

Depuració de les aigües residuals mitjançant aiguamolls al Parc natural del Montseny*

Treballs

Joan García

Dr. en Biologia, UPC

Anna Ruiz

Biòloga, consultora ambiental

Xavier Junqueras

Biòleg de SAPRE SA

INTRODUCCIÓ

Els aiguamolls són àrees d'inundació periòdiques amb profunditat suficient de la làmina d'aigua perquè puguin créixer els vegetals propis dels sòls saturats. Aquests vegetals es denominen genèricament *macròfits*. El terme *macròfit* inclou algues microscòpiques, molses, falgueres i plantes superiors. Els macròfits han desenvolupat adaptacions morfològiques i bioquímiques que els permeten tenir avantatges competitius en les condicions ambientals regnants als aiguamolls.

L'aiguamoll és un dels ecosistemes més importants de la Terra pel seu valor ecològic i la seva funció d'ecotò entre els sistemes

aquàtics i els terrestres. A Espanya hi ha zones humides de gran importància, com ara el Parc Nacional de Doñana (Huelva), el Parc Nacional de les Tables de Daimiel (Ciutat Reial), i a Catalunya trobem els aiguamolls de l'Empordà (Alt Empordà), el delta de l'Ebre (Montsià i Baix Ebre) i el delta del Llobregat (Baix Llobregat).

Històricament, els aiguamolls han estat considerats terres ermes sense cap tipus de valor ecològic ni econòmic, font de malalties on s'acumulaven mosquits i residus, i s'abocaven aigües negres. En molts casos foren dessecats i convertits en terra apta per al cultiu, com per exemple l'estany d'Ivars d'Urgell (Lleida).

* Projecte dirigit i executat per SAPRE SA.

Tanmateix, durant els últims anys s'han reconegut les seves nombroses funcions i el seu gran valor ecològic, no únicament per als científics sinó també per a la ciutadania en general.

A Catalunya, els aiguamolls estan protegits per la Llei 12/1985 de 13 de juny, per la qual s'aprova el Pla especial d'Espais d'Interès Natural, que es regula mitjançant el Decret 328/1992 de 14 de desembre (DOGC 1.714 de l'1/3/93).

Els aiguamolls com a depuradores potencials d'aigües residuals

Els aiguamolls són ecosistemes amb una gran productivitat com a resultat conjunt d'una gran exposició a la radiació solar, de molta aigua i de concentracions elevades de nutrients. Aquestes condicions acceleren l'activitat microbiana i, com a conseqüència, aporten una gran capacitat per a descompondre la matèria orgànica.

Aquesta característica tan rellevant des del punt de vista ecològic és la que va permetre desenvolupar la tecnologia dels aiguamolls construïts artificialment com a una alternativa no intensiva de tractament de les aigües residuals. Les primeres experiències es van dur a terme mitjançant els abocaments controlats en aiguamolls naturals que van ser analitzats per a estudiar la capacitat assimilativa d'aquests sistemes.

En canvi, els aiguamolls construïts són reactors bioquímics dissenyats especialment per al tractament de les aigües residuals urbanes. Es poden projectar com un tractament secundari després d'una fossa sèptica, com un tractament terciari a continuació d'una depuració biològica convencional i fins i tot poden formar part d'un sistema integrat juntament amb altres tecnologies naturals, com ara la de les llacunes. També poden ser útils per a tractar altres tipus d'abocaments no urbans, com per exemple les aigües d'escorrentia de carrete-

res i autopistes, les aigües de drenatge de camps de conreu, els lixivis d'abocaments de residus urbans, les aigües de drenatge d'explotacions mineres, algunes aigües residuals industrials (per exemple, papereres, alimentàries, etc.) i els abocaments procedents de les granges.

La utilització d'aquest tipus de depuradores verdes s'ha generalitzat des de la meitat dels anys vuitanta a Europa, Amèrica i Oceania, i té una presència especial a Dinamarca, el Regne Unit, Estats Units i Austràlia. Els darrers anys, gràcies als avantatges de simplicitat i consum energètic nul que presenten, aquestes instal·lacions estan tenint un gran impuls en països del Tercer Món.

L'envergadura d'aquestes estacions depuradores varia des de la que rep les aigües residuals d'una casa unifamiliar (amb 15-20 m²) fins a les que efectuen un tractament terciari d'efluents d'una depuradora municipal (unes 8 hectàrees en el projecte

Taula 1. RESULTATS OBTINGUTS EN SIS AIGUAMOLLS ARTIFICIALS

Lloc	Referència	Població (h-eq)	Q (m ³ /d)	Superfície total (m ²)	Espècies plantades	DBO ₅ afluent mg O ₂ /l	DBO ₅ efluent mg O ₂ /l	MES afluent mg/l	MES efluent mg/l
Biyeme Assi (Camerun)	Agendia (1996)	650	44	1.000	<i>Pistia sp.</i>	605	85	521	25
Elementary school, North Carolina (EUA)	House <i>et al.</i> (1996)	-	15	500	<i>J. effusus</i> <i>S. validus</i>	159	4	40	2
Montreal Biosphere Museum (Canadà)	Laouali <i>et al.</i> (1996)	6.000 visitants/dia	25	800	<i>P. australis</i> <i>S. lacustris</i> <i>Typha spp.</i>	130	26	71	13
Sobiechy, Green Lungs of Poland (Polònia)	Ciupa (1996)	48	8	500	<i>P. australis</i>	205	23	99	29
Macedonia (Grècia)	Lawrence <i>et al.</i> (1996)	3.500	-	3.500	<i>P. australis</i>	480	21	450	7
Kochcice (Polònia)	Bogdanowicz <i>et al.</i> (1996)	-	380	7.000	<i>P. australis</i> <i>T. latifolia</i>		12	38	4

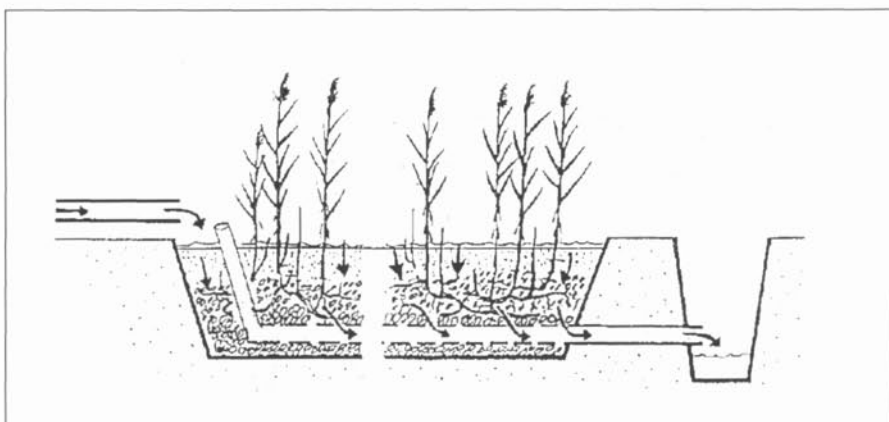
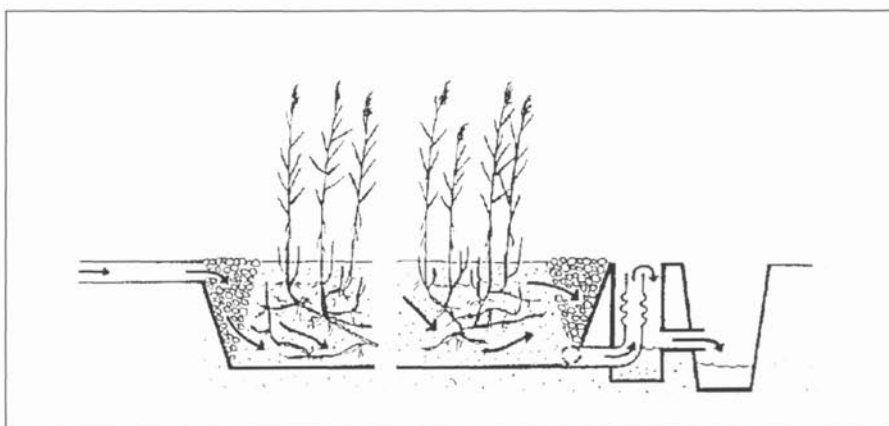
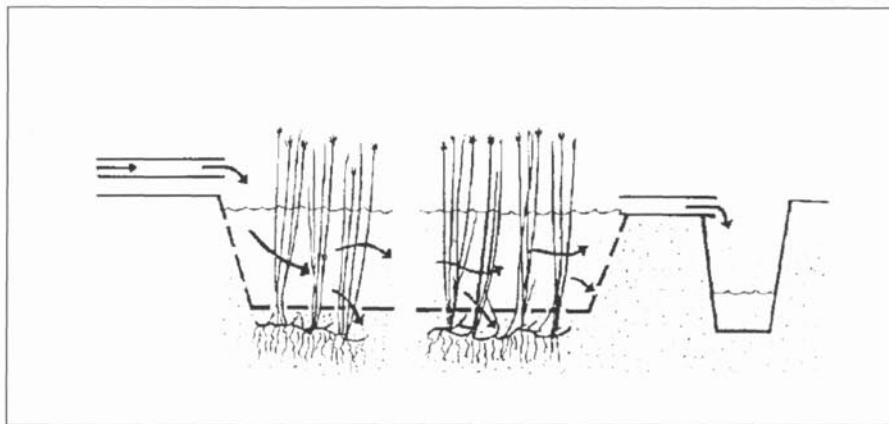
d'Empuriabrava, al Parc natural dels Aiguamolls de l'Empordà).

Bàsicament, es distingeixen dues possibilitats per a dissenyar aiguamolls amb finalitats depuradores de les aigües residuals: aquells en què l'aigua és visible, i que per tant s'assemblen més a un aiguamoll natural (*aiguamolls de flux superficial*), i aquells que estan constituïts per un llit de graves amb vegetació plantada per l'interior del qual circula l'aigua (*aiguamolls de flux subsuperficial*).

AIGUAMOLL DE FLUX SUBSUPERFICIAL CONSTRUÏT AL PARC NATURAL DEL MONTSENY

La casa de colònies de can Massaguer, gestionada per l'Associació Catalana de Cases de Colònies, està situada al municipi de Sant Feliu de Buixalleu (comarca de la Selva) sota el castell de Montsoriu, al límit nord-est del Parc natural del Montseny. Amb una capacitat màxima de 130 persones, disposa d'un edifici principal i d'un terreny d'acampada, i és utilitzada bàsicament per escolars. La seva activitat principal es desenvolupa a l'escola de natura, que fa activitats de lleure i d'educació ambiental.

La insuficiència del sistema emprat habitualment per a tractar les aigües residuals, compost per una fossa sèptica amb dues cambres i un pou d'infiltració, va fer necessari adoptar mesures complementàries de depuració de la matèria orgànica dissolta procedent de la fossa sèptica.



Esquema de diferents tipus d'aiguamolls construïts per a tractar aigües residuals. A dalt, aiguamoll de flux superficial; al mig, aiguamoll de flux subsuperficial horitzontal, i a baix, aiguamoll de flux subsuperficial vertical. (Font: Brix, 1994.)



Vista general de l'aiguamoll de can Massaguer un any després de la seva construcció. (Fotografia: SAPRE.)

Criteris de selecció

La selecció del sistema de tractament es va fer sobre la base dels criteris i les justificacions que es detallen a continuació.

Els efluents del sistema de tractament havien de garantir els requisits indicats en la Directiva 91/271/CE de 21 de maig de 1991 de la Unió Europea sobre el tractament de les aigües residuals urbanes per a comunitats amb 2.000-10.000 persones equivalents: un percentatge de reducció del 70-90% de la Demanda Bioquímica d'Oxigen (DBO_5) —paràmetre que mesura la quantitat de matèria orgànica biodegradable present a l'aigua—, i un percentatge de reducció del 70% per a la matèria en suspensió.

Els costos d'explotació i manteniment havien de ser mínims. S'havien d'evitar aparells electromecànics (com ara bombes i airejadors) perquè els costos energètics fossin nuls i no es necessités personal qualificat, ni tan sols eventualment. Els aiguamolls artificials de flux subsuperficial no requereixen cap tipus d'aeració artificial; els macròfits s'encarreguen de proveir de l'oxigen necessari els bacteris aerobis que degraden la matèria orgànica.

La planta de tractament havia de garantir un funcionament correcte en tot moment malgrat les grans oscil·lacions de cabal tant horari com diari. Durant gran part de la tardor i tot l'hivern, l'ocupació de la casa és baixa;

només esporàdicament alguns caps de setmana. Aquesta complexitat il·lustra l'explotació intensa que presentarien moltes de les alternatives convencionals quant a aturades i posades en marxa del sistema de depuració. Els aiguamolls artificials són sistemes amb poca inèrcia i escassament sensibles a fluctuacions de cabal.

La planta de tractament secundari no podia generar residus (fangs) com a subproducte del procés de depuració. Els aiguamolls artificials de flux subsuperficial no generen fangs, almenys a curt i a mitjà termini. El fons anòxic dels aiguamolls permet una digestió efectiva de la biomassa microbiana produïda al propi llit.

La instal·lació del sistema de tractament no havia de produir cap mena de contaminació per olors que poguessin interferir en les activitats normals de la casa. La casa es troba a 25 metres escassos de l'estació depuradora. El caràcter subsuperficial del flux d'aigua en aquests aiguamolls i la presència d'una capa aeròbica asseguren una emissió nul·la d'olors.

El sistema de tractament no havia d'afavorir el desenvolupament de larves aquàtiques de dípters —en especial mosquits— que poguessin ocasionar molèsties als visitants. Amb la instal·lació plantejada no poden créixer aquests organismes, ja que l'aigua no està estancada en superfície.

L'aiguamoll havia de servir com una eina de l'activitat docent que

permetés a la casa augmentar la seva oferta educativa. Els aiguamolls construïts són un exemple aclaridor de com la gestió integrada dels organismes pot accelerar les reaccions de descomposició dels nostres residus.

Característiques de l'aiguamoll

Per a dissenyar el sistema, es va caracteritzar l'aigua que calia tractar mitjançant dues campanyes de mostratge. Els resultats van permetre dimensionar la superfície, el volum, l'entrada i la sortida. Finalment, l'aiguamoll està constituït per dos llits, un de rectangular i l'altre de forma trapezoïdal, per adaptació a la feixa de terreny disponible. La taula 2 recull els detalls de la instal·lació.

El procés de tractament és molt simple: l'aigua efluent de la fossa sèptica arriba fins a una petita arqueta de distribució que, mitjançant un sistema d'alleujador, distribueix homogèniament el cabal d'aigua residual fins als dos llits. L'arribada de l'aigua residual a ambdós llits té lloc per una canonada perforada que descansa sobre el medi porós i que emana aigua de diferents punts per a aconseguir una bona repartició de l'aigua.

Els llits estan confinats en una làmina impermeable de cautxú sintètic (EPDM) d'1mm d'espessor amb un objectiu doble: evitar filtracions al subsòl i a capes freàtiques, i controlar les entrades i les sortides del sistema. La làmina queda fixada en unes petites rases d'ancoratge. El medi porós està constituït, a la zona, per sorres grosses de 3 a 5 mm de

Taula 2. CARACTERÍSTIQUES PRINCIPALS DE L'AIGUAMOLL CONSTRUÏT A CAN MASSAGUER

Paràmetre	Valor adoptat
Població tractada, h-eq	60
Àrea total basal, m ²	172
Àrea total superficial, m ²	230
Nombre de llits	2
Àrea basal dels llits, m ²	86
Llargada màxima, m	14,2
Amplada superficial del llit trapezoïdal, m	10,5
Amplada superficial del llit rectangular, m	7,7
Profunditat del medi porós en la zona d'entrada, m	0,6
Profunditat del medi porós en la zona de sortida, m	0,73
Marge de seguretat dels talussos, m	0,2

diàmetre. Tant a la zona d'entrada com a la de sortida del llit hi ha una petita capa de graves de 8-10 cm de diàmetre per a assolir una millor distribució de l'aigua. L'espècie de macròfit utilitzada és el canyís (*Phragmites australis*), plantat amb una densitat d'un individu per cada m². Altres espècies emprades freqüentment són la boga (*Typha latifolia*) i el jonc (*Scirpus lacustris*).

L'aigua és recollida per una canonada ubicada al fons dels llits. Aquesta canonada traspasa el talús i connecta amb una petita arqueta de sortida on es corba i pren la vertical. L'altura d'aquesta canonada a l'arqueta controla el nivell d'aigua en ambdós llits. Després de l'arqueta, l'efluent secundari és abocat en un petit estany controlat, destinat a usos pedagògics, i finalment és conduït al torrent de can Massaguer.

Rendiment de l'aiguamoll

D'ençà de la posada en marxa del sistema el juliol de 1996, l'eficàcia depuradora s'ha valorat sobre l'eliminació dels contaminants per als quals es va dissenyar, és a dir, matèria en suspensió (MES) i DBO₅. En la taula 3 es mostren els resultats obtinguts en sis campanyes de presa de mostres.

Els resultats analítics es poden considerar excel·lents. Pràcticament en totes les anàlisis es compleixen els objectius del tractament segons s'indica en la directiva 91/271 de la Unió Europea. Cal notar l'elevat valor d'entrada de la demanda química i bioquímica d'oxigen les dues darreres setmanes del mes d'abril arran de la gran quantitat de sòlids acumulats a la fossa sèptica i de les obres i tasques de pintat de murs i façanes efectuades a la casa.

Taula 3. RESULTATS ANALÍTICS DE L'AIGUAMOLL ARTIFICIAL DE CAN MASSAGUER EN SIS CAMPANYES DE MOSTRATGE
Les mostres eren puntuals. També s'indiquen els rendiments d'eliminació dels contaminants

Dia	DQO (mg/l d'oxigen)			DBQO (mg/l d'oxigen)			MES (mg/l)		
	Entrada	Sortida	Rend.	Entrada	Sortida	Rend.	Entrada	Sortida	Rend.
19-7-96	No analitzat			520	250	52%	100	6	94%
25-7-96	No analitzat			450	130	71%	110	10	91%
8-4-97	835	137	83%	653	100	85%	861	32	96%
14-4-97	1.105	165	85%	571	90	84%	948	18	98%
21-4-97	2.755	57	98%	399	42	89%	538	25	95%
28-4-97	2.075	88	96%	781	65	92%	1.280	16	99%



Aspecte de l'aigua residual abans i després del tractament al cap d'un mes de la posada en marxa de l'aiguamoll. (Fotografia: SAPRE).

Resum de costos

La construcció d'un sistema per aiguamoll té un cost similar a la instal·lació d'un equip convencional (depuradora biològica per fangs activats), i segons les característiques del terreny i el moviment de terres que cal dur a terme, pot variar lleugerament a l'alça i també a la baixa.

El cost derivat del manteniment, en canvi, és substancialment inferior en el cas de l'aiguamoll. No hi ha consum elèctric, no es produeixen avaries mecàniques i el personal que ha de revisar els quatre punts bàsics del sistema (arquetes, sistema de distribució) no ha de ser tècnic.

Taula 4 COSTOS COMPARATIUS
d'inversió i d'explotació entre un aiguamoll artificial i un equip convencional a can Massaguer

Aiguamoll artificial
Cost d'inversió (ptes) 3.200.000,-
Cost d'explotació (ptes/any) nul
Equip convencional
Cost d'inversió (ptes) 2.850.000,-
Cost d'explotació (ptes/any) 270.000,-

BIBLIOGRAFIA

- BÖRNER, T. (1992): "Einflußfaktoren für die Leistungsfähigkeit von Pflanzenkläranlagen". *Schriftenreihe WAR, TH*, Darmstadt, núm. 58.
- BRIX, H. (1993): Capítol 2 en: *Constructed wetlands for water quality improvement* (G.A.), Moshiri Editor, Lewis Publisher.
- BRIX, H. (1994a): "Subsurface horizontal flow systems. Biological dimensioning". En: *Course on the Role of Wetlands for the Control of Pollution in Rural Areas. Design and Use of Constructed Wetlands*, Zaragoza, Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos, International Association on Water Quality, 9 pàg.
- BRIX, H. (1994b): "Use of constructed wetlands in water pollution control: historical development, present status and future perspectives". En: *Reprints of the IAWQ Biennial Conference*, Budapest (Hungary).
- EPA (1993): *Subsurface Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment. A Technology Assessment*. Municipal Technology Branch. Washington.
- PLATZER, C.; MAUCH, K. (1996): "Evaluations concerning soil clogging in vertical flow reed beds-mechanisms, parameters, consequences and... solutions?". En: *5th. International Conference on wetland systems for water pollution control*. IAWQ. Viena, setembre de 1996.
- SCHIERUP, H.H.; BRIX, H.; LORENZEN, B. (1990): "Wastewater treatment in constructed reed beds in Denmark-state of the art". En: Cooper, P.F. & Findlater, B.C. (eds.): *Constructed Wetlands in Water Pollution Control* (Adv. Wat. Pollut. Control Núm. 11), Pergamon Press, Oxford, pàg. 495-504.