cada canal es va expressar per unitat de superfície del canal experimental (longitud per amplada)

El percentatge de retenció de Na a l'aigua intersticial al llarg del canal es va calcular usant la següent equació:

$$\% Na\ retenido\ en\ el\ canal = \frac{(Masa\ Na\ IN) - (Masa\ Na\ OUT)}{(Masa\ Na\ IN)} \times 100 \quad (1.3)$$

on la massa de Na IN i OUT és el valor integrat de la massa de Na addicionada durant els 14 dies mesurada a l'inici i al final del canal, respectivament. A més, es va estimar la contribució d'*A. portulacoides* a la retenció de Na a l'aigua intersticial del canal comparant aquest valor amb el de la capacitat de retenció de Na de la planta (bàsicament associat a les fulles).

Finalment, es va estimar la influència d'aquest sistema a la reducció de la conductivitat com a mesura integrada del contingut de sal a l'aigua intersticial usant la següent equació:

$$\% Reduccion\ Cond. = \frac{(Masa\ Integrada\ Cond.\ IN) - (Masa\ Integrada\ Cond.\ OUT)}{(Masa\ Integrada\ Cond.\ IN)} \times 100 \quad (1.4)$$

on la diferència a la conductivitat integrada a l'entrada (IN) i al final (OUT) dels canals fa referència a la conductivitat integrada de l'entrada (IN).



2. Resultats i discussió

2.1 Efecte de l'increment de salinitat sobre el contingut de Na a la planta

Encara que s'observa una certa variabilitat en la biomassa dels canals per als diferents tractaments, els resultats van mostrar que les fulles són la part de la planta que representa un percentatge més alt de la biomassa total de la planta. La variabilitat en biomassa entre tractaments és degut a una diferència en el desenvolupament de les plantes a cada canal a causa de condicions alienes al propi experiment de la salinitat.

Table 2.1: Mitjana i error estàndard de la biomassa (g m⁻²) dels diferents compartiments de la planta als diferents nivells de salinitat.

Compartimento	Promedio (± SEM)		
	1.75 psu	7 psu	21 psu
Hojas	64,3 ± 53,5	48,9 ± 19,4	99,8 ± 37,9
Tallos	38,6 ± 32,1	29,4 ± 11,6	59,9 ± 22,8
Raíces	24,7 ± 20,5	18,8 ± 7,4	38,3 ± 14,6

Els valors del contingut de Na (mgNa mgDW⁻¹) mesurat en fulles, tiges i arrels als diferents nivells de salinitat al final de l'estudi (14 dies amb injecció salina) mostren que hi ha diferències significatives entre les parts de la planta i entre els nivells de salinitat (Anova 2 factors; p-valor<0.05). El contingut de Na en fulles és més gran respecte a tiges i arrels independentment del nivell de salinitat. A més, el contingut de Na a les diferents parts de la planta incrementa a més nivell de salinitat de l'aigua (Fig. 2.1).

2.1 Efecte de l'increment de salinitat sobre el contingut de Na a la planta ó

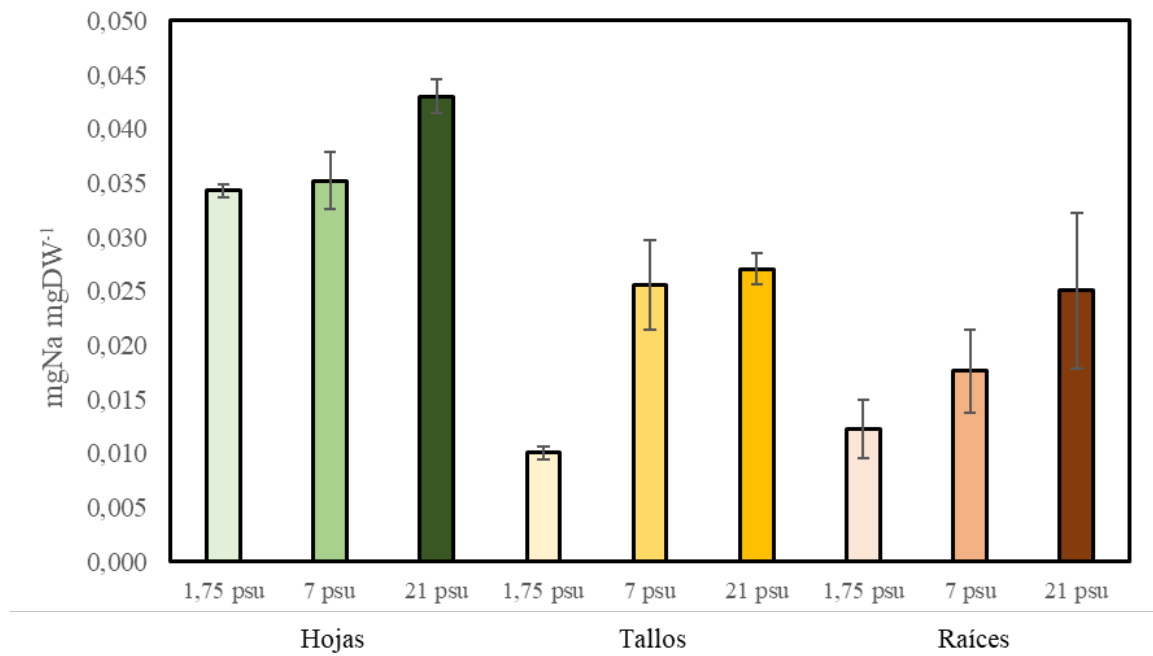


Figure 2.1: Mitjana i error estàndard del contingut de Na (mgNa mgDW⁻¹) a fulles, tiges i arrels al final de l'estudi (T14) entre els diferents escenaris de salinitat. DW: pes en sec de diferents compartiments.

La contribució relativa de cada part de la planta a la massa total de Na de la planta és més gran per a les fulles independentment del nivell de salinitat (Fig.2.2). A més, la contribució relativa de tiges i arrels a la massa total de Na de la planta incrementa en afegir la solució salina als canals amb nivells de salinitat intermedi i alt (7 i 21 psu) (Fig.2.2).

2.2 Estimació de la retenció de Na de *Atriplex portulacoides* de poblacions naturals

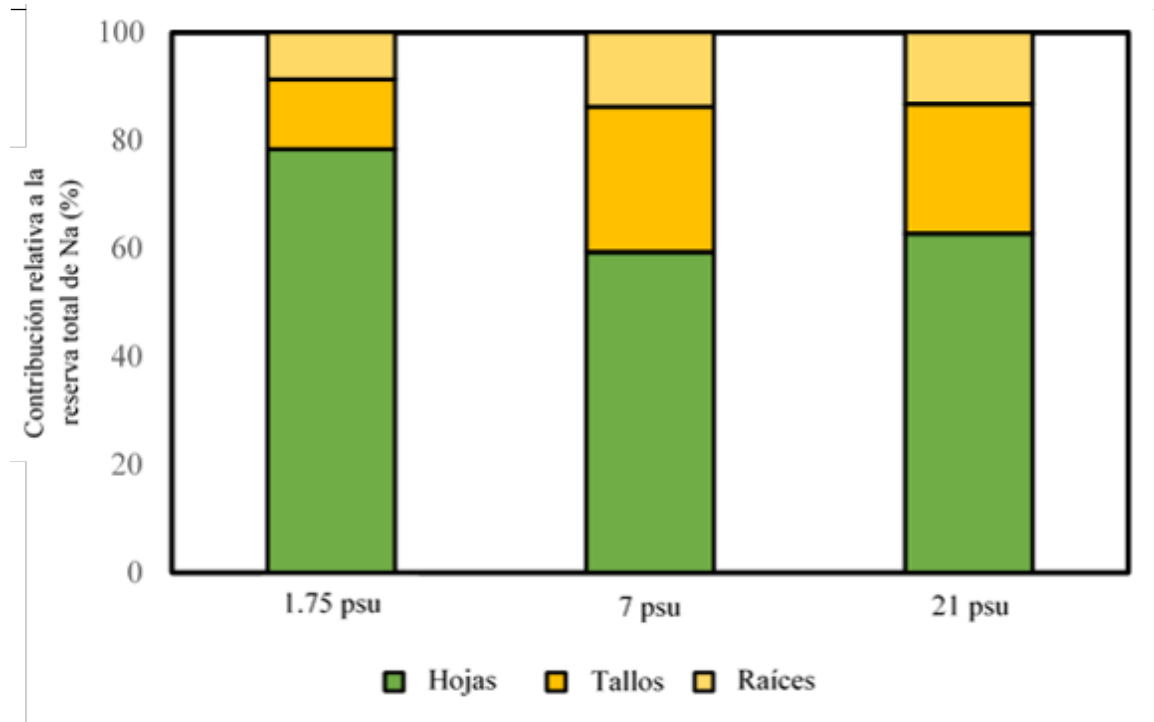


Figure 2.2: Contribució relativa (%) de cada part de la planta (fulles, tiges i arrels) a la massa total de Na d'*A. portulacoides* als 3 nivells experimentals de salinitat. Els valors són mesuraments realitzats després de 14 dies d'addició de la solució salina a flux constant.

2.2 Estimació de la retenció de Na de *Atriplex portulacoides* de poblacions naturals

Atès que les fulles són la part de la planta que conté una quantitat més gran de Na (>50%, Fig 2.2), ens centrem en aquesta part de la planta per estimar l'eficiència en la retenció de Na per unitat de biomassa i de temps ($\text{mgNa mgDW}^{-1} \text{d}^{-1}$) i la taxa de retenció de Na per unitat de superfície de l'ecosistema i de temps ($\text{mgNa m}^{-2} \text{d}^{-1}$) en el context dels diferents nivells de salinitat (Taula 2.2). Els resultats mostren que, com més salinitat a l'aigua intersticial, més gran és l'eficiència i la capacitat de retenció de sal (Taula 2.2). Aquests resultats suggereixen que *A. portulacoides* té un gran potencial com a estratègia de bioremediació en zones salinitzades.

Table 2.2: Mitjana i error estàndard de l'eficiència de retenció de Na a les fulles d'A. portulacoides per unitat de biomassa i la taxa de retenció de Na per unitat de superfície del canal experimental sota diferents nivells de salinitat generats experimentalment als canals artificials del Urban River Lab.

Salinidad (psu)	Biomasa de hojas	Eficiencia de retención de Na en hojas	Tasa de retención de Na en hojas
	gDW m ⁻²	mgNa mgDW ⁻¹ d ⁻¹	mgNa m ⁻² d ⁻¹
1.75	64.3 ± 53.5	-0.00044 ± 0.00053	-28.1
7	48.9 ± 19.4	0.00011 ± 0.00025	5.3
21	99.8 ± 37.9	0.00123 ± 0.00038	122.9

Utilitzem aquests resultats (Taula 2.2) per inferir possibles implicacions en un context més natural en base a dades compilades de la literatura en relació amb la biomassa d'A. portulacoides (gDW m⁻²) mesurada en condicions naturals. En aquest context, fem una estimació de la contribució d'aquesta espècie a la retenció de Na del flux d'aigua intersticial al sediment dels ecosistemes estudiats (Taula 2.3).

Table 2.3: Capacitat potencial de retenir Na a l'aigua intersticial del sediment de poblacions d'*A. portulacoides* desenvolupades en diferents condicions ambientals i, per tant, amb una densitat de plantes diferents a la de les condicions experimentals d'aquest estudi. La taula mostra la capacitat de retenir Na en dues condicions de salinitat diferents com a resultat de les diferències observades a dos nivells de salinitat diferents (7 i 21 psu).

Comunidades naturales de <i>Atriplex portulacoides</i>					
Referencias bibliográficas	Biomasa foliar	Masa de Na en hojas		Tasa de retención de Na en hojas	
		7 psu	21 psu	7 psu	21 psu
	gDW m ⁻²	gNa m ⁻²		gNa m ⁻² d ⁻¹	
Abbas AM, Figueroa ME, De Cires A, et al (2014) Effects of competition from the invasive cordgrass. Int J Sci Eng Res 5:209–212	758	1.15	13.07	0.08	0.93
Cartaxana P, Catarino F (1997) Allocation of nitrogen and carbon in an estuarine salt marsh in Portugal. J Coast Conserv 3:27–34. https://doi.org/10.1007/BF02908176	213	0.32	3.67	0.02	0.26
Neves JP, Ferreira LF, Simões MP, Gazarini LC (2007) Primary production and nutrient content in two salt marsh species, <i>Atriplex portulacoides</i> L. and <i>Limoniastrum monopetalum</i> L., in Southern Portugal. Estuaries and Coasts 30:459–468. https://doi.org/10.1007/BF02819392	598	0.91	10.31	0.07	0.74
Válega M, Lillebø AI, Caçador I, et al (2008) Mercury mobility in a salt marsh colonised by <i>Halimione portulacoides</i> . Chemosphere 72:1607–1613. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.04.007	978	1.49	16.86	0.11	1.20

Cal destacar que els valors de retenció de Na en fulles (gNa m⁻² d⁻¹) estimats per als sistemes naturals (Taula 2.3) són molt conservadors perquè aquestes estimes van considerar::

1) El Na retingut només a les fulles, tot i que els resultats suggereixen que les arrels i els tiges també poden retenir i emmagatzemar Na, especialment en condicions alta salinitat.

2) Que la biomassa de les plantes als canals no va variar significativament durant el període de estudi (es a dir, durant els 14 dies).

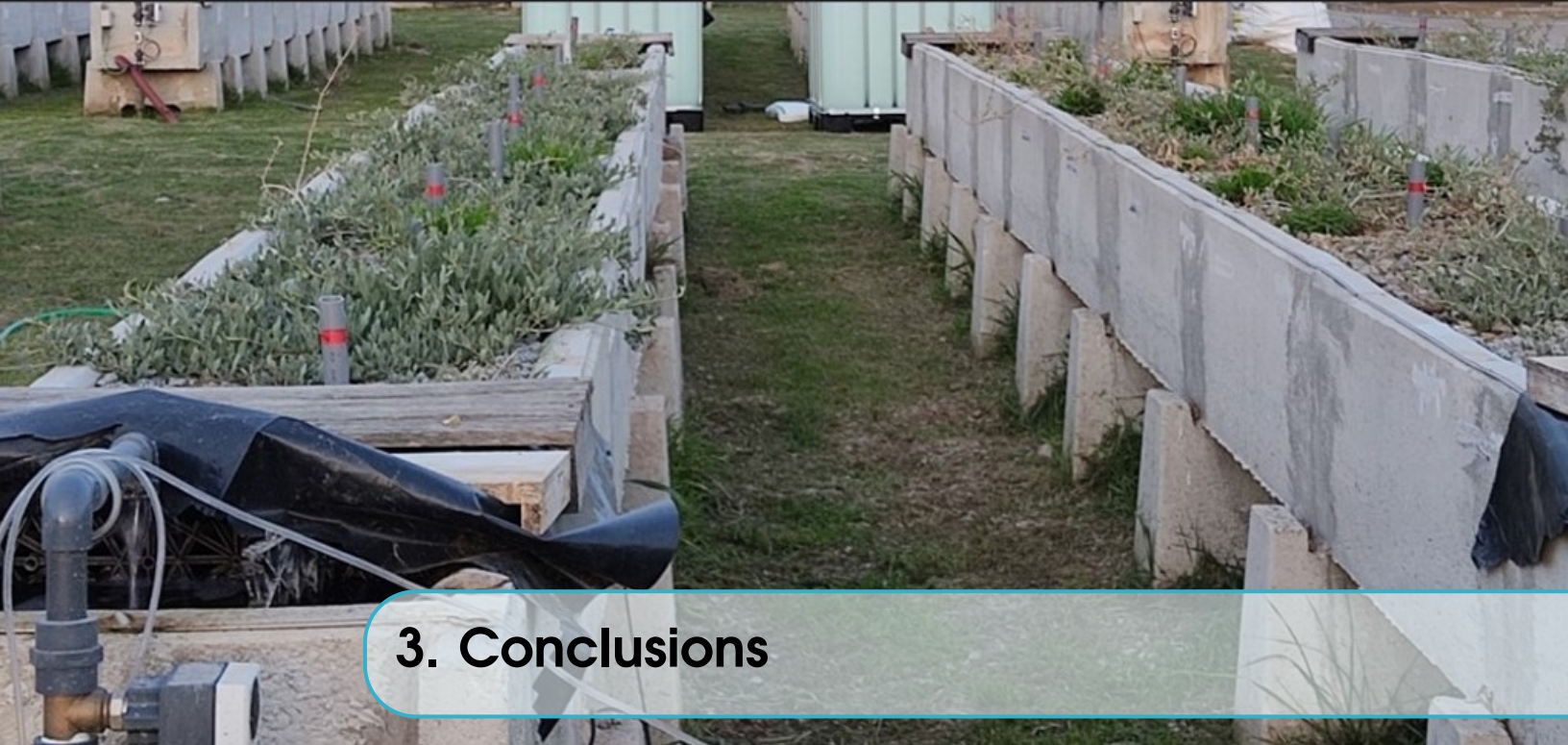
3) Que l'excreció de Na a les fulles va ser potencialment rellevant, especialment en el nivell més alt de salinitat (21psu) i, per tant, aquest mecanisme pot haver infravalorat el paper de les fulles en la retenció de Na.

Per tant, la capacitat potencial estimada d'*A. portulacoides* per retenir Na en condicions naturals podria ser probablement més alta que els valors inferits i mostrats a la taula 2.2.

La retenció de Na als canals és més gran en el nivell de salinitat intermedi respecte al nivell alt de salinitat (10.6 +/- 8,4 i -3,4 +/- 6,4, respectivament); per tant, el percentatge de reducció de la conductivitat també és superior al nivell intermedi de salinitat (12.4 +/- 6,6). En canvi, el percentatge de retenció de Na en fulles respecte a la massa de Na injectada als canals és més gran en el nivell alt de salinitat (0,0062 +/- 0,0027) (Taula 2.4).

Table 2.4: Mitjana i error estàndard dels resultats del percentatge de retenció de Na en funció de la massa de Na d'entrada i sortida del canal als diferents escenaris de salinitat (1), del percentatge de retenció de Na en fulles respecte a la massa de Na injectada als canals (2) i del percentatge de reducció de la conductivitat (3).

Variables		Promedio ($\pm$ SEM)	
		7 psu	21 psu
Biomasa de planta en el canal		352.3 $\pm$ 139.4	718.9 $\pm$ 273.1
Retención de Na del balance de masa en el agua subterránea	Masa Na IN(Kg)	55.3 $\pm$ 4.0	185.3 $\pm$ 16.8
	Masa Na OUT (kg)	48.8 $\pm$ 1.3	193.7 $\pm$ 28.0
	Retención de Na basada en IN-OUT ¹ (%)	10.6 $\pm$ 8.4	-3.4 $\pm$ 6.4
Retención de Na en la planta	Masa de Na retenida en la biomasa de la planta en el canal (g)	-0.4 $\pm$ 1.3	11.5 $\pm$ 5.6
	Retención de Na en la biomasa de planta como porcentaje de la masa de Na injectada en los canales ² (%)	-0.0005 $\pm$ 0.0023	0.0062 $\pm$ 0.0027
Conductividad IN (PSU)		83.8 $\pm$ 4.8	296.1 $\pm$ 34.8
Conductividad OUT (PSU)		72.8 $\pm$ 1.8	289.1 $\pm$ 41.8
Reducción de la conductividad ³ (%)		12.4 $\pm$ 6.6	3.1 $\pm$ 3.1



3. Conclusions

3.1 Conclusions

- *A. portulacoides* mostra una capacitat notable per respondre fisiològicament a augments de salinitat a curt termini, incrementant la seva capacitat de retenció de Na a l'aigua intersticial.
- Les fulles són la part de la planta que és més activa a la captació de Na perquè tenen més contingut de Na en comparació amb les tiges i les arrels, i també mostren una capacitat per excretar una fracció considerable de Na assimilat a nivells de salinitat més alts (17%).
- Les tres parts de les plantes (fulles, tiges i arrels) tendeixen a augmentar el contingut de Na a mesura que augmenta la salinitat de l'aigua.
- Un augment de 3 vegades la salinitat (és a dir, de 7 a 21 psu) dóna com a resultat un augment desproporcionadament més elevat en el contingut de Na a les fulles.
- El percentatge de Na retingut als canals és més gran en el nivell intermedi de salinitat; mentre que, el percentatge de retenció de Na a les fulles és més gran en el nivell més alt de salinitat (Taula 2.4).
- La capacitat potencial de retenció de Na d'*A. portulacoides* desenvolupada en ambients naturals sembla notable i mereix més investigació en el context de la intrusió de sal de l'aigua impulsada per l'activitat humana i el canvi climàtic.
- *A. portulacoides*, es pot utilitzar com una NBS per mitigar la intrusió salina.



4. Referències

4.1 Referències

- Abbas AM, Figueroa ME, De Cires A, et al (2014) Effects of competition from the invasive cordgrass. *Int J Sci Eng Res* 5:209–212
- Cartaxana P, Catarino F (1997) Allocation of nitrogen and carbon in an estuarine salt marsh in Portugal. *J Coast Conserv* 3:27–34. <https://doi.org/10.1007/BF02908176>
- Neves JP, Ferreira LF, Simões MP, Gazarini LC (2007) Primary production and nutrient content in two salt marsh species, *Atriplex portulacoides* L. and *Limoniastrum monopetalum* L., in Southern Portugal. *Estuaries and Coasts* 30:459–468. <https://doi.org/10.1007/BF02819392>
- Válega M, Lillebø AI, Caçador I, et al (2008) Mercury mobility in a salt marsh colonised by *Halimione portulacoides*. *Chemosphere* 72:1607–1613. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.04.007>



5. Equip de treball

5.1 Personal

Aquest treball ha estat realitzat per:

- Sara Castelar, Naturalea y Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC)
- Miquel Ribot, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Eugènia Martí, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Esperança Gacia, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Susana Bernal, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Nayeli Bernal, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Albert Sorolla, Naturalea.
- Adrian Löchner, Naturalea.
- Eduard Piera, Naturalea.
- Francesc Sabater, Universitat de Barcelona (UB).
- Xevi Triadó, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Mateo Menéndez, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Emili Ortega, Centre d' Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).

5.2 Agraïments

Aquest estudi ha estat finançat pel projecte OPERANDUM en què participa Naturalea. Consisteix en la investigació sobre les solucions basades a la natura (NBS) en àmbits rurals. També ha estat finançat pel projecte ECO-REACTORS. Volem agrair el suport de l'URL per compartir els vostres coneixements i guiar-nos a l'hora de fer l'experiment, i el suport tècnic i econòmic del Consorci Besòs Tordera per garantir el bon funcionament de l'URL.

5.3 Entitats promotores

