



Ús de tecnologies no convencionals de depuració d'aigües residuals per a un municipi de 6.000 habitants equivalents (Xeraco). Estudi comparatiu amb la instal·lació actual.



TREBALL DE FINAL DE GRAU Grau en Ciències Ambientals

Autora: Eva Baldoví i Royo
Tutors: Jesús Mengual Cuquerella
Juan A. González Romero
Curs: 2015/2016

**Al meu pare, fins sempre.
05/09/2010**

RESUM

L'aigua és un recurs essencial per a la vida, i actualment, és un dels recursos naturals més utilitzats per la humanitat. Quasi la totalitat de les activitats humanes utilitzen aigua en els seus procediments, i són aquestes activitats les que contaminen les pròpies aigües. Avui en dia, per a reduir aquests problemes de contaminació, s'utilitzen les estacions depuradores d'aigües residuals convencionals. Desafortunadament, aquestes són molt cares (energètica i econòmicament).

En aquest projecte s'ha estudiat l'eficàcia que podria assolir un sistema de depuració no convencional "ecològic" per contrarrestar les emissions ambientals de les convencionals EDARs i reduir els seus costos de construcció i execució per a poblacions i inclòs ciutats menudes.

Es tracta de fitodepuració: basada en macròfitas; amb capacitat de reduir la càrrega de matèria orgànica en suspensió, fòsfor, nitrogen o metalls pesats, que són els elements que més habitualment contaminen les nostres aigües.

Finalment, s'ha pogut concloure que tot i que existeixen nombrosos estudis que demostren la gran capacitat de depuració de diferents espècies de plantes, existeixen avui en dia encara moltes incerteses que necessàriament cal seguir investigant per poder usar aquestes innovadores depuradores d'una manera realment efectiva.

PARAULES CLAU.

Tecnologies de tractament d'aigües no convencionals. Macròfitas. Depuració d'aigües residuals urbanes

SUMARY

The water is a resource essential for the life, and currently, is one of those resources natural more used by the humanity. Almost all human activities used water in its procedures, and are these activities which pollute the waters. Today, to reduce these pollution problems, using conventional waste water treatment stations. Unfortunately, these are very expensive (energy and economically).

In this project has studied the efficacy that could reach a non-conventional treatment system "eco-friendly" to offset the conventional Wwtps environmental emissions and reduce their costs of construction and execution for towns and even small towns.

It's fito-depuration: based on Macrophytes; capable of reducing the load of organic matter in suspension, phosphorus, nitrogen, or heavy metals, which are the elements that most commonly contaminate our waters.

Finally, it has been concluded although there are numerous studies showing the power of purification of different species of plants, there are nowadays still many uncertainties that necessarily needs to be further investigated in order to use these innovative wastewater treatment in a really effective way.

KEY WORDS.

Non-conventional water treatment technologies. Macrophytes. Urban wastewater treatment.

ÍNDEX

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUCCIÓ..... | 5 |
| 1.1 | Els aiguamolls..... | 5 |
| 1.2 | La fitodepuració..... | 6 |
| 1.2.1 | Fitodepuració amb Macròfites en flotació..... | 6 |
| 1.2.2 | Fitodepuració mitjançant microalgues..... | 7 |
| 2 | EVOLUCIÓ HISTÒRICA..... | 8 |
| 2.1 | Les macròfites..... | 8 |
| 2.2 | Les algues..... | 10 |
| 3 | OBJECTIUS..... | 11 |
| 4 | DESCRIPCIÓ DE L'ÀREA D'ESTUDI..... | 12 |
| 4.1 | L'economia..... | 13 |
| 4.2 | La geologia..... | 13 |
| 4.3 | El clima..... | 13 |
| 4.4 | Les figures de protecció legal..... | 14 |
| 4.5 | Característiques de l'aigua a tractar..... | 18 |
| 4.6 | Elements de l'aigua a tractar..... | 18 |
| 5 | METODOLOGIA EMPLEADA..... | 19 |
| 6 | DESCRIPCIÓ DE AMBDÓS EDARS..... | 20 |
| 6.1 | La planta pilot..... | 20 |
| 6.1.1 | Descripció plantes elegides (a l'annex III es fa una descripció més exhaustiva): | 22 |
| 6.1.2 | Funcionament de la planta pilot..... | 23 |
| 6.1.3 | Ubicació..... | 24 |
| 6.2 | La EDAR convencional..... | 24 |
| 7 | AVANTATGES I DESAVANTATGES D'AMBDÓS EDARS..... | 28 |
| 8 | LA REALITZACIÓ DELS ANÀLISIS..... | 30 |
| 8.1 | Anàlisi de la planta pilot..... | 30 |
| 8.2 | Anàlisi de la EDAR convencional de Xeraco..... | 38 |
| 8.3 | Comparació d'ambdós EDARS..... | 39 |
| 9 | PROPOSTES DE MILLORA I ALTERNATIVES EN LA PLANTA PILOTO..... | 41 |
| 10 | CONCLUSIONS..... | 44 |
| 11 | BIBLIOGRAFIA..... | 46 |

1 INTRODUCCIÓ.

L'ús de l'aigua està directament relacionat amb tota activitat humana, i depenent de l'ús que se li vaja a donar, no importa la seva procedència i estat. Es per això que des de la revolució industrial que es va iniciar a mitjans del segle XVIII, amb el consegüent ús indiscriminat de l'aigua i de productes químics que la contaminen, s'ha anat formant un problema ambiental que en les últimes dècades s'ha anat agreujant arribant a produir greus impactes en el medi i en els ecosistemes, afectant directa i indirectament especialment a la salut humana però també a la salut animal i vegetal a nivell mundial.

Es considera que l'aigua està contaminada quan es veuen alterades les seves característiques físiques, químiques i biològiques o la seva composició, perdent la seua capacitat d'ús per a consum humà, industrial o agrícola.

Atenent a les necessitats d'ús d'aigua de la població i del propi planeta (ecosistemes), des de fa anys s'ha començat a plantejar, estudiar i utilitzar alternatives per poder reduir i contrarestar el mal ús de l'aigua, tractant de depurar la mateixa per a poder ser re-introduïda al medi sense alterar en excés les seves propietats inicials. Per aconseguir-ho, fins ara s'han utilitzat, fonamentalment, tant per a poblacions grans com menudes, les EDARs convencionals, que són excel·lents en depuració de les aigües residuals si bé segueixen les seves característiques.

No obstant, el problema d'aquestes instal·lacions destaca en el cost; a pesar de ser eficaços, els mètodes més innovadors existents avui dia segueixen sent cars, tant en manteniment com en funcionament i instal·lació, a més, tenen un alt impacte visual a les zones on es troben. És per això que, a zones protegides, existeix un punt a favor de les EDARs no convencionals, com les de fitodepuració, per la pròpia importància en la protecció del medi. Així doncs, des de fa uns anys es venen estudiant diferents alternatives a les EDARs convencionals per poder pal·liar aquests problemes, sent una de elles de les més utilitzades en els nuclis de població rural: els "fitosistemes" o la "fitodepuració", que pretén crear un aiguamoll artificial amb varietat d'espècies amb capacitat de depuració de l'aigua.

1.1 Els aiguamolls.

Els aiguamolls són ecosistemes molt complexos que tenen gran importància per a la conservació arreu del món. Són zones de pas per a nombroses aus que troben als aiguamolls el lloc perfecte on descansar durant els seus viatges migratoris i, alhora, reproduir-se, alimentar-se i inclòs algunes espècies viure durant tot l'any. Moltes d'aquestes espècies estan en perill d'extinció o protegides, per això, els aiguamolls són una base imprescindible per a la seva recuperació. Són, a més, zones caracteritzades per albergar gran varietat d'espècies de flora autòctona, moltes de elles també en perill de desaparició a causa de nombroses espècies exòtiques invasores.

L'Albufera, al País Valencià no és una excepció. Aquest espai alberga nombrosos aiguamolls i altres ambients on sempre és característica l'aigua, el que la converteix en un àrea potencial per albergar gran quantitat de biodiversitat.

A pesar dels grans esforços per recuperar-los, protegir-los i mantenir-los, els aiguamolls son àrees fràgils que al voltant del món van desapareixent a una velocitat vertiginosa, normalment a causa de la pressió humana exercida sobre els mateixos (com la dessecació per a cultius).

Són nombroses associacions que avui dia estan treballant enèrgicament per protegir aquests espais i recuperar-los i amb això, aconseguir tots els beneficis que reporten.

1.2 La fitodepuració.

El procés de fitodepuració consisteix en utilitzar la capacitat d'algunes plantes verdes (macròfites i micròfites) per aconseguir depurar les aigües residuals urbanes i abocar-les al medi natural amb unes característiques quasi idèntiques a les inicials.

Per al seu funcionament, els seus contaminants han de ser nutrients i altres elements assimilables per les plantes utilitzades, reduint-los en l'aigua i assimilant-los al seu metabolisme.

Les estacions de fitodepuració compten amb l'avantatge front a les comuns EDARs, de tenir un consum energètic, un cost de manteniment i de construcció realment baix, quasi nul, front al costós mètode de les EDARs convencionals, a més, tenen una eficàcia bastant elevada, encara que variable, al llarg de l'any i són més respectuoses amb el medi ambient. A més, els sistemes de fitodepuració tenen altres funcions com la creació d'hàbitats i ecosistemes essencials per a la preservació de les marjals i la nostra avifauna, molta en perill d'extinció i altres aus de pas que necessiten aquests ecosistemes per descansar durant les seves migracions.

Per contra, el inconvenient més destacat atribuïble a aquests sistemes és la gran quantitat de terreny que necessiten; molt superior al de les EDARs convencionals, per a realitzar la mateixa depuració. No obstant, cal mencionar que l'àrea necessària està vinculada a la quantitat d'aigua a depurar, per lo que poden ser una alternativa viable per a poblacions no molt grans.

Existeixen diferents mètodes i combinacions per a la depuració de les aigües residuals, dos dels més utilitzats són:

1.2.1 Fitodepuració amb Macròfites en flotació.

En aquest tipus d'aplicacions, la flora macròfita es caracteritza per ser capaç de transferir l'oxigen captat per les fulles cap a la zona radicular fins a arribar a l'aigua. Amb això, s'afavoreix el desenvolupament de molts microorganismes que eliminen i degraden els contaminants i la matèria orgànica dissolta en l'aigua.

Aquest sistema és equivalent a la realització d'un tractament primari i secundari de l'aigua residual, eliminant sòlids en suspensió i la matèria orgànica dissolta, a més d'una part del fòsfor i nitrogen.

Encara que existeixen diverses espècies amb la capacitat de realitzar aquestes funcions, per la zona en la que es desenvolupa el estudi, habitualment s'utilitzen Boga (*Typha sp.*) i canyís (*Phragmites australis*). En la figura següent es mostren plantons d'aquestes espècies a la planta piloto de l'estudi:



Figura 1: les macròfites a la planta piloto.

1.2.2 Fitodepuració mitjançant microalgues.

Les microalgues son sers autòtrofs que utilitzen la radiació solar per produir biomassa, prenent, per a realitzar-ho, els elements minerals necessaris del medi aquós en el que viuen. La seua principal funció en les EDARs és l'eliminació d'elements eutrofizants, és a dir, excés de nutrients en l'aigua com el fòsfor i el nitrogen.

També existeixen alguns tipus de microalgues que tenen la capacitat d'absorbir metalls pesats. Aquesta habilitat és coneguda com biosorció, i existeixen diverses hipòtesis relacionades amb els mecanismes pels quals les microalgues puguen reduir els metalls pesats a les aigües residuals. Algunes (Sandoval *et al.*, 2005), diuen que actua a través de la formació de complexos entre el metall pesat i els aminoàcids presents dins la cèl·lula, prèvia absorció d'aquests metalls a través dels arrels; altra explicació, és que els microorganismes produeixen sòlids que flocculen i després sedimenten per gravetat.

A la imatge següent es mostra un exemple d'uns biodiscos coberts per microalgues:



Figura 2: microalgues a un fotobiorreactor de biodiscos.

2 EVOLUCIÓ HISTÒRICA.

Si es va uns anys enrere, és fàcil trobar nombrosos estudis arreu del món on es demostren els diferents potencials de les macròfitas i microalgues en quant a la seua capacitat de depuració.

2.1 Les macròfitas.

Segons Pérez-Olmedilla *et al.*(2000), des de l'any 1.996 fins a l'any 2.000 s'han publicat més de 2.000 articles relacionats amb el tractament d'aigües residuals, encara que sols un 4% fa referència a la depuració d'aigües mitjançant macròfitas (aiguamolls) i d'aquests el 90% solen estar relacionats amb estructures artificials (aiguamolls artificials).

El 37% dels treballs trobats per aquests autors sobre depuració en aiguamolls tracten sobre la eficàcia de les macròfitas, distingint-se tres tipus d'estudis:

- Referits a l'efecte depurador de les aigües residuals en macròfitas aquàtiques.
- Sobre l'efecte depurador de les comunitats de microorganismes, bacteries i algues microscòpiques.
- Sobre el poder depuratiu tant bacterià com de macròfitas.

A la dècada dels 70 es troben un dels primers estudis per part de Simmonds *et al.* (1979), basats en l'experimentació amb macròfitas per veure l'efectivitat de les mateixes en coagulació de col·loides. També es troben estudis del mateix basats en la capacitat d'absorció de nutrients dels jacints d'aigua, la qual augmenta conforme ho fa el tamany i la edat de la planta.

Més o menys per les mateixes dates, es poden nombrar una sèrie d'experiments relacionats tots amb els jacints d'aigua: Wolverton i Mc Donald *et al.* (1979) observaren que al introduir jacints d'aigua en una llacuna s'obtenia una reducció mitjana del 96% en DBO₅. També existeixen estudis que determinen la capacitat de reducció de metalls pesats pels jacints d'aigua. Wolverton i Mc Donald *et al.* (1975) observaren que fins al 97% de cadmi níquel d'una podia ser acumulat en les arrels d'aquestes plantes en tan sols 24 hores.

Després, en la dècada dels noranta, cal mencionar a Ribeyre i Boudou *et al.* (1994), que trobaren que *Egeria densa Planchon*, *Ludwigia natans Elliot*, *Lysimachia nummularia L.* i *Hydrophila sp.*, totes plantes macròfitas arrelades, acumulen grans quantitats de mercuri en les fulles i talls quan aquest metall està en forma orgànica, i deu vegades més concentració quan és a través dels sediments i no de la columna d'aigua.

A finals dels noranta, es mostren ja els primers estudis relacionats amb les macròfitas a utilitzar en aquesta proposta. El primer d'ells, de Otto *et al.* (1999) i citat per Sandoval *et al.*, es basa en la capacitat de retenció de N per macròfitas com

Lythrum salicaria L., *Phragmites australis* (Cav.) Trin i *Typha dominguensis* Pers., ja siga per absorció directa pels teixits de les plantes o per desnitrificació provocada per microorganismes.

Ja a l'any 2000 trobem referència a l'estudi de Huddleston *et al.* (2000) basat en l'experimentació en aiguamolls artificials amb *Typha latifolia L.*, que pot reduir fins un 80% la DBO.

També trobem altres articles basats en la experimentació d'aiguamolls; **Error! Marcador no definido.** artificials com a tractament secundari i terciari, generalment lligats a nuclis de població, a efluent d'agricultura o a efluent de EDARs. Un d'ells és el publicat per Lahorra *et al.* (2003), on es treballa amb la EDARs de Gallardós d'Almeria i aiguamolls artificials per a depurar els efluent de la mateixa. Els resultats recolzen la bona capacitat dels aiguamolls artificials per a complir la seva funció de depuració secundària o terciària especialment en aigua provinent d'agricultura.

A més, cal destacar el Projecte de la Cooperació de Extremadura en la potabilització de l'aigua del riu Niger, que va nàixer als 2006 i que té com a objectiu principal facilitar l'accés a aigua potable i disminuir infermetats provocades pel consum d'aigua insalubre en Malí. Per a aconseguir-ho es va construir una estació potabilitzadora completament ecològica, que consisteix en l'ús de plantes de injecten oxigen en el sistema radicular on viu la fauna microbiana, que es la que es nodreix de les càrregues contaminants de l'aigua.

Després de dos anys de funcionament, el laboratori nacional de Mali he certificat la qualitat de l'aigua per a consum humà segons els paràmetres de la OMS. S'ha erradicat el còlera, les diarrees i infermetats derivades del ús de l'aigua en males condicions, però sobretot, cal destacar que s'ha reduït la mortalitat infantil un 75 %.

Dins del nostre territori trobem els estudis fets a l'Albufera de València, Bixquert Ariño *et al.* (2013) on s'ha demostrat la capacitat de les plantes macròfites utilitzades al tancat de la Pipa a l'Albufera de València de depurar les aigües residuals i de la pròpia albufera del qual s'abasteixen. Es fa menció a la gran capacitat de la *Iris pseudacorus L.* de reduir tant el nitrogen com el fòsfor, dos elements difícils d'eliminar en l'aigua.

Es poden trobar també altres estudis relacionats amb diferents espècies amb potencial per a depuració d'aigües residuals, és el cas, per exemple, del lliri groc. Podem trobar estudis per part del Consell Superior d'investigacions científiques (CSIC) i la Universitat de Barcelona, datats al 2015, on es demostra la influència de la reducció del NH_4^+ pel lliri groc. Eugenia Martí Roca, Doctora en Ciències Biològiques (Universitat de Barcelona) i científica titular del CSIS apunta: "*Hemos podido ver que en los canales con lirio amarillo, el amonio se reducía de forma importante, pasando de 0,8 miligramos por litro a 0,3*".

Al 2007 es troba un estudi realitzat per Castañeda Villanueva i Flores López *et al.* (2007) a on s'ha remarcat l'eficàcia en la reducció del NH_4^+ i DQO amb una combinació adequada de la boga i canyís, on s'han realitzat estudis amb parcel·les experimentals amb les dues espècies tant per separat com combinades. En aquest article es cita, textualment: "*los resultados encontrados en el módulo mixto, requieren*

un tiempo de retención menor, probablemente por la acción combinada de las dos especies de plantas.” Per tant, es demostra la potenciació dels efectes depuradors de les dues espècies combinant-les. En canvi, mostra la baixa eficiència que sol haver en aquests tipus de sistemes per a la reducció del Pt.

2.2 Les algues.

A més de les macròfites, també em de posar especial atenció a les algues, que s'ha demostrat que tenen també gran capacitat de depuració d'aigües.

Ja passada la primera dècada dels 2000 trobem algun estudi com per exemple el realitzat per Rius, *et al.* (2011), en LaVanguardia.com, fa un anàlisi sobre els beneficis que ens poden aportar les algues: Celulosa, paper, desenvolupar bacteries biodegradables, depurar tòxics en aigües residuals, eliminació de CO₂; producció de biocombustibles, etc. No obstant, en la mateixa notícia es citen opinions d'altres autors que coincideixen en que, encara que les algues poden suposar la solució a molts problemes, avui dia encara existeixen grans incògnites relacionades amb el seu ús i falta encara, molta investigació al respecte, per comprovar si els usos són realment beneficiosos.

Troblem també altres articles relacionats, en concret, el publicat per López *et al.* (2012), pertanyent al grup de FYBOA (grup de Fotobiologia i Biotecnologia de Organismes Aquàtics) de la Universitat de Màlaga, en el que es defèn la necessitat d'investigar sobre la capacitat de les macroalgues per a filtrat i depurar el aigua degut al creixement de la aqüicultura, lo que provoca cada vegada més abocaments a les costes i, amb això, major necessitat de conscienciació.

Finalment, trobem el projecte All-gas de Aqualia (www.all-gas.eu). Aquesta és l'empresa al capdamunt de FCC (Foment de construccions i contractes), un dels majors grups europeus de servicis ciutadans per a la gestió de l'aigua i la tercera companyia en gestió d'aigua en el món. Compta amb el recolzament del 7º pla Marc de la Comissió Europea per a obtenir, d'ací al 2020, un 20% de la energia utilitzada en Europa a partir de processos naturals.

El inici del projecte (Cádiz), va suposar la construcció d'estancs de cultiu d'algues en l'interior de una de les seves plantes de tractament d'aigües residuals amb l'objecte de produir microalgues com un nivell de creixement màxim, utilitzant els nutrients que es troben en estat natural en les aigües residuals com a aliments per als organismes. Després es transformen les algues en biocarburants del tipus de biodiesel i biogàs, usats com a carburants. Finalment, en el 2013 es van obtenir amb èxit els primers quilos de cultiu de biomassa, la qual compta amb un alt potencial energètic.

3 OBJECTIUS.

L'objectiu general del següent treball és realitzar una comparació de dos tipus de EDARs (convencional i no convencional mitjançant macròfites i microalgues) per poder observar i demostrar (o no) la viabilitat de la instal·lació (en un futur pròxim) de les EDARs no convencionals a poblacions xicotetes com és el cas de Xeraco, que compta amb 6.000 habitants.

Per a assolir l'objectiu principal cal realitzar, entre altres:

- Realitzar el seguiment d'una planta piloto de fitodepuració instal·lada en Xeraco i a més, realitzar els anàlisis dels principals paràmetres de qualitat d'aigua tant a la planta piloto de fitodepuració com a la EDAR convencional instal·lada a Xeraco durant els mesos de l'estudi (Gener-Març) i amb una freqüència setmanal.
- Realitzar una comparació de la EDAR amb fitodepuració i la EDAR convencional instal·lada, mencionant avantatges i desavantatges de cadascuna de les opcions.
- Proposar, finalment algunes mesures rectificatives que puguen fer falta en cas que els resultats no siguen els esperats, amb la finalitat de millorar els resultats de la planta piloto de fitodepuració.

4 DESCRIPCIÓ DE L'ÀREA D'ESTUDI.

Xeraco és un municipi ubicat al País Valencià, en el sud-est de la província de València i en la comarca de la Safor. Distà uns 56 km de València capital i només 5 km de Gandia, la capital de la comarca. Limita al nord amb Tavernes de la Valldigna, a l'est amb el mar Mediterrani, al sud amb Xeresa i Gandia i, a l'oest amb Benifairó, Simat de la Valldigna i Barx.

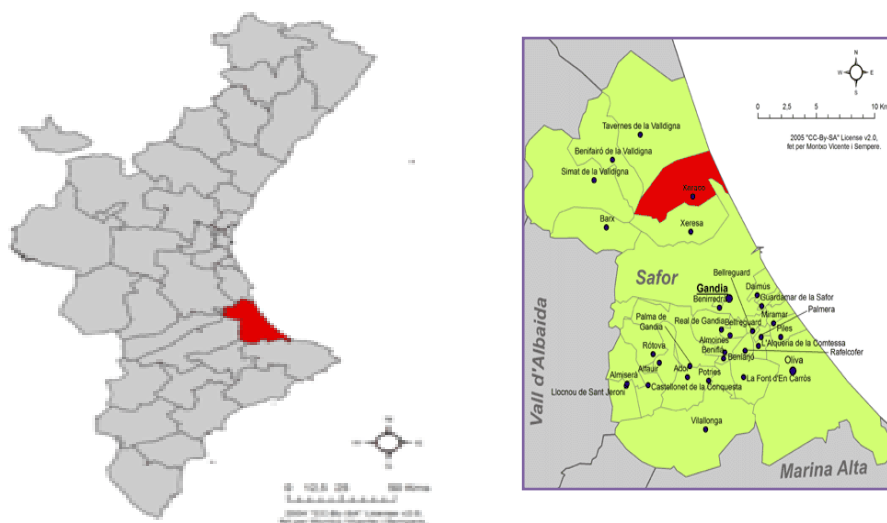


Figura 3: ubicació del terme municipal de Xeraco.

Compta amb una població d'uns 6.251 habitants (cens poblacional 2.013) que augmenten a la època estival fins a 12.000 habitants i una extensió de 20,2 km². Té un nucli urbà a l'interior amb una població estable (Xeraco) i un altre secundari situat a la zona litoral en què en el període estival supera àmpliament la població d'aquell (Platja de Xeraco).

Segons les dades obtingudes a partir de la EPSAR (www.epsar.gva.es), Xeraco compta amb les següents característiques de la població (necessaris per a la depuració d'aigües residuals):

Taula 1: Característiques de la població i aigua a tractar.

| Paràmetres | Temporada Alta (aproximat) | Temporada Baixa (aproximat) |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Població servida (hab.) | 12.000 | 6.000 |
| Habitants equivalents (hab-eq.) | 11.700 | 6.090 |
| Cabal mitjà (m ³ /dia) | 2.700 | 1.400 |

Al llarg del segle passat la dinàmica econòmica i demogràfica ha sigut molt positiva, afavorida per una agricultura intensiva i comercial i el desenvolupament de la seva franja costera, convertida actualment en un dels principals punts d'atracció de turisme en la província de València.

4.1 L'economia.

L'agricultura ha estat i pareix ser la activitat econòmica més important, encara que altres sectors, com la indústria, també han experimentat un augment considerable. A partir dels anys 70, el sector de la construcció i la indústria carpintera (tant metàl·lica com fustera) experimenten un gran desenvolupament degut al creixement de la construcció lligada al augment del turisme. Avui dia, les indústries presents són majoritàriament relacionades amb el magatzem i tria de taronja, segons els llista "guiaempresas.universia.es".

4.2 La geologia.

En quant a la seva geologia, Xeraco és una població costanera situada sobre la coneguda com plana litoral de La Safor o horta de La Safor. Aquesta plana és formada pel curs baix del riu Serpis que travessa la vall procedent del Comtat per l'estret de l'Orxa i que durant mil·lennis ha emplenat amb dipòsits quaternaris esta plana que en altra època era una albufera com la que trobem al sud de la ciutat de València. Degut a aquesta aportació de sediments avui trobem des de la mar fins a la base de les muntanyes una zona costanera caracteritzada pel predomini d'aigües sornes, la presència de llargues platges d'arena fina, cordons dunars i marjals.

4.3 El clima.

D'acord amb la classificació climàtica de Köppen i Geiger (Figura 4) el clima és classifica com BSk, és a dir, sec semi àrid temperat.



Figura 4: Classificació climàtica de Köppen i Geiger.

Esta tipologia de clima es caracteriza per temperatures moderades i unes pluges no gaire importants que es concentren a la primavera i la tardor, els estius són càlids i secs i els hiverns suaus.

Un tret típic del clima mediterrani és la seva irregularitat, sobretot per la pluja poc previsible. Són freqüents els períodes llargs de sequera i les precipitacions molt intenses, de vegades en poques hores, que comporten greus problemes d'inundacions.

Si visualitzem el climograma de l'any 2015 a Xeraco (Figura 5) podem observar com la 18,0 °C i unes precipitacions concentrades als mesos de tardor i hivern (setembre, octubre, novembre i desembre) amb una mitjana anual de 485 mm. S'observa també com el més de juliol ha estat el més sec amb 4 mm d'aigua recollida seguit d'agost amb 8 mm.

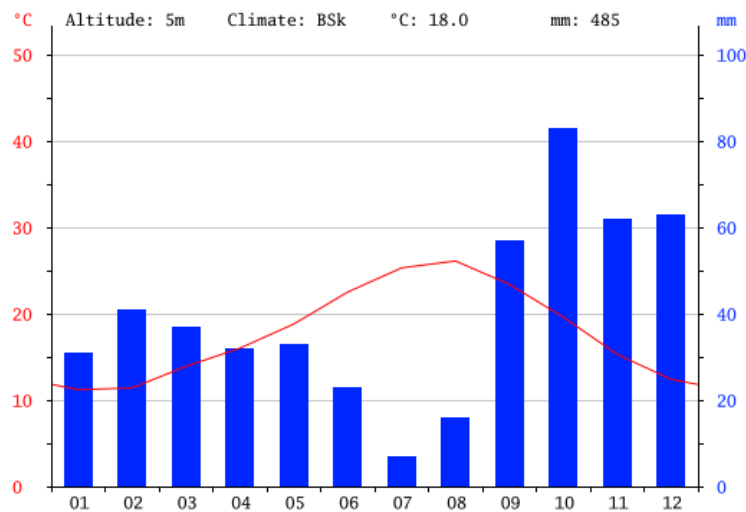


Figura 5: Climograma de l'any 2015 a Xeraco.

Font: <http://es.climate-data.org/>

4.4 Les figures de protecció legal.

Són nombroses les lleis ambientals i figures de protecció que disposa el territori d'estudi. El ric ecosistema, l'adaptació de la legislació a la normativa ambiental europea i el canvi del model econòmic, han canviat la situació de les últimes dècades on el sector de l'agricultura i la construcció anava guanyant terreny al medi natural. No obstant, avui dia, aquest model està en constant regressió, tornant a la recuperar importància el medi natural.

Al terme de Xeraco les principals figures de protecció són derivades dels rics ecosistemes que, alhora, alberguen gran quantitat d'espècies animals i vegetals. I aquestes són, per ordre de restrictivitat ascendent (Europea, Autonòmica i Local):

4.4.1 Normativa europea:

4.4.1.1 **LICs i ZEPAs:**

Els LICs (llocs d'importància comunitària) són zones d'especial conservació en base a la presència d'espècies considerades prioritàries per la directiva 92/43/ CEE de la Unió Europea.

Les ZEPAs (zona d'especial protecció de les aus) són designades segons la Directiva d'Aus 79/409/CEE i el seu objecte és la protecció de totes les aus que viuen en estat silvestre en els estats membres mitjançant la protecció, la conservació, la restauració i la creació d'hàbitats necessaris per a que les poblacions puguen persistir en el temps, així com la regulació de les pràctiques de captura i comerç d'espècies que tradicionalment han estat considerades com a cinegètiques.

S'hi troben LIC i ZEPA a les Serres del Mondúver i Marxuquera, Marjals de la Safor i Dunes de la Safor, i estan distribuïts de la següent manera (Figura 6):



Figura 6: Identificació ZEPAs i LICs a l'àrea d'estudi.

Font: <http://terrasit.gva.es/>

4.4.2 Autonòmica:

4.4.2.1 Catàleg de zones humides de la Comunitat Valenciana:

El present catàleg es redacta en compliment de l'article 15 de la Llei 11/1994 de 27 de desembre, d'Espais Naturals Protegits de la Comunitat Valenciana.

El catàleg és bàsicament un registre administratiu que identifica i delimita clarament els objectes a preservar, a partir del qual les diferents administracions en l'àmbit de les seues competències, deuen desenvolupar les seues actuacions per tal de salvaguardar els valors localitzats en aquests espais.

Els valors que han motivat la seua creació són: valors biòtics, valors com a recurs econòmic, valors culturals i valors de protecció front a riscos naturals.

4.4.2.2 Microreserva de flora:

Una microreserva és una zona de menys de 20 ha d'extensió que és declarada mitjançant ordre de la Conselleria de Medi Ambient de la Generalitat Valenciana, amb l'objectiu d'afavorir la conservació de les espècies botàniques rares, endèmiques o amenaçades o les unitats de vegetació que la contenen. En les microreserves estan protegides les plantes i els substrats sobre el que s'assenten però no necessàriament la fauna.

S'hi troben ací catalogades les Microreserves de flora de la Marjal dels Borrans, Alts de la Drova i Cim del Mondúver.

4.4.3 Legislació Valenciana determinant de les característiques de l'àrea.

La Directiva 91/271/CEE del Consell, de 21 de maig, sobre el tractament de les aigües urbanes és la legislació que estableix les normes de recollida, tractament i abocament de les aigües residuals a tota la unió europea, i té per objecte protegir el medi aquàtic de les repercussions negatives.

A l'article 5.1 de la Directiva 91/271/CEE es disposa que els estats determinaran les zones sensibles segons els criteris establerts, i que serà doncs, una zona amb un tractament més avançat de depuració de les aigües i amb uns requisits d'abocament més restrictius.

Les característiques que la determinen com a zona sensible són les següents:

- Medis d'aigua dolça, que siguen eutròfics o que podrien arribar a ser-ho en un futur pròxim si no s'adopten mesures de protecció.
- Medis que desemboquen en llacs/embassaments/bahies tancades que tinguen un intercanvi d'aigües escàs i en els que, per tant, pot produir-se una acumulació.
- Medis d'aigua dolça que tinguen un intercanvi d'aigües escàs o que reben gran quantitat de nutrients.
- Aigües dolces de superfície destinades a la obtenció d'aigua potable que podrien contenir una concentració de nitrats superior a la que estableixen les disposicions pertinents.
- Zones en les que siga necessari un tractament addicional al establert en l'article 4 per a complir les directives del Consell.

L'àrea de Xeraco és, per tant, una zona determinada com Sensible, i atenant a aquest aspecte, és competència de la Confederació Hidrogràfica del Xúquer (CHX) l'establiment dels valors d'abocament per a aquesta àrea, determinats al **RD 509/1996 de 15 de març, de desenvolupament del RD-llei 11/1995 del 28 de desembre pel que s'estableixen les normes aplicables al tractament d'aigües residuals urbanes**. Concretament a la figura següent (Figura 7 i 8), es mostren els valors establerts a la legislació:

Cuadro 1

Requisitos para los vertidos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas. Se aplicará el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

| Parámetros | Concentración | Porcentaje mínimo de reducción (1) | Método de medida de referencia |
|--|---|--|--|
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO 5 a 20 °C) sin nitrificación (2). | 25 mg/l O ₂ | 70-90 40 de conformidad con el apartado 3 del artículo 5 R.D.L. (3). | Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Determinación antes y después de cinco días de incubación a 20 °C ± 1 °C, en completa oscuridad. Aplicación de un inhibidor de la nitrificación. |
| Demanda química de oxígeno (DQO). | 125 mg/l O ₂ | 75 | Muestra homogeneizada, sin filtrar ni decantar. Dicomato potásico. |
| Total de sólidos en suspensión. | 35 mg/l (4) 35 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) (3). 60 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) (3). | 90 (4) 90 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (más de 10.000 h-e) (3). 70 de conformidad con el apartado 3 del art. 5 R.D.L. (de 2.000 a 10.000 h-e) (3). | Filtración de una muestra representativa a través de una membrana de filtración de 0,45 micras. Secado a 105 °C y pesaje. Centrifugación de una muestra representativa (durante cinco minutos como mínimo, con una aceleración media de 2.800 a 3.200 g), secado a 105 °C y pesaje. |

Figura 7: Requisits d'abocament establerts per la legislació.

A la Figura 7 es mostren els valors establerts d'abocament de paràmetres com DQO, DBO₅ i el SSt, que són iguals tant per zones sensibles com no sensibles.

A la Figura 8 es mostren els valors que sí són més restrictius a les zones sensibles, com el Pt i el Nt; establerts per a Xeraco en 2mg/L per al Fòsfor i en 15 mg/L per al Nitrogen.

Cuadro 2

Requisitos procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas realizadas en zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo en un futuro próximo. Según la situación local, se podrá aplicar uno o los dos parámetros. Se aplicarán el valor de concentración o el porcentaje de reducción.

| Parámetros | Concentración | Porcentaje mínimo de reducción (1) | Método de medida de referencia |
|----------------------|---|------------------------------------|--|
| Fósforo total. | 2 mg/l P (de 10.000 a 100.000 h-e). 1 mg/l P (más de 100.000 h-e). | 80 | Espectrofotometría de absorción molecular. |
| Nitrógeno total (2). | 15 mg/l N (de 10.000 a 100.000 h-e). 10 mg/l N (más de 100.000 h-e) (3). | 70-80 | Espectrofotometría de absorción molecular. |

Figura 8: Requisits d'abocament establerts per la legislació.

Els valors establerts són en base als 12.500 habitants equivalents de la població de Xeraco durant la temporada alta (amb l'augment de la població estival).

4.4.4 Normativa Local:

4.4.4.1 **Plans Generals Estructurals.**

SNU-PE (Sòls no urbanitzables de protecció especial)

Són terrenys que el Pla d'ordenació urbanística municipal classifica com a no urbanitzables i amb un règim especial de protecció, aplicat per la legislació sectorial i pel planejament territorial. Aquesta classificació és com a conseqüència de la necessitat o la conveniència d'evitar la transformació dels terrenys per protegir-ne l'interès connector, natural, agrari, paisatgístic, forestal o d'un altre tipus.

La classificació i qualificació del sòl al terme municipal estudi es mostra a la figura següent:



Figura 9: Qualificació i classificació del terme municipal.

Font: <http://terrasit.gva.es/>

4.5 Característiques de l'aigua a tractar.

A partir de les característiques econòmiques de la zona podem descriure quina serà la qualitat de les aigües residuals a tractar. Com es tracta d'una població on predomina el cultiu de cítric i on trobem algunes indústries dedicades al tractament de fruites, les aigües residuals presentaran alts valors de matèria orgànica i nutrients; provinents habitualment de la neteja de les llars, les defecacions de la població i derivats de les restes dels magatzems de taronja, i presència temporal i periòdica d'elements químics provinents de la neteja dels propis magatzems.

4.6 Elements de l'aigua a tractar.

Els principals elements que es troben a les aigües residuals de la població de Xeraco són els següents i és habitual trobar-los a les següents concentracions mitjanes (Taula 2) en l'aigua d'entrada a la EDAR (Afluent) segons les dades obtingudes als anàlisis realitzats a les instal·lacions de la EDAR convencional:

Taula 2: Valors dels principals paràmetres a l'aigua d'entrada a la EDAR.

| Paràmetres | Afluent |
|---|---------|
| DQO (mg/L) | 250 |
| SS _t – Sòlids en suspensió totals (mg/L) | 135 |
| N _t – Nitrogen total(mg/L) | 42 |
| P _t – Fòsfor total (mg/L) | 9 |
| pH | 8 |
| Conductivitat (µs/cm) | 1.500 |

Tots els elements de la taula anterior són provinents principalment de l'ús de l'aigua per la població, tant a causa de la neteja de les llars (detergents), com per de les defecacions de la població.

Durant una o dues temporades al any, a causa de la neteja de les diferents indústries presents al terme municipal, els nivells d'elements com el lleixiu (**Hipoclorit Sòdic**) augmenten d'una manera prou significativa.

5 METODOLOGIA EMPLEADA.

Aquest estudi consisteix principalment en la realització d'una comparació de dos tipus de EDARs, per a això s'ha agafat de representants les dues EDARs instal·lades al terme de Xeraco. Una és una instal·lació convencional que és la que actualment està en funcionament. L'altra és una planta pilot de fitodepuració instal·lada per la mateixa empresa explotadora de la EDAR convencional, amb la finalitat de realitzar un seguiment i anàlisis setmanals i veure la seva evolució i eficàcia.

Per a realitzar aquesta comparació s'ha fet un seguiment de les EDARs, una descripció de les mateixes i dels seus funcionaments, un anàlisi de les avantatges i desavantatges i, a més, els anàlisis pertinents dels principals paràmetres de qualitat de les aigües en ambdós EDARs durant els mesos de Gener, Febrer i Març del 2016. A la taula següent (Taula 3) es mostra un resum dels paràmetres analitzats i la freqüència d'anàlisi:

Taula 3: Distribució de la freqüència de realització d'anàlisi.

| ACTIVITAT | SETMANAL | MES |
|---|----------|-----|
| Seguiment analític: | | |
| Ph | X | |
| DQO (mg/L) | X | |
| Conductivitat ($\mu\text{s/cm}$) | X | |
| SST (sòlids suspesos totals) (mg/L) | X | |
| Nt (Nitrogen total) (mg/L) | X | |
| NH ₄ ⁺ (Amoni) (mg/L) | | X |
| NO ₃ ⁻ (Nitrats) (mg/L) | | X |
| Pt (Fòsfor total) (mg/L) | X | |

Es de remarcar que aquest estudi s'ha fet durant els mesos gelats, per tant, la EDAR de fitodepuració ha estat en estudiada en les condicions més desfavorables, que repercuteix en una menor capacitat de depuració (al veure's influenciada per l'activitat biològica de les plantes) i tindrà una menor capacitat de depuració. Doncs, s'ha assolit que, la capacitat de depuració serà superior durant la resta de l'any i per tant, els resultats que s'obtidrien serien més satisfactoris. D'altra banda, la EDAR convencional no es veu afectada per aquest aspecte.

La falta de dades és deguda a falta de temps per realitzar un estudi anual, no obstant, per a la comparació que es pretén realitzar s'han obtingut suficients dades.

6 DESCRIPCIÓ DE AMBDÓS EDARS.

Inicialment s'ha realitzat una xicoteta descripció de les característiques, ubicació i sistema de funcionament dels dos tipus de EDARs de l'estudi.

6.1 La planta piloto.

El projecte en concret consisteix en la realització del seguiment tècnic d'una planta piloto de fitodepuració ubicada dins de les pròpies instal·lacions de la EDAR convencional que actualment funciona. Inicialment està pensada per a funcionar aproximadament durant un 1 any i 6 mesos, no obstant resultats només hi ha dels tres mesos de que he realitzat l'estudi. El seguiment consisteix, entre altres, en la realització dels anàlisis pertinents tant a l'entrada com a l'eixida del sistema i control i registre del cabal diari que hi entra.

La planta piloto està situada dins de les instal·lacions de la EDAR convencional de Xeraco. Allí s'ha construït un aiguamoll artificial de tipus "manta flotant", que s'ha desenvolupat sobre dos canals connectats en sèrie on es troben les helòfits (canal d'helòfits) i un tercer canal que conté un fotobiorreactor de microalgues amb biodiscos rotatoris. Amb una capacitat de depuració d'un efluent de 10 m³/dia.

El disseny de la planta piloto.

Està compostat per un sistema híbrid amb dos elements de depuració seqüencials: un filtre de macròfitas en flotació seguit d'un filtre de macroalgues. Que realitzaran les llavors de tractament primari/secundari de l'aigua residuals, eliminació de la matèria orgànica biodegradable i N i P i filtració dels sòlids suspesos.

Els canals d'helòfits, tenen forma de trapezi amb unes mesures de 60 cm de profunditat, 4 metres d'amplària a la superfície i amb el fons a 45 °, amb una longitud de 25 metres cadascun. Amb una capacitat total de 52m² aproximadament i una superfície de plantació de 104 m². A la seua vegada, estan construïts amb blocs de formigó sobre el nivell del sòl de la EDAR de Xeraco.

En ella es troben les macròfitas que són les encarregades de la reducció dels sòlids suspesos totals i la matèria orgànica (DQO). Les plantes inicialment han estat plantades amb una densitat de 10 exemplars/m² i les espècie elegides han sigut la Boga (*Typha dominguensis*) i el Canyís (*Phragmites australis*).

El canal del fotobiorreactor de microalgues (biodiscs rotatoris), està compost per una arqueta de recollida de la biomassa de les microalgues i un canal de 8 metres de longitud i 1,2 m d'amplària, on es disposen de biodiscs en flotació, una arqueta de 1,6 m d'amplària i 0,80 m de longitud, que alberga la roda hidràulica que constitueix el propulsor hidrobàric, i una arqueta de concentració de biomassa algal sedimentada de 0,80 cm de longitud i de 1,20 m d'ample.

Està compost per un conjunt de discs de 98 cm de diàmetre, que giren arrastrats per un eix central paral·lel a la superfície de l'aigua. Els discs s'agrupen en porcions d'eix de 1,5 m connectats en sèrie. Cada eix conté 16 discs separats entre sí per peces cilíndriques de 25 cm de diàmetre i 7,5 cm d'espessor, que a la vegada actuen de flotadors. El conjunt gira en posició perpendicular a la superfície d'un medi aquós sense necessitat de coixinets ni suports mecànics, sustentat per l'empenta de l'aigua.

A mesura que el sistema funciona en un medi aquós contaminat amb elements eutrofitzants, es va desenvolupant sobre els discs una capa de microalgues que acaben formant una pel·lícula anomenada "biofilm".

Per a propulsar-se el conjunt, s'ha construït un sistema format per una roda hidràulica que gira al voltant del seu eix degut al pes de l'aigua que reben els cangilons, proporcionant a l'eix de la roda un motor proporcional al pes de l'aigua i a la projecció horitzontal del radi de gir del centre de gravetat de cada cangiló amb l'aigua (propulsió hidrobàrica). L'eix de gir de la roda es connecta a l'eix d'arrastrat dels biodiscs.

Per l'altre extrem de l'eix, a través d'un embragatge, es pot transmetre el moviment a un caragol sense fi situat al fons del llit aquàtic que té forma de tremuja longitudinal. Aquest cargol sense fi serveix per arrossegar la biomassa que es diposita en el fons de la tremuja fins una arqueta, en la que una bomba submergida la recull i la envia junt amb l'aigua del medi a un tamís en el que es separa del medi aquós.

L'aigua residual procedeix del tractament primari de la EDAR de Xeraco, que suposa un pretractament (tamisatge) i posteriorment pel desarenador/desgreixador. Després, l'aigua circula seguint un recorregut al llarg de tota la instal·lació, inicialment pels canals d'helòfits per passar després al canal de biodiscos. El recorregut és el següent (Figura 10):

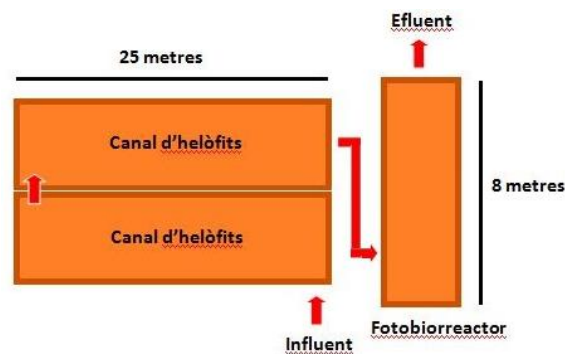


Figura 10: Disseny de la planta pilot.

En principi, aquesta planta "pilot" està dissenyada per a un cabal diari de 10m^3 , estimat aproximadament per a una població d'uns 50 habitants.

6.1.1 Descripció plantes elegides (a l'annex III es fa una descripció més exhaustiva):

El criteri d'elecció de les espècies és clar, són les dues espècies utilitzades per excel·lència en fitodepuració per estar demostrat que tenen gran potencial, són resistents a les característiques de temperatura, salinitat, etc. I a més, són espècies característiques al nostre territori amb gran capacitat d'adaptació i expansió.

Typha sp (Boga).

La forma de la fulla és molt característica, tenint forma cintada, és a dir, extremadament llarga, plana i amb voreres paral·leles, sent la seua nerviació també paral·lela. Les fulles són esponjoses.

La boga és una planta helòfita de climes templats o freds. El rang de temperatures en el que es desenvolupa l'espècie va de 10 a 30 °C. La profunditat de la capa d'aigua en el que creixen les bogues es d' aproximadament 0,5 metres en aiguamolls artificials.

Cicle vegetatiu.

Al finals de la primavera, la planta brota i desenvolupa nombroses fulles noves, gracies en bona part als nutrients i demés compostos emmagatzemats en els rizomes. En estiu, la planta floreix i els fruits, després, maduren aproximadament a finals de l'estiu, època en que la planta torna a emmagatzemar nutrients en els seus rizomes per a assegurar el creixement de la nova generació. A la tardor, la planta emergent es seca.

Aplicació en aiguamolls artificials.

La seua aplicabilitat és molt ampla. Tant com a helòtífis com a plantes arraigades ala grava. Segons estudis, en sistemes d'aiguamolls artificials, s'indica una producció de 13 kg de biomasa seca total per m² i any.

Phragmites australis (Canyís).

Al igual que la *T. Sp.*, el *P. Australis* creix en zones inundades amb el sistema radicular agarrat al fons del aiguamoll, desenvolupant una estructura vegetativa emergent per damunt de la làmina d'aigua.

Les fulles son llargues (20-70 cm) i estretes (1-5 cm) i de color verd grisós durant l'etapa de creixement. El rang de temperatures en el que es desenvolupa la planta va de 12 – 33 °C, sent el rang per a que es produeixca la germinació de 10 – 30 °C. És una planta que pot tolerar elevades concentracions de sales en l'agua, i pot desenvolupar-se en un rang de pH molt ample, de 2 – 8.

Cicle vegetatiu.

La brotació es produeix en Abril, donant lloc a plantons que es desenvolupen i creixen ràpidament. Aproximadament entre Juliol i Setembre es produeix la floració seguida de la formació de llavors. En els mesos d'hivern es produeix la disseminació de les llavors, començant un nou cicle a la següent primavera.

Aplicació en aiguamolls artificials.

El *P. australis* s'utilitza com helòfits en els aiguamolls artificials de manera generalitzada, al ser una espècie robusta i poliforme.

6.1.2 Funcionament de la planta pilot.

Des de l'empresa que ha dut a terme aquest estudi, s'han disposat diferents feines que han estat a càrrec d'una empresa externa contractada:

- Reposició de marres (si moren).
- Segues. (3 voltes a l'any) incloent neteja dels canals.
- Fumigacions. (en cas necessari).
- Reompliment dels canals si es produeix dessecació.

En canvi, la feina realitzada per mi ha estat el seguiment tècnic del projecte, consistent en la realització de un reportatge fotogràfic (a l'annex I es mostren algunes fotografies) per poder observar l'evolució de la cobertura vegetal, així com la realització dels anàlisis setmanals del paràmetres habituals de DQO, SSt, Nt, NH_4^+ , NO_3^- , Pt, pH i Conductivitat.

En quant al funcionament d'aquesta planta pilot, és molt senzill, diàriament entren uns 10m^3 d'aigua que han sofert un pretractament consistent en un tamisatge (que eliminarà els elements més grans i pesats que puga presentar l'aigua residual), i un posterior tractament primari consistent en el pas per un desgreixador/desarenador que eliminarà greixos i arenes en excés, reduint inicialment ja la quantitat de sòlids suspesos.

Un cop l'aigua a tractar arriba al sistema s'expandeix al llarg dels canals d'helòfits, i posteriorment passa al canal de biodiscos, on després serà directament alliberada al medi per un sistema de rebose de l'aigua. A la Figura 10, anteriorment mostrada, es pot observar el recorregut de l'aigua al sistema.

El bombeig de l'aigua d'entrada es fa espaiat en hores i sol introduir-se aigua durant unes 7 hores diàries fins al volum total de 10 m^3 .

El sistema compta amb un temps de retenció hidràulica, atenent a l'equació següent (Eq.1) d'un 11 hores, des de que l'aigua entra al sistema fins que és expulsada al medi.

$$t = \frac{\text{Volum (m}^3\text{)}}{Q \left(\frac{\text{Cabal}}{\text{dia}}\right)} \quad \text{Eq.1}$$

D'altra banda, cal mostrar també les característiques inicials de l'aigua a tractar. A la taula següent (Taula 4) es fa un resum dels principals paràmetres i els seus valors d'entrada, dels que posteriorment es parlarà.

Taula 4: Característiques de l'aigua residual. Valors mitjans d'entrada.

| PARÀMETRE | VALOR MITJANS ENTRADA |
|------------------------------|-----------------------|
| SSt (mg/L) | 135 |
| DQO (mg/L) | 253 |
| pH | 8 |
| Conductivitat (µS/cm) | 1563 |
| Pt (mg/L) | 9 |
| Nt (mg/L) | 43 |

6.1.3 Ubicació.

Aquesta planta piloto s'ha instal·lat dins de les pròpies instal·lacions de la EDAR de Xeraco. La EDAR de Xeraco està instal·lada dins de l'àrea de marjal del propi municipi, com ja s'ha comentat abans. Aquesta àrea està catalogada com a sensible i ZEPA, a més d'estar protegida per la Xarxa Natura 2000. És per això que els límits d'abocament d'aigües depurades queden més restringits que en altres zones, tal i com s'ha indicat abans.

A la figura següent (Figura 11) es mostra la situació exacta de la planta "piloto".



Figura 11: Ubicació de la planta piloto.

6.2 La EDAR convencional.

El sistema de sanejament i depuració d'aquesta població es conforma amb una xarxa de claveguerams que recull l'aigua dels dos nuclis de població en dos bombejos diferents; un per al nucli urbà i altre per al nucli de la platja. Aquests bombejos compten amb un sistema de tamisatge propi i transporten l'aigua directament a la EDAR instal·lada a la zona de marjal de Xeraco.

La instal·lació compta amb un total de 5.000 m² (incloent una zona d'ampliament en cas necessari) i està preparada per a un tractament d'un cabal d'uns 6.000 m³ diaris (aproximadament 18.000 habitants), tot i que el tractament diari durant la època no estival (temporada baixa) és d'uns 1.400 m³. La figura següent (Figura 12) mostra una imatge aèria de l'instal·lació de la EDAR a Xeraco:



Figura 12: Imatge aèria de la instal·lació de la EDAR de Xeraco.
Font: <http://www.epsar.gva.es/instalaciones/edar.aspx?id=252>

Queda separada per dues línies de tractament; línia d'aigua i línia de fangs. A la figura següent (Figura 13), es mostra el diagrama de flux de la EDAR instal·lada a Xeraco:

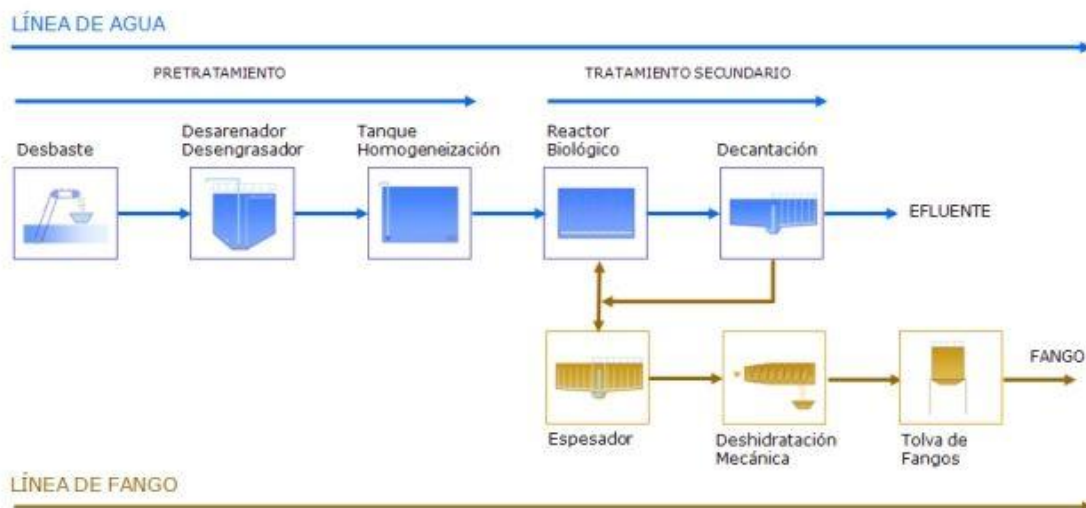


Figura 13: Diagrama de flux del funcionament la EDAR de Xeraco.
Font: <http://www.epsar.gva.es/instalaciones/edar.aspx?id=252>

La línia d'aigua, compta amb:

- Un predesbast (pas de 50 mm) i un tamisatge (pas de 3 mm) en dues línies de tractament separat.
- Doble línia de desarenat - desgreixat amb equips de classificació - llavat d'arenes i concentració de greixos.
- Doble línia de tractament biològic (del que sòl estar en funcionament una) amb nitrificació - desnitrificació i dosificació de clorur fèrric per a l'eliminació de fòsfor.
- Doble línia de decantació secundària (de la qual sòl estar en funcionament una) mitjançant decantadors circulars de rasquetes.
- Sistema de desinfecció de l'aigua tractada (normalment no utilitzat), en laberint per addició de hipoclorit sòdic.

La línia de fangs, compta amb:

- Equips de bombeig del cabal de fangs per a recirculació.
- Espessidor de fangs biològics per gravetat.
- Equips de bombament de fangs espessits a deshidratació.
- Deshidratació de fangs per mitjà de centrífuga.
- Magatzem de fangs deshidratats a sitges de magatzem i posterior transport per empresa externa.

El funcionament de la planta és el següent:

- Des dels bombejos del poble i platja arriben a la planta al voltant de 1.400 m³ diaris d'aigua a tractar. Dins dels bombejos es troba un sistema de tamisatge (Al bombeig – Poble) i un sistema de trituració (Al bombeig – Platja), que preparen l'aigua per a evitar embussos dins dels sistema de canalització cap a la planta depuradora.
- Dins la planta arriben al sistema de pretractament, on trobem dos tamisos que filtren l'aigua i l'envien directament al desarenador/desgreixador, on mitjançant una soplant s'aireja i s'eliminen greixos i arenas que posteriorment es classifiquen i son transportades per una empresa externa per a la posterior eliminació.
- Les aigües passen directament al reactor biològic on es calcula un temps de retenció hidràulica aproximat de 2,6 hores) i que compta amb un sistema de recirculació per afavorir la nitrificació - desnitrificació A l'eixida del reactor biològic, es troba l'addició de clorur fèrric per reduir els nivells de Pt.

- Finalment, una vegada finalitzat el procés de circulació i recirculació del biològic amb la posterior addició del clorur fèrric, l'aigua tractada passa al decantador, on s'eliminaran, com a fase final, els fangs de l'aigua per gravetat.
- Aquests fangs són arreplegats a les arquetes de decantador, tractats i transportats per una empresa externa per a l'ús en agricultura i eliminació.

7 AVANTATGES I DESAVANTATGES D'AMBDÓS EDARs.

Les EDARs de fitodepuració compten amb diversos avantatges front a les convencionals, aquests són més que evidents i suposen:

- Té un important valor (si no el més important) ecològic i ambiental, és a dir, es tracta d'una instal·lació que, encara que té una extensió gran, és natural, afavorint la creació de nous espais naturals en zones de marjal (molt habitualment en perill de desaparició), que inclouen creació de nous ecosistemes que són claus per mantenir l'avifauna tant local com de pas (moltes espècies en perill de desaparició), a més de ser clau per a la recuperació de moltes espècies de flora autòctones en perill de desaparició.
- A més dels beneficis per a la biodiversitat, els aiguamolls, solen aportar beneficis també per a l'espècie humana. Són zones riques en pesca, utilitzades per al cultiu, és un recurs paisatgístic i turístic d'alt valor, són front de protecció contra avingudes i, el més important, funcionen com pulmó verd, és a dir, depuren l'aire i creen una atmosfera més sana i adequada per a la vida.
- A més, l'impacte visual es redueix quasi al 100%; mentre que les instal·lacions de les EDARs convencionals són totalment artificials i comporten un elevat contrast visual, les àrees de fitodepuració s'agreguen completament al paisatge, sent pràcticament invisibles als ulls dels habitants i a canvi, proporcionant unes vistes meravelloses.
- La reducció a més d'un 75% dels costos de manteniment, incloent la reducció del nombre de treballadors i els costos associats a ells.
- Alhora, els costos d'execució d'una instal·lació d'aquestes característiques és molt inferior al cost que suposaria la construcció d'una EDAR convencional adaptada a les mateixes necessitats.
- La reducció de la necessitat d'introduir productes químics (com el Clorur fèrric o el clor) a l'aigua tractada i que pot afectar a la fauna i flora local.

En canvi, com a desavantatges de les EDARs de fitodepuració front a les EDARs convencionals, trobem els següents punts:

- Principalment el major desavantatge que es troba a les EDARs de fitodepuració és la gran quantitat d'espai que necessita, per exemple, a aquesta mateixa proposta, la EDAR convencional consta d'una superfície d'un 5.000m², en canvi, la EDAR de fitodepuració adaptada a les mateixes necessitats necessitarà d'un 2,9 hectàrees (29.000 m²). No obstant cal destacar de nou

la qualitat de cadascuna de les instal·lacions (un àrea naturalitzada front un àrea que ha estat construïda i cimentada).

- La reducció de la necessitat de personal podria afectar a l'economia local i general, perquè és cert que es reduirien els llocs de treball.
- Com es tracta d'un sistema que està viu, és notablement susceptible a sofrir alteracions que afecten a la eficàcia del sistema produïdes per la meteorologia, fauna i flora (tant autòctona com invasora), tals com destrucció d'exemplars, mort, crema, etc... Amb una EDAR convencional, al ser un sistema artificial de depuració, el procés està protegit de certs riscos (meteorològics i biològics), en canvi tenen riscos d'incendis elèctrics.
- L'eficàcia pot veure's afectada a les diferents èpoques de l'any per el propi sistema biològic de les plantes tot i que està pensat per a mantenir una eficàcia més o menys equilibrada anualment.
- L'últim dels desavantatges, i pot ser el més important, és la necessitat de seguir estudiant aquests tipus de EDARs, que podrien ser el futur en quant a la depuració de les aigües residuals de xicotetes i mitjanes poblacions, per poder subsanar les deficiències que per norma tenen sempre aquestes.

8 LA REALITZACIÓ DELS ANÀLISIS.

S'han realitzat, durant el mateix període de temps (gener, febrer i març del 2016) els anàlisis de ambdós EDARs, aquesta ha sigut la feina primordial durant els mesos de l'estudi. Amb això, s'ha pogut realitzar un anàlisi dels valors d'entrada i d'eixida a la EDAR convencional i dels diferents punts de la EDAR de fitodepuració.

Abans d'analitzar els resultats obtinguts, caldrà contemplar quins són els valors límit que s'estableixen determinats al **RD 509/1996 de 15 de març, de desenvolupament del RD-llei 11/1995 del 28 de desembre pel que s'estableixen les normes aplicables al tractament d'aigües residuals urbanes** per a una zona d'aquestes característiques i que són els mostrats a la taula 5:

Taula 5: Valors límits establerts per la legislació.

| PARÀMETRE | VALOR LÍMIT | UNITAT |
|-----------------------|-------------|--------|
| SSt (mg/L) | 60 | mg/L |
| DQO (mg/L) | 125 | mg/L |
| pH | 6,5-9 | - |
| Conductivitat (µs/cm) | 3000 | µS/cm |
| Pt (mg/L) | 2 | mg/L |
| Nt (mg/L) | 15 | mg/L |

Tots els resultats obtinguts durant els anàlisis es troben a l'annex II. Per a analitzar més detingudament els resultats, es treballa amb els valors mitjans obtinguts.

8.1 Anàlisi de la planta pilot.

La taula següent (Taula 6) mostra una mitjana de tots els valors obtinguts per a cada paràmetre durant els tres mesos de l'estudi. També, s'ha afegit el % de reducció dels valors des de l'entrada a l'eixida i si compleix o no amb la legislació anteriorment citada.

| | Canal Entrada | Entre Canals | Canal Eixida | Eixida Biodiscos | % reducció | Compleix? |
|-------------------------------------|---------------|--------------|--------------|------------------|------------|-----------|
| pH | 7,9 | 8,2 | 8,2 | 8,8 | - | Si |
| Conductivitat (µs/cm) | 1563 | 1465 | 1450 | 1788 | - | Si |
| SSt (mg/L) | 134 | 19 | 11 | 6 | 95,46 | Si |
| DQO (mg/L) | 253,4 | 165,0 | 77,5 | 52,4 | 79,32 | Si |
| Nt (mg/L) | 42,7 | 47,9 | 41,8 | 11,7 | 72,60 | Si |
| Pt (mg/L) | 9,6 | 9,0 | 4,8 | 3,1 | 67,71 | No |
| NO ₃ ⁻ (mg/L) | 1,100 | 0,341 | 0,400 | 14,600 | -1227,27 | - |
| NH ₄ ⁺ (mg/L) | 17,10 | 23,43 | 18,50 | 0,50 | 97,08 | - |

Taula 6: Valors mitjans dels paràmetres obtinguts a la planta pilot.

En un primer colp de vista s'observa que els paràmetres generalment entren dins dels límits establerts. En el cas del pH i la Conductivitat s'observa un lleuger augment que en res afecta al compliment de la normativa. D'altra banda, els valors de DQO, SSt, i Nt, compleixen lo establert en la legislació per lo que es pot dir que en aquests paràmetres la fitodepuració és efectiva.

El fòsfor és l'únic paràmetre que no compleix. Atenent al **RD 509/1996 de 15 de març, de desenvolupament del RD-llei 11/1995 del 28 de desembre pel que s'estableixen les normes aplicables al tractament d'aigües residuals urbanes.**, aquest problema és degut principalment a la restricció més pronunciada dels límits per a aquest element, influenciada per les característiques i figures de protecció de la zona d'abocament.

Trobem també que els percentatges de reducció són, generalment, prou elevats, tots per damunt del 50%. No obstant això, com s'ha comprovat al cas del fòsfor, no suposa que la reducció siga sempre eficaç i adequada per al posterior abocament al medi.

Però si analitzem detingudament cadascun dels paràmetres trobem el següent:

❖ El pH.

El pH (Figura 14), sofreix una lleugera elevació al llarg del procés, no és molt elevada i compleix igualment amb els límits establerts entre 6,5 i 9.

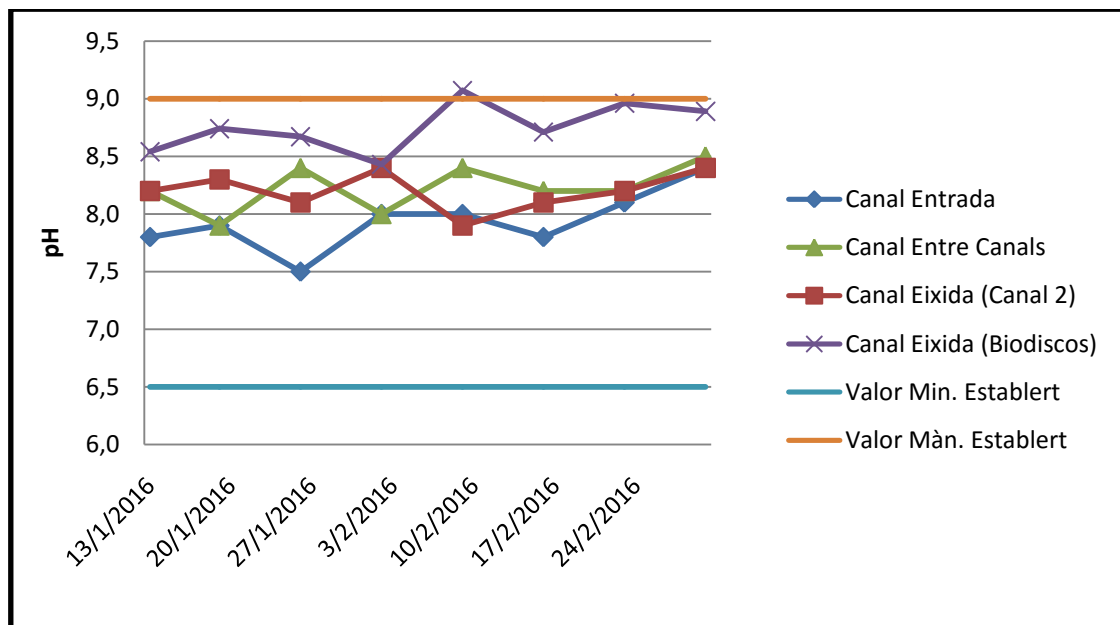


Figura 14: Evolució del pH al durant la fitodepuració.

Aquest augment del pH, es veu que està més pronunciat al canal del fotobiorreactor, per tant, és degut al procés natural fotosintètic de fixació del CO₂ realitzat per les microalgues, que provoca un augment gradual del pH en el medi degut a l'acumulació d'ions OH⁻. No obstant, això promou la eliminació del nitrogen en forma d'amoníac a l'atmosfera.

❖ La Conductivitat.

La evolució de la conductivitat s'observa a la següent gràfica (Figura 15). En ella es veu que als canals d'helòfits es redueix progressivament el valor, no obstant, al fotobiorreactor s'eleva de nou donant lloc a un valor superior al d'entrada.

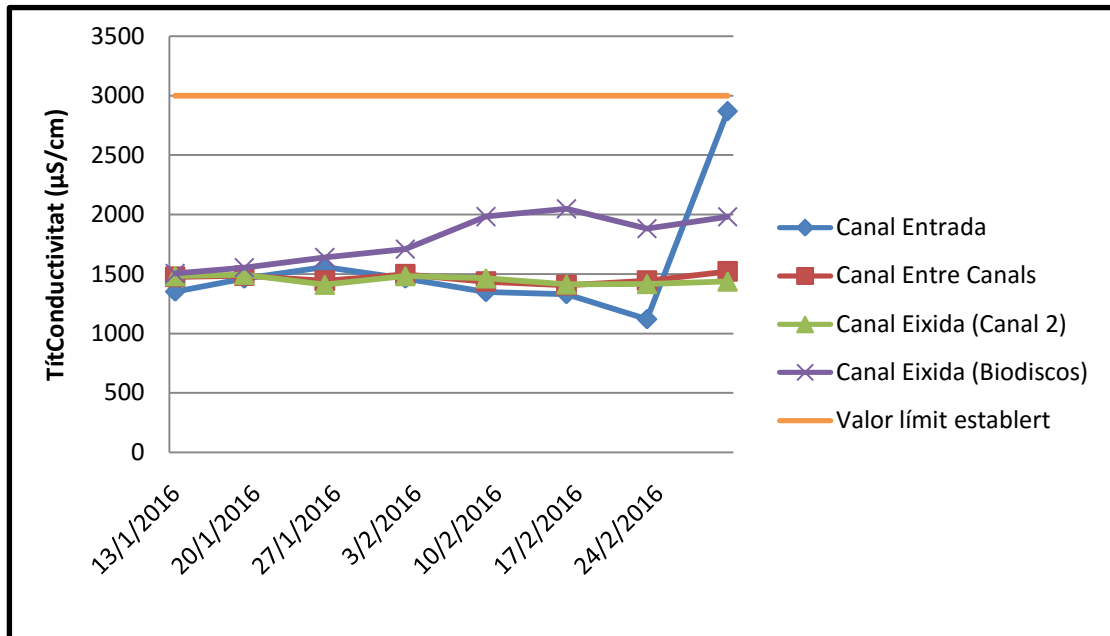


Figura 15: Evolució de la conductivitat durant la fitodepuració.

S'observa també que les variacions en els canals d'helòfits és completament menyspreable. És a dir, als canals de macròfites no es produeix un augment ni reducció dels nivells de conductivitat, sinó que permaneixen més o menys estables amb xicotetes variacions. És al canal del fotobiorreactor on es produeix un augment de la conductivitat.

❖ Els sòlids suspesos totals (SSt).

En quant als sòlids suspesos totals (SSt) trobem el següent (Figura 16). La reducció és més que eficient als canals d'helòfits, el seu percentatge de reducció és del 96%, per tant, per a la reducció d'aquest paràmetre els sistemes de fitodepuració són més que eficients.

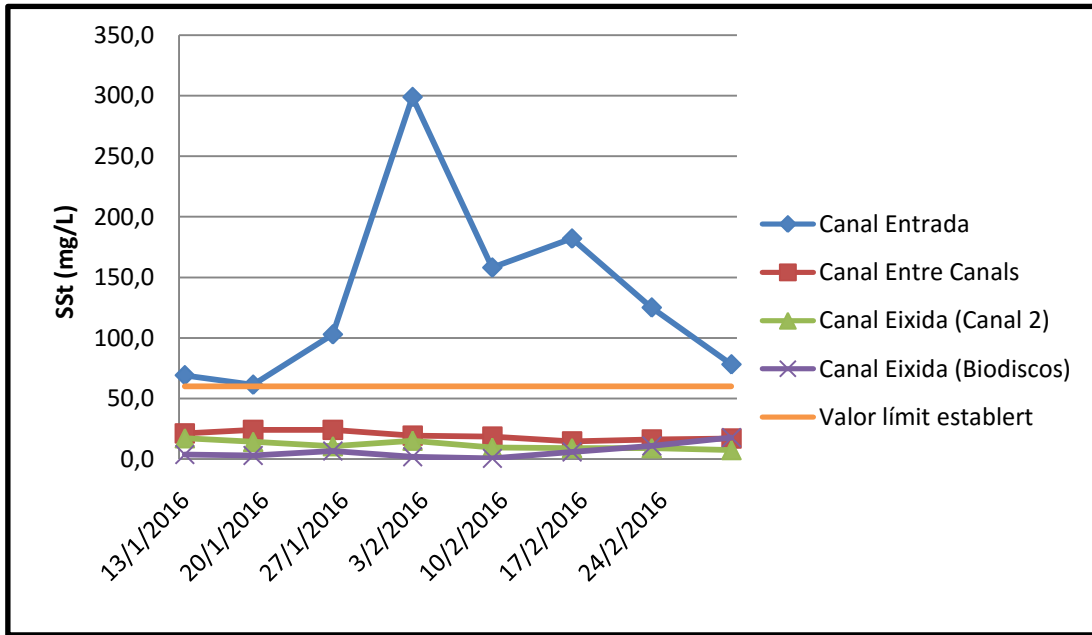


Figura 16: Variació dels sòlids suspesos totals durant la fitodepuració.

En aquests tipus de EDARs, la reducció dels SSt és produïda per les macròfites que, filtren i sedimenten els sòlids, eliminant-los de l'aigua i afegint-se al sòl en forma de biomassa.

❖ La demanda química d'oxigen (DQO).

La variació de la DQO també és molt positiva als canals d'helòfits. Com s'observa a la figura següent (Figura 17), és essencial el funcionament dels dos canals d'helòfites per a reduir amb aquesta eficàcia la matèria orgànica de l'aigua residual. Normalment, els dos canals d'helòfites són igual d'efectives per a la reducció de la DQO.

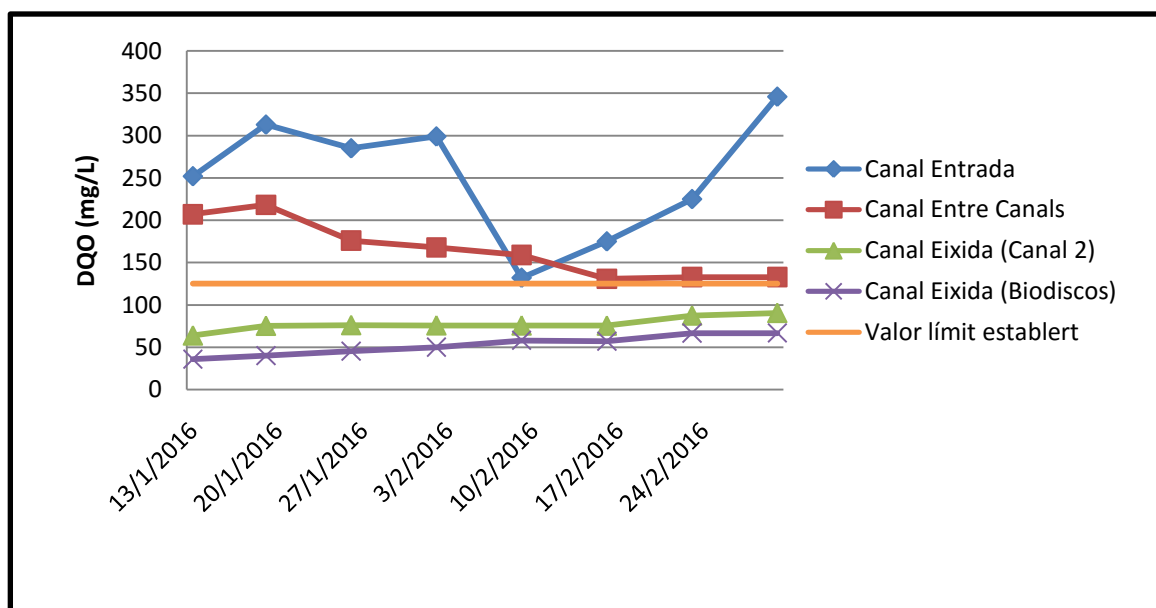


Figura 17: Variació de la DQO durant la fitodepuració.

Al sistema es redueixen els valors de DQO mitjançant la capacitat de les macròfitas de degradar la matèria orgànica a partir d'un conjunt de microorganismes facultatius que venen associats a les seves arrels i en alguns casos al fons de la llacuna.

❖ El Nitrogen total (Nt).

El nitrogen total es veu realment reduït al canal del fotobiorreactor, tal i com s'observa a la figura següent (Figura 18). Durant el pas de l'aigua pels canals de les macròfitas realment no es redueix el nitrogen, de fet hi ha un comportament anormal en que durant el pas pel primer canal es produeix un augment generalitzat dels valors de Nt i al segon canal es tornen a reduir lleugerament. El resultat final dins dels canals d'helòfits és un augment del valor del Nt. Aquest valor ve influenciat per l'augment de l'amoni.

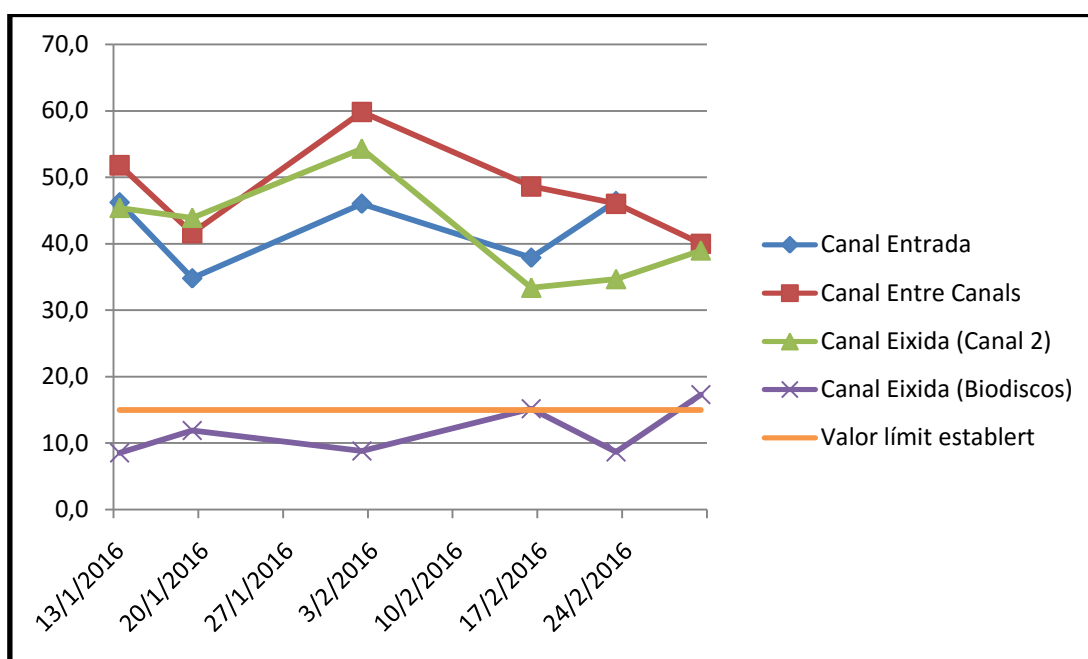


Figura 18: Variació del nitrogen total durant la fitodepuració.

Com s'observa, els valors no estan molt per damunt dels establerts per la legislació. Però, el sistema de depuració per helòfits no és adequat per a reduir els valors de Nt.

El Nitrogen total es troba a l'aigua residual en forma d'amoni, nitrats, nitrogen orgànic i nitrits. Aquests últims són menyspreables per tenir uns valors molt aproximats a 0.

Existeixen diferents processos mitjançant els quals les macròfitas redueixen el Nt aquests són els biològics, principalment per assimilació al seu metabolisme, fixació del nitrogen, amonificació, nitrificació i desnitrificació. Però també existeix la possibilitat de que es redueixca mitjançant processos físics de filtració, interceptió, floculació i sedimentació, encara que normalment és per a la fracció orgànica del nitrogen.

Si s'observa la variació dels components del nitrogen total dels quals tenim resultats, es veu que el NO_3^- (Figura 19) es veu reduït quasi al 100% dins de primer canal d'helòfits, de manera que per a reduir aquest paràmetre no caldria tenir el segon canal. No obstant, donat que aporta altres beneficis, és un potenciador dels efectes sobre els NO_3^- .

No obstant, hi ha un augment desmesurat produït durant el canal del fotobiorreactor, que està produït per les bacteries autòtrofes que viuen al mateix, que redueixen l'amoni oxidant-lo a nitrits i posteriorment a nitrats. Açò dona lloc a una eutrofització de l'aigua al fotobiorreactor.

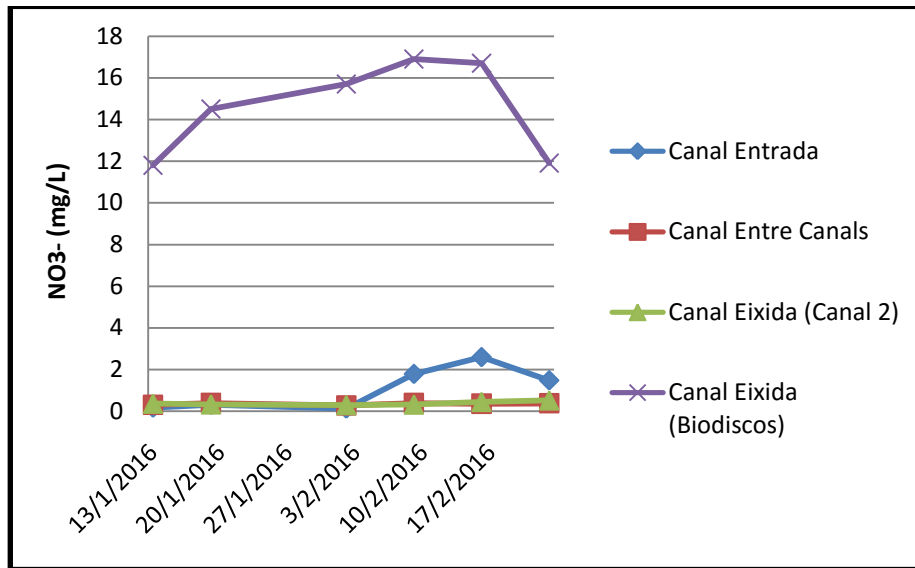


Figura 19: Variació dels nitrats durant la fitodepuració.

L'altre paràmetre del que es tenen resultats és l'amoni (NH_4^+), i la seva evolució és la que es mostra a la gràfica següent (Figura 20).

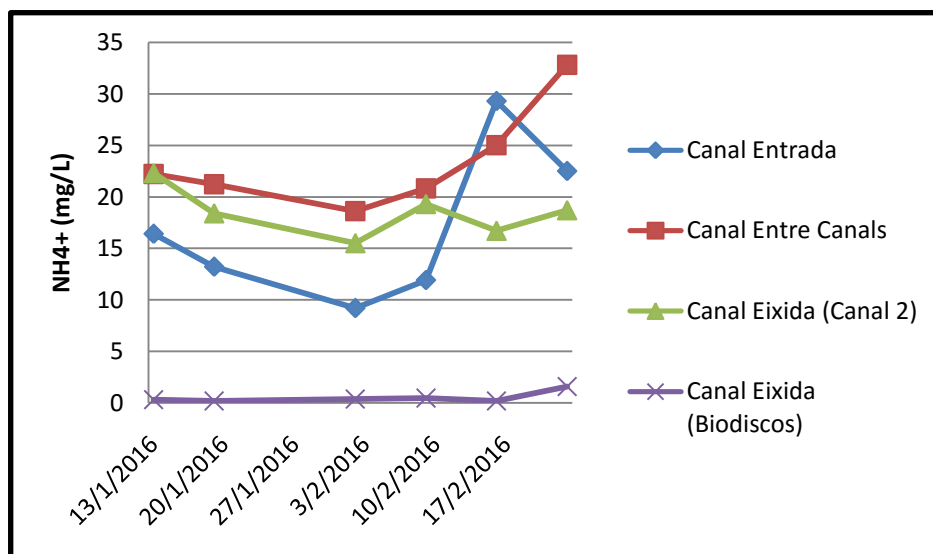


Figura 20: Variació de l'amoni durant la fitodepuració.

Contràriament al que passa amb els nitrats, l'evolució que s'observa és l'augment dels valors d'amoni als canals de macròfites i una posterior reducció quasi al 100% dins del canal del fotobiorreactor. És per tant, feina de les bactèries autòtrofes la reducció dels valors d'amoni, causant un augment de la nitrificació durant el procés.

Per visualitzar millor les variacions dels components del nitrogen, la següent taula mostra els valors mitjans obtinguts durant l'estudi tant de l'amoni com dels nitrats. (Taula 7).

Taula 7: Valors mitjans de l' NH_4^+ i NO_3^- .

| | Entrada | Entrecanals | Eixida Canal | Eixida Biodiscos |
|------------------------|---------|-------------|--------------|------------------|
| NO_3^- (mg/L) | 1,07 | 0,34 | 0,38 | 14,58 |
| NH_4^+ (mg/L) | 17,08 | 23,43 | 18,48 | 0,51 |

Es produeix una reducció dels nitrats al canal de macròfites, com ja s'ha mencionat abans, sols al primer canal es redueix la totalitat i no caldria tenir un segon canal.

En quant a l'amoni, el que ocorre és el contrari, es produeix una reducció molt eficaç al canal del fotobiorreactor però d'aquesta reacció es produeix una nitrificació molt elevada que provoca la eutrofització del canal del fotobiorreactor.

La nitrificació és la oxidació prolongada, en condicions aeròbiques, del líquid mescla (aigua residual) després de l'eliminació de la matèria orgànica. És realitzada per bactèries autòtrofes.

❖ Fòsfor total (Pt).

L'últim dels paràmetres que queda per analitzar és el fòsfor. Aquest paràmetre no compleix en cap moment els límits establerts, no obstant anem a observar quin és el seu comportament.

A la figura següent (Figura 21), es pot observar com si que es produeix una reducció dels valors a partir del segon canal d'helòfits. I al primer canal es veu un comportament desigual que eleva un poc els valors per a reduir-se posteriorment.

El canal del fotobiorreactor també redueix els valors de fòsfor de manera significativa, no obstant segueix sense ser suficient per a que els valors entren en lo establert en la legislació.

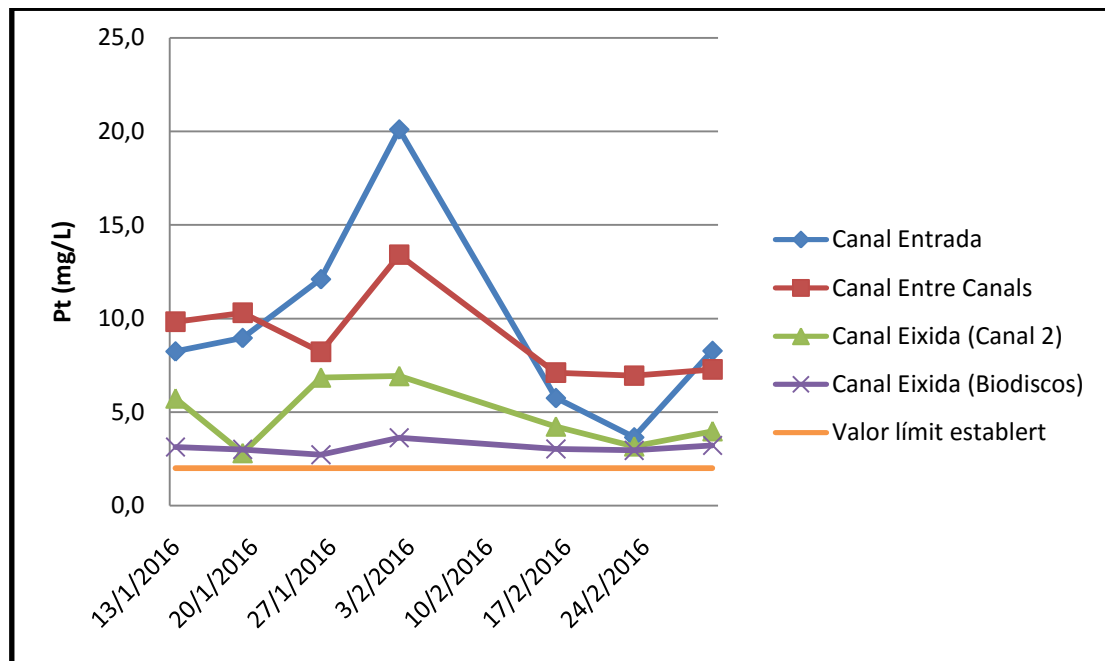


Figura 21: Variació del fòsfor total durant la fitodepuració.

Tot i que no es compleixen els límits, existeix una reducció generalitzada dels valors i, aquesta és deguda a un procés físic-químic de sedimentació al fons del aiguamoll i a més, per al fòsfor soluble existeixen processos de adsorció/absorció, solubilització, precipitació, etc. Que podria ser potenciada per assegurar la correcta eliminació d'aquest paràmetre.

8.1.1 Discussió dels resultats obtinguts.

Segons Brix *et al.* (1997, citat per Martelo *et al.* 2000) i Fernández (2000, citat per Martelo *et al.* 2000) els sistemes de fitodepuració combinats, com és el cas de l'estudi, utilitzen tres mecanismes principals per a que es produeixca la depuració de contaminants són:

- Filtració i sedimentació de sòlids.
- Incorporació de nutrients en plantes i posterior collita.
- Degradació de la matèria orgànica per un conjunt de microorganismes facultatius associats a les arrels de les plantes i en el fons de les llacunes.

En primer lloc les macròfites poden exercir funcions de desbast, retenint els sòlids grossos arrastrats per l'aigua residual. També, per actuar de barrera física per al flux d'aigua residual, redueixen la velocitat del influent, lo que afavoreix la floculació i sedimentació de les partícules en suspensió. Per tant, és més que efectiu en reducció dels nivells de sòlids suspesos totals.

D'altra banda, trobem també els processos actius de la vegetació, que consisteix en que les parts de la planta que estan en contacte amb l'influent, actuen com a suport passiu de microorganismes i creen en les seves proximitats ambients afavoridors per al desenvolupament dels mateixos. Aquests són els que degraden la matèria orgànica present en l'aigua residual. Son doncs, efectius per a la reducció de la càrrega orgànica contaminant.

El pH mostra una elevació generalitzada que es deu a un procés fotosintètic natural de fixació del CO₂, que repercuteix en una elevació del pH (que no és significativa ja que no supera els límits establerts), però afavoreix també la reducció de l'amoni per alliberació a l'atmosfera.

La nitrificació és el resultat derivat de la reducció de l'amoni i és el procés que es produeix per excel·lència al canal de biodiscos. Consisteix en la conversió biològica del NH₄⁺ per part de microorganismes aerobis nitrificants, situats, en aquest cas en biopel·lícules submergides. El procés es realitza en dues fases, la primera és la oxidació de l'amoni a nitrit, i després, la oxidació del nitrit a nitrat. D'altra banda, la desnitrificació es produeix als canals d'helòfits mitjançant un procés biològic de amonitzificació.

8.2 Anàlisi de la EDAR convencional de Xeraco.

Els valors que s'han obtingut dels anàlisis realitzats a la EDAR convencional de Xeraco durant els mateixos mesos de l'estudi són els que es mostren a la taula següent (Taula 8):

Taula 8: Valors dels principals paràmetres obtinguts a la EDAR de Xeraco.

| DATA | ENTRADA | | | | | | EIXIDA | | | | | |
|-----------|---------|---------------|-----|-----|------|------|--------|---------------|-----|------|-----|-----|
| | pH | Conductivitat | SSt | DQO | Nt | Pt | pH | Conductivitat | SSt | DQO | Nt | Pt |
| 14/1/2016 | 9,0 | 1386 | 69 | 264 | 37,1 | 6,8 | 8,2 | 1214 | 18 | 26,6 | 7,1 | 1,9 |
| 21/1/2016 | 8,8 | 1359 | 62 | 180 | 27,0 | 4,8 | 8,2 | 1270 | 6,4 | 39,6 | 7,7 | 1,8 |
| 3/2/2016 | 8,8 | 1503 | 103 | 268 | 77,7 | 8,7 | 7,9 | 1242 | 5,6 | 31,3 | 6,9 | 1,2 |
| 9/2/2016 | 8,2 | 1355 | 47 | 152 | 39,4 | 3,3 | 7,5 | 1242 | 20 | 30,2 | 9,2 | 1,9 |
| 18/2/2016 | 9,0 | 1502 | 158 | 343 | 15,3 | 10,1 | 7,8 | 1246 | 7,6 | 26,9 | - | 0,6 |
| 22/2/2016 | 8,6 | 1364 | 184 | 349 | 60,8 | 6,3 | 7,3 | 1310 | 19 | 34,2 | 7,2 | 0,9 |
| 2/3/2016 | 9,0 | 1754 | 129 | 228 | 73,6 | 6,4 | 8,2 | 1978 | 7,6 | 19,9 | 6,9 | 0,3 |
| 10/3/2016 | 9,0 | 1210 | 158 | 273 | 55,7 | 7,0 | 8,0 | 1208 | 7,6 | 23,4 | 9,3 | 1,3 |

Si es comparen els valors d'eixida amb els límits establerts a la legislació (Taula 4), s'observa com tots els valors compleixen perfectament, així i tot, els valors de Pt són lleugerament alts en alguns anàlisis.

Els valors d'amoni i nitrats obtinguts, que són menys, són els següents (Taula 9):

Taula 9: Valors d'amoni i nitrats obtinguts a l'entrada i a l'eixida de la EDAR convencional.

| DATA | ENTRADA | | EIXIDA | |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ |
| 21/1/2016 | 16,50 | 0,961 | 3,03 | 0,528 |
| 9/2/2016 | 18,00 | 0,909 | 2,84 | 0,605 |
| 22/2/2016 | 48,90 | 0,542 | 3,31 | 0,596 |

En tots els resultats obtinguts s'observa que la reducció és molt efectiva i els valors estan tots dins dels límits establerts. No cal mencionar que és les EDARs convencionals són el sistema utilitzat per excel·lència a causa de tenir una eficàcia més que provada per a qualsevol tipus d'aigua residual.

8.3 Comparació d'ambdós EDARs.

La EDAR convencional és l'activitat que s'usa per excel·lència per a depurar aigües residuals urbanes, és el procediment més efectiu tot i ser costós tant en explotació com en construcció i manteniment.

No obstant, tot i que els resultats que s'han obtingut de la planta de fitodepuració han estat esperançadors, no són suficient per a poder implantar en una població real d'aquestes característiques i que siga autosuficient. Cal mencionar que ja hi ha avui dia instal·lades plantes depuradores de fitodepuració de xicotetes dimensions que funcionen per a la depuració de les aigües urbanes, de poblacions rurals i sense indústries majoritàriament.

Els resultats obtinguts per als paràmetres de pH, Conductivitat, DQO i SSt són prou pareguts entre ambdós EDARs (excepte en algun moment puntual), per tant, en aquests aspectes pot ser comparable l'eficàcia de les EDARs de fitodepuració amb l'eficàcia de una EDAR convencional.

D'altra banda, els resultats que s'obtenen dels paràmetres de Nt i Pt no són gens satisfactoris. Concretament el fòsfor no compleix amb la legislació en cap dels anàlisis i aquest és un element que essencialment s'ha d'eliminar per evitar problemes d'eutrofització al medi. No obstant, la reducció dels nivells és clara i molt afavoridora. Ajustant en alguns punts podria arribar a ser satisfactòria.

El Nitrogen total està compostat per amoni (NH₄⁺), Nitrats (NO₃⁻), Nitrits (NO₂) i Nitrogen orgànic. Els nitrats són menyspreables ja que tenen valors molt menuts a les aigües residuals (no s'han fet més que un o dos anàlisis), i a partir de la següent equació (Eq. 2) i els resultats obtinguts, s'ha extret que hi ha una gran quantitat de nitrogen orgànic al sistema de fitodepuració.

A continuació es mostra la mitjana de nitrogen orgànic que es troba a l'aigua al canal de les helòfites, calculat a partir de l'equació anterior i considerant les mitjanes següents:

$$N_t = 41,8 \text{ mg/L.} \quad NH_4^+ = 18,5 \text{ mg/L} \quad NO_3^- = 0,4 \text{ mg/L} \quad NO_2 = \text{menyspreable (0) mg/L}$$

$$41,8 \text{ mg/L} = 0,4 \text{ mg/L} + 14,6 \text{ mg/L} + 0 \text{ mg/L} + N.Org.$$

$$N.Org = 41,8 - 14,6 + 0,4$$

$$N.Org = 28,6 \text{ mg/L}$$

Per tant, els canals d'helòfites tenen la mitat de la càrrega de Nitrogen en forma de nitrogen orgànic. Aquest és fàcil d'eliminar per les macròfites que el fixen i l'adquireixen al seu metabolisme.

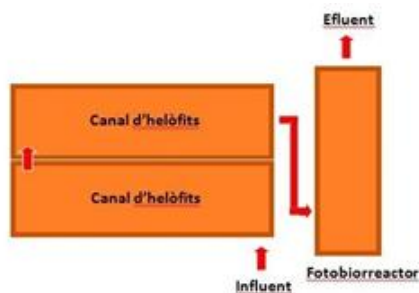
La conclusió que es pot extraure d'aquesta xicoteta comparació és que en general, els valors de la EDAR de fitodepuració són prou semblants als de la EDAR convencional, no obstant, hi ha lleugeres variacions que no afavoreixen a la EDAR de fitodepuració i que cal seguir ajustant per aconseguir uns resultats completament satisfactoris.

9 PROPOSTES DE MILLORA I ALTERNATIVES EN LA PLANTA PILOTO.

Per a reduir en els punts on el sistema de fitodepuració no compleix correctament amb els valors establerts per la legislació, es proposen una sèrie de mesures que modifiquen lleugerament el sistema actual i podrien millorar els resultats:

- a) S'ha descobert que és el fotobiorreactor el que fa elevar els nivells de NO_3^- a l'aigua problema, per tant, el sistema de circulació de l'aigua a la planta pilot no és el correcte. La proposta és la reordenació de la circulació de l'aigua com es mostra a les imatges següents (Figura 12):

Abans:



Després:

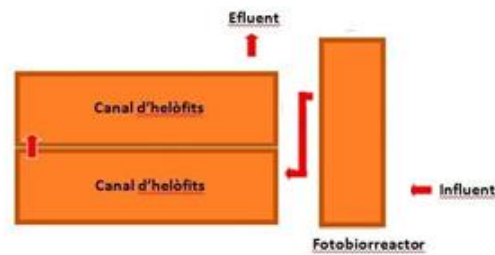


Figura 12: Esquema de la planta pilot original i la proposta realitzada.

Es tracta de en volta de introduir l'aigua al sistema directament pels canals d'helòfits, que s'introdueixca primer al canal del fotobiorreactor, i després es circule cap al primer dels canals d'helòfits per a eixir directament al medi. D'aquesta manera, els nivells NO_3^- augmentaran a l'entrada al sistema i posteriorment s'eliminaran més eficaçment als canals d'helòfits.

- b) Envoltat al mateix problema de la elevació dels nitrats al fotobiorreactor, altra proposta és afegir al sistema una recirculació, de manera que una volta l'aigua ha passat pel fotobiorreactor, es reintrodueixca al primer canal d'helòfits altra vegada i ixca després des del segon canal d'helòfits. La imatge següent (Figura 13) mostra el sistema més o menys que quedaria:

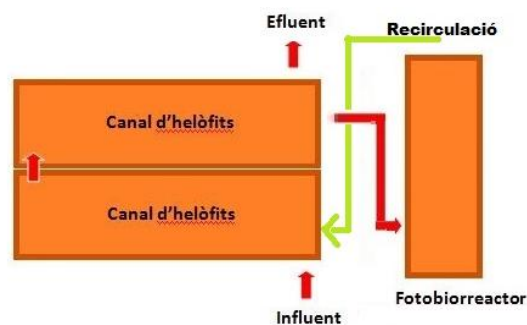


Figura 13: Esquema de la proposta 2.

Amb aquest sistema, s'augmentarà el temps de retenció hidràulica al sistema, augmentant així l'eficàcia de depuració (però no serà el doble d'efectiva perquè no és lineal) i concretament la reducció dels nitrats, ja que com s'ha observat anteriorment, només és efectiu el primer canal d'helòfits en reducció del nitrats.

L'altra proposta suggerida va encaminada a intentar incloure la possibilitat de eliminar l'ús del fotobiorreactor, aconseguint, els seus efectes, en altres espècies de flora. Per a intentar igualar els efectes del mateix, es proposa el canvi de la flora utilitzada tant en espècies com en densitat. Seria el següent:

- a) Com els resultats són positius però no sempre són els esperats per a l'abocament, es proposa també l'augment de la densitat de plantes per m², d'aquesta manera, al augmentar el volum de 10 exemplars per m², per exemple, a 20, la capacitat de depuració augmentarà. L'augment de la densitat a 20 exemplars per m² és una estimació orientativa, sense cap fonament justificat, però si s'augmenta el volum de plantes, augmentarà la l'efectivitat.
- b) A més de les dues espècies ja instal·lades a la planta pilot (Boga – *Typha dominguensis* i Canyís - *Phragmites australis*), es proposa introduir al sistema una espècie nova. Es tracta del lliri groc (*Iris pseudacorus*), molt comú al territori valencià.
El primer canal d'helòfits seguiria igual i al segon canal s'introduiria aquesta nova espècie.

La *iris pseudacorus* o lliri groc és una planta de fulla perenne que posseeix un rizoma carnós i d'una mida d'entre 40 i 100 cm. Les fulles són de color verd grisós i amb una amplada de 1 a 3 cm. Les flors són grans, grogues i vistoses, de 8 a 10 cm de diàmetre disposades en ramells.

El seu cicle vital es du a terme, preferentment, en els mesos de primavera-estiu, a partir del rizoma horitzontal. Aproximadament entre Març i abril es produeix la floració, seguida de la formació de les càpsules amb les llavors. El creixement en els mesos d'hivern es veu rellentitzat, fins al començament del nou cicle, en la primavera.

Tenen gran capacitat en especial de reducció de l'amoni, demostrat a alguns estudis (alguns ja mencionat a l'evolució històrica), però no obstant, no és una planta especialment utilitzada en fitodepuració. (A l'annex III es fa una descripció més exhaustiva).

D'altra banda, els criteris per establir quina distribució de la flora és l'adequada per al sistema de fitodepuració ha estat la dificultat per reduir els nivells dels diferents elements que es troben a l'aigua sense tractar.

Existeixen nombrosos estudis arreu del món, els quals alguns ja s'han mencionat anteriorment (evolució històrica), on es demostra la eficàcia que poden tenir aquestes plantes i la seua combinació al medi natural. Les tres espècies elegides han demostrat tenir fortes influències en reducció dels nivells dels elements contaminants que presenten les aigües residuals "problema", no obstant, aquesta combinació

concreta s'ha realitzat amb la finalitat de potencia la eficàcia de la depuració al llarg de l'any.

Com es mostra a la figura següent (Figura 14), amb la combinació de les tres plantes elegides, al llarg de pràcticament tot l'any, tindrem una de les tres espècies (si no totes) en plena activitat biològica, de manera que la seua efectivitat serà màxima. A més, aquestes tres espècies conviuen perfectament i són habituals al clima mediterrani.

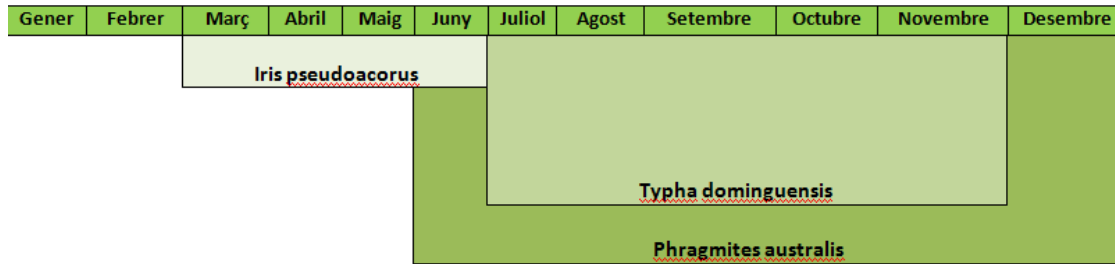


Figura 14: esquema de l'època de major activitat biològica de les espècies elegides.

10 CONCLUSIONS.

Com s'ha explicat anteriorment, existeixen nombrosos avantatges i desavantatges que diferencien els dos tipus de EDARs que s'han estudiat a aquest treball. Alguns afavoreixen les EDARs convencionals i d'altres a les EDARs de fitodepuració, però de totes aquestes diferències i en base als beneficis ambientals que les últimes aporten, s'ha extret la importància de instal·lar i canviar en un futur pròxim algunes EDARs convencionals per EDARs de fitodepuració, no obstant, a favor de les EDARs convencionals s'ha de mencionar que tenen una eficàcia molt elevada i que, no es veuen molt influenciades pel tamany de la població a tractar, per tant, és possible la seva instal·lació per a poblacions grans, al contrari que les EDARs de fitodepuració que estan preparades sols per a poblacions xicotetes. Per exemple, s'ha mencionat anteriorment, que per a una població d'aquestes característiques caldria com a mínim 2,9 hectàrees de terreny, és a dir, 29.000 m², front a la EDAR instal·lada actualment que compta amb una superfície de 5.000 m² i està dissenyada per poder ampliar-se en cas necessari.

La efectivitat de les EDARs de fitodepuració, estan fortament influenciades per les característiques de l'aigua a tractar, és a dir, la implantació de una EDAR d'aquest tipus haurà de ser previ estudi de l'aigua de la zona a tractar, on es deu ajustar el tipus de flora als elements que vaja a tenir l'aigua residual, és a dir, la quantitat de matèria orgànica, pH, conductivitat, Nt, Pt, presència de metalls, etc.

Globalment, s'ha pogut comprovar la eficàcia en la reducció de sòlids suspesos totals i la reducció de la DQO dins dels canals d'helòfits, el que és una notícia més que positiva i important per al futur desenvolupament d'aquestes EDARs.

En quant a una eficàcia anual, veiem que la reducció de la DQO i els SSt està relacionada directament amb l'activitat biològica de la flora que utilitzem. Com aquest estudi s'ha realitzat a la època de menor activitat biològica de les plantes, es podria assumir que durant la resta de l'any els resultats seran també satisfactoris.

Finalment, s'ha demostrat que es pot aconseguir una eficàcia molt elevada de depuració amb aquests tipus de EDARs; que suposa la combinació dels canals d'helòfits amb el canal de biodiscos amb microalgues. També, els resultats no han sigut els esperats tot i que s'observa que realment existeix la possibilitat de depurar completament les aigües mitjançant aquest sistema. Així doncs, després de les conclusions extretes d'aquesta comparació, les EDARs convencionals segueixen a la vanguardia en temes de depuració d'aigües residuals.

S'han realitzat algunes propostes de millora que podrien solucionar alguns dels problemes que ha tingut la planta de fitodepuració. De totes maneres, aquestes propostes s'han fet en base als resultats obtinguts i no han estat demostrades. S'hauria de dur a terme cadascuna de elles i realitzar un seguiment igual que a la planta actual i comparar per veure els resultats.

Avui dia, ja es troben implantades aquestes tipus de EDARs en algunes àrees i poblacions menudes, habitualment rurals, i amb aquest estudi, que s'ha realitzat comparant una xicoteta planta pilot que està adaptada a una població mínima de 50 habitants i una EDAR convencional, s'ha pogut visualitzar un poc més l'eficàcia de podria tenir concretament al nostre territori una EDAR amb aquestes característiques. Això sí, després de tot l'estudi realitzat; tant anàlisis com mostreig i investigació, he arribat a una conclusió molt clara, i és que tot i els nombrosos estudis que existeixen relacionats amb aquest tema, avui dia segueix necessitant urgentment d'investigació per poder solucionar definitivament els problemes que suposen la reducció de certs paràmetres. També dir que a diferents zones o diferents estudis on s'ha realitzat algun experiment paregut, els paràmetres problemàtics solen ser els mateixos (NH_4^+ , NO_3^- i Pt), per tant, les investigacions deuen recaure principalment en aquests aspectes.

També existeixen nombrosos estudis que demostren la eficàcia de certes espècies de plantes que tenen la capacitat de reduir els elements que redueix el fotobiorreactor, per lo que es parla de la possibilitat de la creació d'aiguamolls artificials que puguen depurar les aigües de una població real sense la necessitat d'implantar un fotobiorreactor. Creant amb això paratges naturals tan necessitats com són els aiguamolls a les nostres costes.

Tot i els avantatges que aporten les EDARs de fitodepuració, no podem negar que la solució als problemes de contaminació de les nostres aigües està encara lligada a les EDARs convencionals. De tal manera que potser la millor forma d'enfocar l'evolució de la depuració d'aigües cap a un futur més sostenible no siga enfocar-la a la construcció de la major quantitat d'aiguamolls artificials possibles, sino encarar-la cap a una combinació d'ambdós tipus de EDARs per reduir els principals desavantatges de les EDARs convencionals (costos energètics i d'explotació) i encarar aquesta necessitat bàsica per a la població (la depuració de les aigües) cap a un futur lo més sostenible possible.

De fet, al nostre territori, avui dia existeixen tres aiguamolls artificials que, encara que no fan funció directa de depuració sinó de tractament terciari de les aigües depurades de la EDAR de Sueca i de l'aigua de l'Albufera, són un gran exemple de l'efectivitat i la necessitat de rodejar-nos d'aquests paratges. Són el Tancat de la Pipa, el Tancat de Milia i el Tancat de L'Illa. Situats a l'albufera de València. A l'annex IV es fa una descripció detallada dels mateixos i les seves funcions.

11 BIBLIOGRAFIA.

ALCOCEBA GÓMEZ, A. (2014) Memoria proyecto innovación tecnológica. Fitodepuración de aguas residuales. ELEC NOR.

ALL-GAS. (2012). Consulta 5 de Setembre 2016. Disponible en: <http://www.all-gas.eu/Pages/default.aspx>

AST-INGENIERIA (2016). "Aplicaciones de las microalgas: Estado de la técnica. Malgas." Consulta 6 de Setembre 2016. Disponible en: <http://www.ast-ingenieria.com/guia-malgas-1>.

AQUALIA (2012). Consulta 5 de Setembre 2016: Disponible en: <http://www.aqualia.es/aqualia/index.html>

ARGOS. (2012). "Espacios naturales protegidos/Xeraco-2016" Consulta 5 de Setembre 2016. Disponible en: http://www.argos.gva.es/bdmun/pls/argos_mun/DMEDB_MUNDATOSESPNATURALES.DibujaPagina?aNMunId=46143&aVLengua=c

BIXQUERT ARIÑO, F..J. (2013) Estudio de la vegetación en el humedal artificial Tancat de la Pipa y en el filtro verde V-30: Determinación de la biomasa vegetal y su contenido nutritivo.

BLUE WATER SOLUTIONS. (2013). Consulta 6 de Setembre 2016. Disponible en: <http://www.bluewatersolutions.es/es/index.html>

BRIX, H (1997). *Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?* Science and Technology, 35(5):11-18

CASTAÑEDA VILLANUEVA, A., FLORES LÓPEZ, H. (2007) Tratamiento de aguas residuales domésticas mediante plantas macrófitas típicas en Los Altos de Jalisco, México. Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad, "El incremento de la productividad y competitividad en México: Innovación, conocimiento y desarrollo". Año 3, núm. 5, septiembre 2013 - febrero 2014.

CONFEDERACIÓ HIDROGRÀFICA DEL XÚQUER. (2010). "Agua" Consulta 07 de Juliol del 2016 Disponible en: http://www.chj.es/es-es/medioambiente/Paginas/Medio_ambiente.aspx

CIENCIAS MARINAS UVIGO (2010). "Fitodepuración en humedales. Conceptos generales." Capítol 5. Consulta 5 de Setembre 2016. Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%205.pdf

EPSAR (2016). "Instalaciones - Instalaciones en servicio – EDARs". Consulta el 15 de Juliol del 2016. Disponible en: <http://www.epsar.gva.es/instalaciones/edar.aspx?id=252>.

ESPAÑA (1995). Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. Boletín oficial del estado «BOE» núm. 312, de 30 de diciembre de 1995, páginas 37517 a 37519.

FERNANDEZ, J., BEASCOECHA, E.M. (2000). *Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación*.

GUIA EMPRESAS UNIVERSIA. (2016). "Localidad- Xeraco". Consulta e 16 de Juliol del 2016. Disponible en <http://guiaempresas.universia.es/localidad/XERACO-VALENCIA/?qPagina=1>

ROCA, G., ALCOVERRO, T., DE TORRES, M., MANZANERA, M., MARTÍNEZ-CREGO, B., BENNET, S., FARINA, S., PÉREZ, M., ROMERO, J. (2015). Detecting water quality improvement along the Catalán coast (Spain) using stress-specific biochemical seagrass indicators. *Ecological Indicators*, 54: 161-170.

HUDDLESTON, G.M., GILLESPIE, W.B. and RODGERS, J.H. (2000). Using constructed wetlands to treat biochemical oxygen demand and ammonia associated with a refinery effluent. *Ecotoxicol Environ Safety* 45: 188-193.

iAGUA (2013). "El proyecto All-gas obtiene las primeras cosechas de algas destinadas a bioenergía". Consulta 5 de Setembre 2016. Disponible en: <http://www.iagua.es/noticias/aqualia/13/08/11/el-proyecto-all-gas-obtiene-las-primeras-cosechas-de-algas-destinadas-bioenergia-34489>.

LAHORRA, A. (2003). Depuración de aguas residuales mediante humedales artificiales: la EDAR de Los Gallardos (Almería). Paracuellos, M. (ed.). Ecología, manejo y conservación de los humedales, pp. 99-112. Colección actas, 49. Instituto de Estudios Almerienses (Diputación de Almería). Almería.

LIFE- ALBUFERA. (2016) "Depurando el agua con Humedales artificiales" Consulta el 07 de Juliol del 2016. Disponible en: <http://www.lifealbufera.org/index.php/es/humedales-artificiales/depurando-agua-con-humedales-artificiales>.

LÓPEZ, F. (2012). Investigadores malagueños prueban el uso de algas para depurar residuos, hacer cosméticos y ser uno de los alimentos del futuro y una fuente de energía como biomasa. (Grupo de investigación FYBOA). Departamento de Ecología de la UMA.

MARTELO, J., LARA-BORRERO, J.A. (2012). Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales; una revisión del estado del arte, Ingeniería y Ciencia, ing. cienc. ISSN 1794–9165 Volumen 8, número 15, enero-junio de 2012, páginas 221–243.

OTTO, S., GROFFMAN, P.M., FINDLAY, S.E. ARREOLA, A.E. (1999). Invasive plant species and microbial processes in a tidal freshwater marsh. J. Environ. Qual. 28: 1252-1257.

PÉREZ-OLMEDILLA, M., ROJO, C. (2000). Función depuradora de los humedales I: una revisión bibliográfica sobre el papel de las macrófitas. Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva. Universitat de València. IV(14):15-119.

RIBEYRE, F. BOUDOU, A. (1994). Experimental study of inorganic and methylmercury bioaccumulation by four species of freshwater rooted macrophytes from water and sediment contamination sources. Ecotoxicol Environ Safety 28 (3): 270-286.

RIUS, M. (2011). "¿Salvarán al mundo las algas?" Disponible en: Lavanguardia.com <http://www.lavanguardia.com/estilos-de-vida/20110812/54197123174/salvaran-al-mundo-las-algas.html#>

ROMERO-AGUILAR M., COLÍN-CRUZ A., SÁNCHEZ-SALINAS E., ORTIZ-HERNÁNDEZ ML. (2009) Wastewater treatment by an artificial wetlands pilot system: evaluation of the organic charge removal. Rev. Int. Contam. Ambient 25(3): 157-167.

SANDOVAL, M., CELIS, J., JUNOD, J. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Theoria*. 14: 17-25.

SIMMONDS, M. A. (1979). Tertiary treatment with aquatic macrophytes. *Prog. Water Technol.* 11: 507-518.

WOLVERTONE BC., MC DONALD RC. (1979) Water hyacins (*Eichornia crassipes*) productivity and harvesting studies. *Econ Bor* 22(1): 1-10.

WOLVERTONE BC., MC DONALD RC. (1975) Bio-conversion of Water Hyacinths Into Methane Gas.

XERACO. (2010). "Xeraco - Localidad": Ajuntament de Xeraco. Consulta 07 de Juliol del 2016. Disponible en:
http://www.xeraco.eu/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=16&Itemid=19&lang=es.