

The Urban River Lab —Reports—

2020 v.2



**Avaluació de la capacitat de retenció de soluts de
6 espècies de macròfits autòctons**

Setembre 2020



1. Introducció

1.1 Antecedents

Les estacions de depuració d'aigües residuals (EDARs) han contribuït de manera rellevant a reduir les càrregues de matèria orgànica (MO) i nutrients (nitrogen i fòsfor) que arriben als rius derivades de l'activitat humana, sobretot urbana i industrial. Ara bé, degut a les particularitats del clima mediterrani (alta variabilitat de les precipitacions i les sequeres estivals), els rius d'aquesta regió solen tenir un règim hidrològic caracteritzat per episodis extrems (crescudes intenses, cabals molt baixos i sequeres d'estiu). Això fa que la contribució relativa dels efluent d'EDAR sobre el cabal dels rius receptors sigui molt variable durant l'any, essent molt important durant els moments de sequera. En aquest sentit, dades facilitades pel Consorci Besòs-Tordera indiquen que durant l'estiu del 2017, el 80% de l'aigua que circulava per la conca del riu Besòs provenia d'efluents d'EDAR. Per tant, tot i que els efluent compleixen els límits legals d'abocament fixats per la Directiva Europea 91/271/CEE, la influència dels efluent d'EDAR sobre les característiques químiques dels rius receptors pot arribar a ser molt important en la regió Mediterrània.

Per tal de pal·liar els possibles impactes negatius que els efluent de les EDARs poden provocar sobre el medi aquàtic receptor associats a les càrregues de soluts, s'han desenvolupat estratègies de gestió basades en l'ús de plantes aquàtiques (macròfits), com són els aiguamolls artificials, que actuen de tractament terciari (Vymazal 2007). Aquests sistemes es basen en la capacitat dels macròfits per captar nutrients de l'aigua. Alhora, les arrels dels macròfits generen condicions favorables en els sediments (rizosfera) pel desenvolupament de comunitats microbianes que també contribueixen a retenir i transformar la MO i els nutrients. L'acció conjunta entre la planta i els microorganismes associats de la rizosfera afavoreix l'eliminació de soluts de les aigües residuals i dels efluent de les EDARs (Stottmeister et al. 2003).

Des del 2015 als canals de l'Urban River Lab (URL) s'han realitzat mesures de la capacitat de retenció i transformació de MO i nutrients de diferents espècies de macròfits amb l'objectiu de seguir avançant en el coneixement sobre el funcionament dels aiguamolls artificials i el paper que hi juguen els macròfits en aquests sistemes. Fins ara s'han fet mesures en 6 espècies de macròfits comuns al nostre territori (Figura 1). Algunes de les espècies considerades, com *Iris pseudacorus*

(lliri groc), *Phragmites australis* (canyís) i *Scirpus lacustris* (jonc) s'utilitzen de manera habitual en aiguamolls artificials. Altres espècies, com l'*Apium nodiflorum* (creixen bord) i *Sparganium erectum* (bova borda) tot i ser autòctones, no s'han utilitzat mai en aquest context. Finalment, també s'han fet mesures amb *Lemna minor* (lletnia d'aigua), una espècie oportunista i altament invasora i que es desenvolupa en les superfícies d'aigües estanques.

Aquest informe recull un resum dels resultats obtinguts en aquests experiments sobre la capacitat de retenció de MO i nutrients d'aquestes espècies amb l'objectiu de caracteritzar-les funcionalment i poder comparar la seva capacitat d'autodepuració. Pensem que aquestes dades poden ser d'utilitat per als professionals de l'àmbit de la gestió i tractament d'aigües a l'hora de valorar el possible ús d'aquestes espècies en sistemes de tractament terciaris.



Figura 1. Vista general dels diferents canals de l'URL amb les 6 espècies de macròfits estudiades: a) *Iris pseudacorus*, b) *Phragmites australis*, c) *Scirpus lacustris*, d) *Apium nodiflorum*, e) *Sparganium erectum* i f) *Lemna minor*.

1.2 Metodologia

Els experiments es van realitzar durant els anys 2015 (per *Iris pseudacorus*, *Scirpus lacustris* i *Phragmites australis*) i 2019 (per *Apium nodiflorum*, *Sparganium erectum* i *Lemna minor*) als canals de l'URL (www.urbanriverlab.com). Aquests canals tenen una longitud de 12 m i estan alimentats per aigua residual tractada provinent de l'efluent de l'EDAR de Montornès del Vallès. L'aigua de l'efluent és bombejada fins a un dipòsit central i es distribueix als diferents canals per gravetat. Per aquest experiment, els canals estaven plens de grava comercial i l'aigua circulava a través d'aquesta de manera subsuperficial excepte els canals amb *Lemna minor*. En aquest cas, es va deixar una capa fina de grava i llot al fons del canal i l'aigua circulava superficialment. Cada espècie de macròfit es va plantar en 3 canals diferents i es van utilitzar com a rèpliques experimentals.

La capacitat de retenció de soluts per part dels macròfits es va avaluar un cop les plantes havien crescut i es trobaven en el moment de major desenvolupament (finals d'estiu-inici de la tardor). Un cop assolit aquest punt de creixement, els diferents canals es van mostrejar una vegada de la següent manera: es van prendre mostres d'aigua a l'entrada i sortida de cada canal amb una xeringa, es van filtrar per 0,7 micròmetres i es van congelar fins a ser analitzades. El NH_4^+ , NO_3^- i el SRP es van analitzar al servei d'anàlisis de nutrients del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CISC) per mètodes colorimètrics estàndard. El DOC es va analitzar al Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals de la Universitat de Barcelona (UB) en un analitzador de carboni orgànic total (TOC). A partir de les concentracions a l'entrada i sortida de cada canal, es va calcular el percentatge de solut que es retenia, o bé es generava, durant la circulació de l'aigua a través dels canals de la següent manera:

$$\text{Retenció solut (\%)} = \frac{\text{Concentració inicial} - \text{Concentració final}}{\text{Concentració inicial}} \times 100$$

Cal tenir present que les concentracions reflecteixen els canvis nets entre els processos de retenció i d'alliberació de cada solut. Valors de retenció positius venen donats per la disminució de la concentració del solut al final del canal i indiquen dominància dels processos de retenció envers dels d'alliberació. Pel contrari, valors de retenció negatius venen donats per un augment de la concentració del solut a la sortida del canal i indiquen dominància dels processos d'alliberació envers els de retenció. Així doncs, les taxes de retenció calculades amb aquesta metodologia donen una idea de la incidència que poden tenir les plantes i les comunitats microbianes sobre els soluts a l'aigua a una escala horària. Aquestes taxes de retenció instantànies poden no coincidir amb estudis que han considerat escales temporals més grans, com per exemple Gacia et al. (2019) o amb estudis realitzats sota condicions ambientals o fases de creixement de les plantes diferents.

2. Resultats i Discussió

2.1 Resultats i Discussió

Els resultats van mostrar que totes les espècies analitzades (excepte *Lemna minor*) tenen una elevada capacitat de retenir NH_4^+ de l'efluent de l'EDAR (Figura 2). Especialment rellevants van ser els percentatges de retenció de *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* i *Iris pseudacorus* que es troben per sobre del 80%. Els mecanismes principals associats a la retenció d' NH_4^+ són la nitrificació (oxidació microbiana d' NH_4^+ a NO_3^-) i l'assimilació biològica per part de plantes i microorganismes (incorporació del N als seus teixits). El mètode emprat per a mesurar la retenció no permet quantificar la contribució relativa d'aquests dos processos. Ara bé, un increment de la concentració de NO_3^- (taxes negatives de retenció de NO_3^-) suggeririen taxes de nitrificació rellevants als canals.

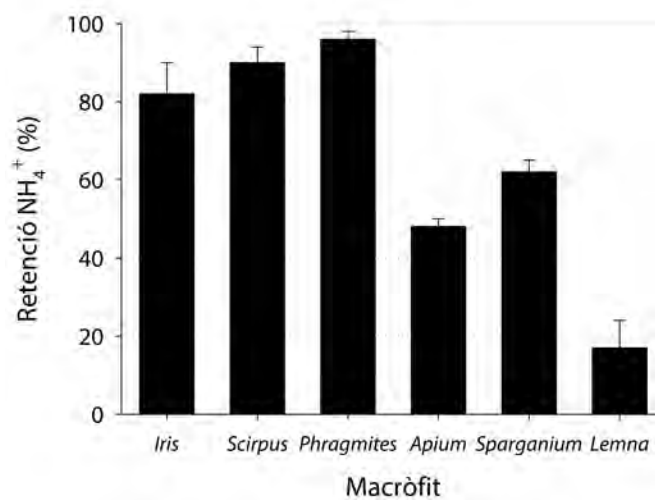


Figura 2. % de retenció mitjana de NH_4^+ per les 6 espècies de macròfits estudiades.

En el cas de la retenció de NO_3^- , s'observa una resposta molt contrastada entre espècies de macròfits (Figura 3). *Phragmites australis* i *Sparganium erectum* són els únics macròfits amb capacitat de retenir NO_3^- de manera rellevant (26% i 32%, respectivament), tot i que el percentatge de retenció de NO_3^- va ser força inferior al mesurat per el NH_4^+ . La resta de tractaments van mostrar una capacitat de retenció molt baixa (*Lemna minor* i *Iris pseudacorus*) o bé negativa (*Scirpus lacustris* i *Apium nodiflorum*).

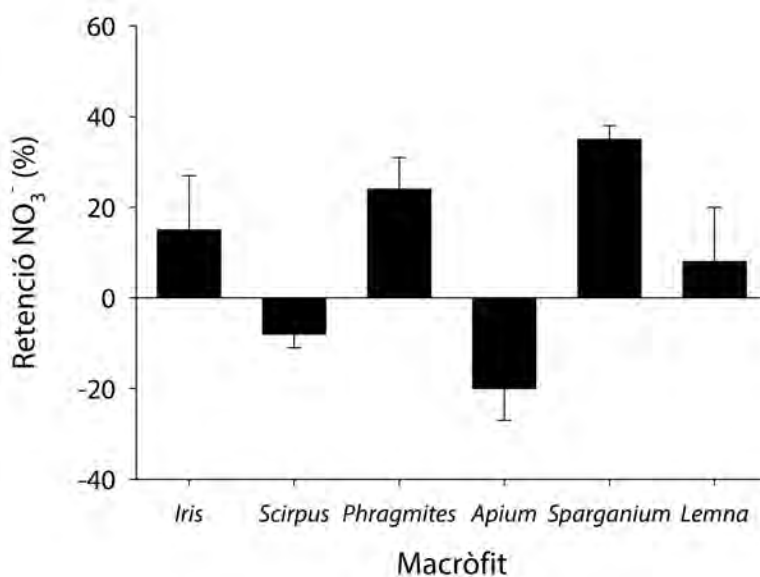


Figura 3. % de retenció mitjana de NO_3^- per les 6 espècies de macròfits estudiades.

Els mecanismes principals associats a la retenció de NO_3^- són la assimilació biològica i a la desnitrificació, un tipus de respiració microbiana anaeròbica on el NO_3^- es redueix a N gas (N_2 o N_2O) durant l'oxidació de MO. En base a això, els resultats suggereixen que *Phragmites australis* i *Sparganium erectum* són les espècies que més NO_3^- assimilen i/o més afavoreixen la desnitrificació bacteriana a la zona de la rizosfera. Per altra banda, el % de retenció negatiu als canals amb *Apium nodiflorum* suggereixen taxes rellevants de nitrificació microbiana a la rizosfera.

Pel que fa al SRP, les diferents espècies mostren una capacitat de retenció molt contrastada (Figura 4). *Phragmites australis* i *Scirpus lacustris* mostren percentatges de retenció positius relativament importants (35% i 40% respectivament). La disminució de la concentració de SRP als canals es podria explicar per l'assimilació de les plantes i/o per precipitació química. La resta d'espècies van mostrar percentatges de retenció negatius, indicant que es donava un increment de la concentració de SRP al llarg dels canals amb aquestes espècies. L'augment de la concentració es podria explicar per la resuspensió del SRP dels sediments per processos químics, i que aquests podrien estar afavorits per la presència d'alguns macròfits.

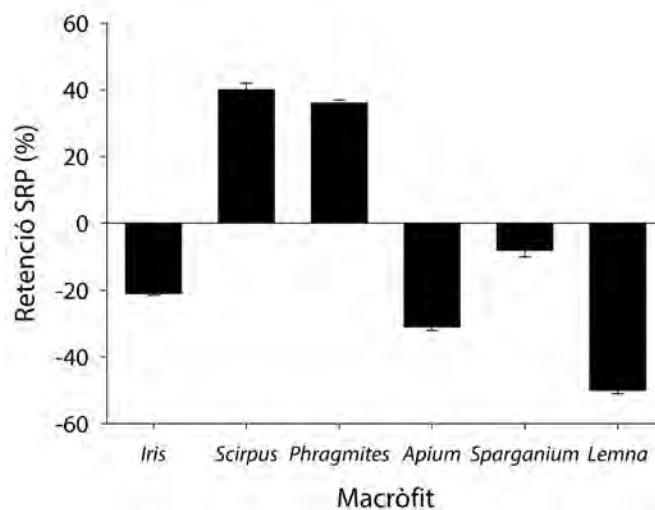


Figura 4. % de retenció mitjana de SRP per les 6 espècies de macròfits estudiades.

Cap dels macròfits estudiats va ser capaç de retenir quantitats importants de DOC, amb un % de retenció mitjans d'entre un 4% i un 8% (Figura 5). La retenció de DOC s'associa a l'oxidació de MO per part d'organismes heterotròfics aeròbics i anaeròbics. Tenint en compte que les concentracions de DOC als canals eren relativament altes (12 ppm aproximadament), els valors baixos de retenció de DOC suggereixen que aquesta matèria orgànica és difícil de degradar (recalcitrant).

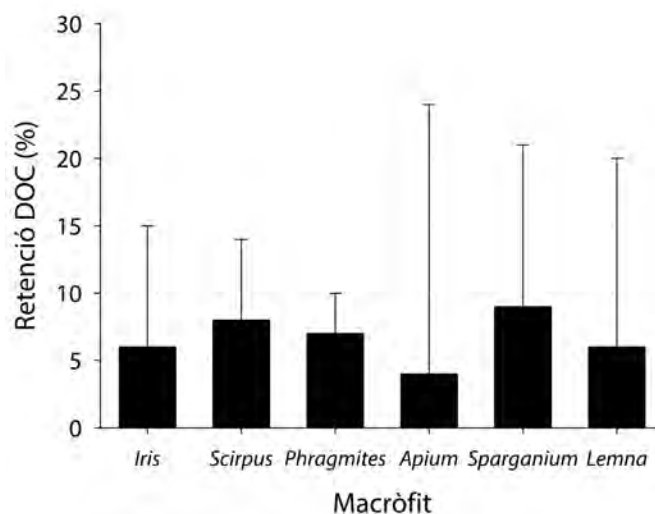


Figura 5. % de retenció mitjana de DOC per les 6 espècies de macròfits estudiades.



3. Conclusions

3.1 Conclusions

Atenent als resultats obtinguts (resumits a la Taula 1), *Phragmites australis* és la única espècie amb percentatges de retenció positius per a tots els soluts analitzats. A més, resulta la més eficaç per eliminar NH_4^+ i mostra també una elevada capacitat per retenir NO_3^- i SRP. Altres espècies com *Scirpus lacustris*, *Sparganium erectum* i *Iris pseudacorus* han resultat eficients per a eliminar 3 dels 4 soluts estudiats. *Scirpus lacustris* té una capacitat important per retenir NH_4^+ i SRP i *Sparganium erectum* i *Iris pseudacorus* per NH_4^+ i NO_3^- . *Apium nodiflorum*, només ha resultat ser moderadament eficient retenint NH_4^+ . *Lemna minor* té una capacitat general molt limitada per retenir soluts.

Taula 1. Percentatges de retenció mitjana de soluts pels 6 macròfits estudiats.

Macròfit	% NH_4^+	% NO_3^-	% SRP	%DOC
<i>Iris pseudacorus</i>	81.5	12.3	-21.3	5.3
<i>Scirpus lacustris</i>	88.9	-7.0	39.9	6.1
<i>Phragmites australis</i>	93.2	25.5	35.3	5.8
<i>Apium nodiflorum</i>	47.9	-19.2	-31.4	3.7
<i>Sparganium erectum</i>	63.2	31.6	-7.2	7.9
<i>Lemna minor</i>	11.6	7.5	-50.5	5.4

3.2 Perspectives futures

En base als resultats obtinguts, els futurs experiments a l'URL aniran adreçats a entendre perquè aquests sistemes tenen una capacitat reduïda d'eliminar NO_3^- i DOC. En aquesta línia, la desnitrificació és el procés microbià més rellevant en la eliminació de NO_3^- de l'aigua. Tenint en consideració que els organismes desnitrificants són heterotròfics (és a dir, que necessiten una font de carboni

orgànica per reduir el NO_3^- a N gas) s'avaluarà com la concentració i, sobretot, la qualitat del DOC de l'efluent de l'EDAR poden afectar a la desnitrificació. Segons dades del Consorci Besòs Tordera, els % d'eliminació del DOC de les aigües negres que són tractades a les EDAR ronden el 95%. Per tant, partirem de la hipòtesi que el DOC de l'efluent resulta difícil de degradar (és poc biodegradable) i que, per tant, pot limitar les taxes de desnitrificació microbiana.

Altres qüestions que s'investigaran a l'URL tenen a veure amb la variabilitat temporal associada a la retenció de soluts. En aquest sentit, s'avaluarà la capacitat dels diferents macròfits de retenir soluts al llarg del seu cicle vital, és a dir, des de que es plantin (inici de primavera), durant la fase de creixement (primavera-estiu) i fins a la fase de senescència associada a unes condicions ambientals desfavorables (hivern). Aquestes investigacions permetran complementar el present estudi i tenir una visió més general de la capacitat d'autodepuració dels macròfits al llarg de l'any.

3.3 Referències

1. Gacia, E., S. Bernal, M. Nikolakopoulou, E. Carreras, L. Morgado, M. Ribot, M. Isnard, A. Sorolla, F. Sabater, and E. Martí. 2019. The role of helophyte species on nitrogen and phosphorus retention from wastewater treatment plant effluents. *Journal of Environmental Management* 252:109585.
2. Stottmeister, U., A. Wiessner, P. Kusch, U. Kappelmeyer, M. Kastner, O. Bederski, R. A. Muller, and H. Moormann. 2003. Effects of plants and microorganisms in constructed wetlands for wastewater treatment. *Biotechnology Advances* 22:93–117.
3. Vymazal, J. 2007. Removal of nutrients in various types of constructed wetlands. *Science of the Total Environment* 380:48–65.



4. Equip de treball

4.1 Personal

Aquest treball ha estat realitzat per:

- Ricard Garcia, 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).
- Xevi Triadó, Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Sara Castelar, Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC).
- Albert Sorolla, Naturalea.
- Adrià Lochner, Naturalea.
- Francesc Sabater, Universitat de Barcelona (UB).

4.2 Agraïments

Aquest estudi s'ha finançat amb els projectes MEDSOUL, ITN-INTERFACES, NITRISED, ECO-REACTORS i SINGULARS, finançats pel MINECO i la Generalitat de Catalunya, amb la col·laboració del Jardí Botànic de Barcelona i el viver Tres Turons. Volem agrair el suport tècnic i econòmic del Consorci Besòs Tordera per a garantir el bon funcionament de l'URL.

4.3 Entitats promotores

