

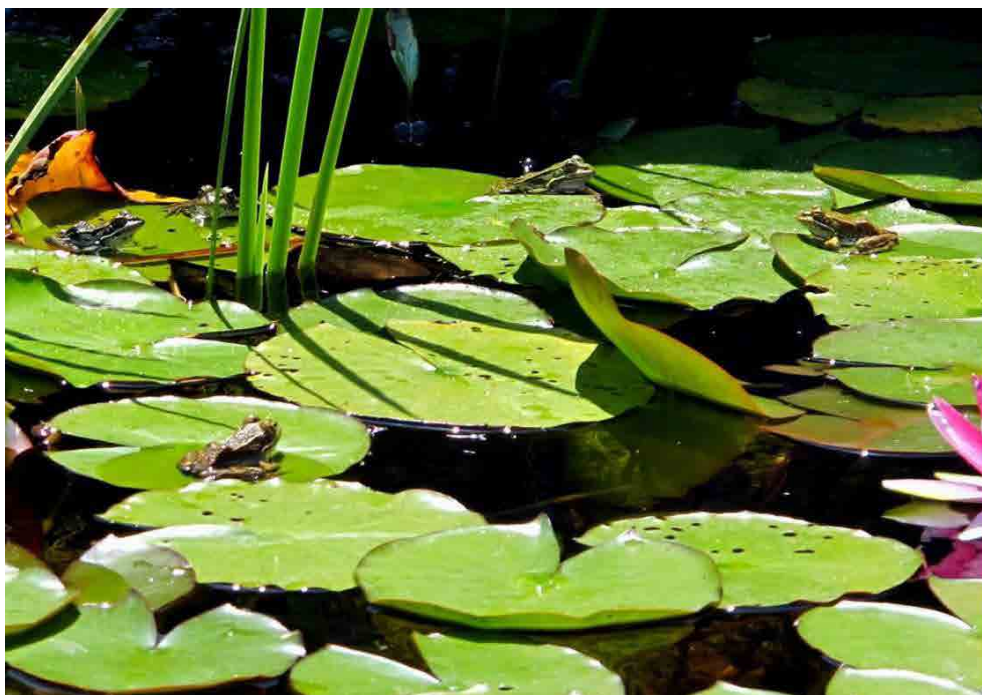


UNIVERSITAT^{DE}
BARCELONA

La biodiversitat a les basses naturalitzades de Barcelona. La seva gestió afavoreix o disminueix les poblacions de mosquits?

Treball final de Màster

Màster universitari d'Ecologia, Gestió i Restauració del Medi Natural
Departament d'Ecologia
Universitat de Barcelona



Autora: Mònica Navarro Turmo

Turmo Tutor UB: Narcís Prat i Fornells

Director: Sergi Garcia Rodríguez

Grup de recerca: Associació Galanthus

Data de presentació: 03/10/2017

Agraïments

Mai són suficients els agraïments que cal fer a totes aquelles persones que d'una manera o una altra han donat la seva empenta, tant durant el procés de preparació d'aquest treball com durant tot el màster.

D'entrada m'agradaria donar les gràcies al tutor, Narcís Prat, per compartir la seva saviesa durant tot aquest procés. També al meu director, Sergi Garcia, per haver confiat en mi i sobretot per la seva amistat.

També agrair als meus companys de mostreig, Guillem Pascual i Pau Fortuño, per fer d'ecòlegs urbans i compartir els seus coneixements amb mi. A Tomás Montalvo i Rubén Bueno per ajudar-me en l'abans desconegut món de la classificació dels culícids. A Miguel Alonso per compartir el seu temps i la seva passió pels microinvertebrats. A Octavi Borrueal per donar el suport necessari perquè aquest estudi fos possible. A Ricard Martín d'Oxygastra, per la seva col·laboració en el reconeixement dels odonats. A Iraima Verkaik i Miguel Cañedo, per donar consells i idees per la realització d'aquest treball. Als companys de màster Mariano, Cristina i, especialment, a les companyes de laboratori amb qui hem compartit tantes hores de feina i xocolata: Simona i Priscila.

Gràcies i ànims als doctorands que s'interessaven per la nostra feina: Daniel, Marta, Sandra, Mirto, etc.

A Joana, Marc i Dago que amb la seva experiència també han col·laborat durant aquest procés.

A la meva família, Nick, Albert i la que vindrà, per haver suportat les meves absències i esgotament durant tot aquest màster.

Al meu pare, per no poder veure aquest i altres moments importants de la meva vida.

A tots,

Gràcies

CONTINGUTS

1. INTRODUCCIÓ	5
1.1. Les fonts i les basses urbanes com ecosistemes aquàtics	5
1.2. Basses naturalitzades urbanes. El cas de Barcelona	6
1.3. Els culícids a les basses urbanes de Barcelona i la seva gestió.	6
1.4. La bassa naturalitzada, una aliada contra les poblacions de culícids?	7
2. OBJECTIUS	8
3. ZONA D'ESTUDI	9
4. METODOLOGIA	11
4.1. Variables ambientals	11
4.2. Mostratge i identificació de les mostres	11
4.2.1. Estudi del zoobentos	11
4.2.2. Identificació dels invertebrats	12
4.3. Anàlisi estadístic	12
5. RESULTATS	14
5.1. Variables ambientals	14
5.2. La comunitat de macroinvertebrats	15
5.3. Relació entre les comunitats de macroinvertebrats i les característiques de l'ambient.	16
6. DISCUSSIÓ	20
7. CONCLUSIONS:	24
8. BIBLIOGRAFIA	26
9. ANNEXOS	29

Abstract

Barcelona's naturalised ponds are aquatic ecosystems of an anthropogenic origin that increase the local biodiversity of the landscape. Although they are governed by a management protocol, their location, physical characteristics and aesthetic nature mean they are managed in diverse ways. In consequence, the disturbances they suffer affects the quality of naturalisation. Some ponds have higher numbers of Culicidae, while in others they are never present. What are the factors that cause these differences? How can we prevent mosquitoes breeding in these environments?

This paper examines five naturalised ponds in Barcelona, analysing the environmental, biological and environmental conditions that they experience in order to propose a management method to prevent the proliferation of Culicidae in these ecosystems and reduce the use of insecticidal treatments.

Resum

Les basses naturalitzades de Barcelona són ecosistemes aquàtics d'origen antropogènic que augmenten la biodiversitat local del paisatge. Tot i que tenen un protocol de gestió, la seva ubicació, característiques físiques o condicionants estètics, fan que la gestió sigui diversa i, en conseqüència, les pertorbacions que pateixen condicionen la qualitat d'aquesta naturalització. Algunes mostren una tendència a la presència de Culicidae, i altres mai en tenen. Quins són els condicionants que provoquen aquestes diferències? Com podem evitar el desenvolupament dels mosquits en aquests ambients?

Aquest treball examina cinc basses naturalitzades de Barcelona, analitzant els condicionants ambientals, biològics i les pertorbacions que pateixen per proposar un mètode de gestió per evitar la proliferació de culícids en aquests ecosistemes i reduir la utilització de tractaments insecticides.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Les fonts i les basses urbanes com ecosistemes aquàtics

Tradicionalment, petits elements del paisatge, com és el cas de les basses, o masses d'aigua de dimensions reduïdes, han estat considerats com hàbitats que contenen una biodiversitat insignificant en comparació amb altres hàbitats més grans, rius i llacs (Céréghino et al. 2008). Malgrat això, encara que moltes basses a escala individual poden contenir relativament poques espècies (biodiversitat α), aquests ambients en conjunt disposen d'una enorme diversitat pel que fa a condicions biòtiques i abiòtiques. La diversitat d'hàbitats crea una biodiversitat concomitant en comunitats ecològiques (biodiversitat β) que, per la seva part, dóna lloc a una major aportació en l'àmbit de la biodiversitat local (biodiversitat γ) que no pas la de les zones humides que poden ser més homogènies (Oertli et al. 2002 & Davies et al. 2008). A més d'això, les masses d'aigua actuen com xarxes de petits hàbitats que també representen *stepping stones*, facilitant la mobilitat d'espècies a través del paisatge (Hassall 2014).

Darrerament, són varis els estudis que s'han fet en referència al potencial refugi de fauna que tenen les masses d'aigua d'origen antropogènic (Chester & Robson, 2013). A l'Estat espanyol s'han analitzat principalment estructures que havien estat dissenyades per a usos agrícoles i ramaders, com canals de rec (Gómez & Araujo, 2008), arrossars (Sánchez-Guzmán et al., 2007, Picazo et al., 2010) i abeuradors per al bestiar (García-González & García-Vázquez, 2011) que han estat colonitzats de manera natural en ambients rurals. En comparació són pocs els estudis que s'han realitzat, fins i tot a escala mundial, de la capacitat de les basses o fonts urbanes com a potencials hàbitats de gran valor per a la biodiversitat local (Chester & Robson, 2013). La majoria dels estudis s'han centrat en la forma en què les variables ecològiques i terrestres o la química de l'aigua afecten la biodiversitat dels estanys (Biggs et al., 2005; Lamy, 2013; Oertli et al., 2002). Tot i això, hi ha una manca de coneixement sobre com la funció prevista i la gestió de les basses determinen la biodiversitat de les ciutats (Biggs et al., 2005, Hassall et al., 2011).

Les basses urbanes poden tenir funcions primàries diferents, per exemple, el tractament de l'escolament urbà, el manteniment de la biodiversitat o la millora estètica de l'espai (Hassall, 2014). Cada funció pot incloure tipus específics d'activitats de gestió que influeixen en la vegetació i fauna de les basses.

1.2. Basses naturalitzades urbanes. El cas de Barcelona

Des de l'Ajuntament de Barcelona fa anys que es vol potenciar la biodiversitat urbana amb la naturalització de basses a parcs i jardins. La ciutat proporciona una gran varietat de tipologies relacionades amb la mida, la ubicació, i el grau de naturalització. En l'actualitat hi ha una vuitantena de basses i fonts ornamentals que segueixen un programa de naturalització per afavorir l'autoregulació d'aquestes mitjançant la seva fauna i flora, i al mateix temps, potenciant la biodiversitat (Punsola & Borruel, 2016). Per a més informació veure idees bàsiques de la naturalització de les basses barcelonines a l'Annex 7.

Des del 2014 existeix el *Protocol de manteniment de les Fonts Naturalitzades gestionades per la UTE Manteniment Fonts Barcelona II* que informa de la correcta gestió de les fonts i basses naturalitzades que es troben a la ciutat de Barcelona. Per altra banda, és important recordar que les basses actuen no només com a contenidors de biodiversitat, sinó que proporcionen diferents serveis ecosistèmics, com un espai per a la conservació d'espècies en perill (Williams et al 2004) o també poden estar relacionades amb l'estat de benestar i salut de la població (Lee 2011).

1.3. Els culícids a les basses urbanes de Barcelona i la seva gestió.

Les masses d'aigua sempre han representat un focus de reproducció de mosquits. Els mosquits pertanyen a la família dels culícids, dins l'ordre dels dípters. Són insectes que es desenvolupen a l'aigua (larva i pupa) i, per tant, els punts de cria es troben en aigua estancada (Agència de Salut Pública de Catalunya. 2015).

L'últim cas de malària autòctona a l'Estat espanyol va tenir lloc en 1961 i va ser eradicada totalment al 1964 (Lopez et al. 1999). Però anualment apareixen nous casos importats degut principalment a immigrants i turistes. Tant la globalització com la facilitat de transport i el canvi climàtic, són factors que poden afavorir la colonització d'espècies transmissores. Per altra banda, en 2004 es va produir l'arribada d'una nova espècie de culícid a Catalunya (Bueno & Jiménez 2012), l'*Aedes albopictus*, comunament anomenat mosquit tigre, que representa una amenaça a causa de ser un vector d'arbovirosis (virus transmesos per artròpodes) com Dengue, Zika o Chikungunya. De fet, el 2016 es van confirmar 44 casos d'infeccions amb ZIKV (virus de la Zika) a residents de Barcelona (González et al. 2017), i el naixement del primer nadó nascut amb microcefàlia d'una mare infectada amb el virus (Millet et al. 2017).

Rere la diagnosi dels primers casos importats d'arbovirosis a la nostra ciutat, es va establir un protocol d'actuació a Catalunya (Agència de Salut Pública de

Catalunya. 2015). En aquest escrit es recomana que les actuacions s'han de basar en el control integrat de plagues, de manera que es combinin les mesures preventives amb mesures de control físic, mecànic i biològic prioritàriament i, en cas necessari, de control químic. L'actuació més efectiva és evitar el creixement de les larves aquàtiques dels mosquits. Dins de les mesures preventives, s'efectuen deteccions i revisions periòdiques de llocs susceptibles per a mantenir en condicions higienicosanitàries correctes les basses i els estanys. Es preveu la utilització d'un tractament plaguicida en cas de ser necessari.

A la ciutat de Barcelona es fa servir un insecticida granulat (VectoBac® G) amb un ingredient actiu d'origen bacterià, *Bacillus thuringiensis israeliensis* (BTi). Aquest producte és considerat com biològic gràcies a la seva especificitat vers els dípters.

1.4. La bassa naturalitzada, una aliada contra les poblacions de culícids?

Les larves d'anurs que es poden trobar a les basses són un sistema natural control de les larves de mosquit?

Estudis realitzats per Mokany & Shine (2002 i 2003) van observar com determinades espècies d'amfibis mostraven una interferència i afectació en el desenvolupament de larves de culícids. També s'han efectuat estudis sobre la competència natural que exerceixen les poblacions de microcrustacis, com Cladocera o Copepoda (Kroeger, et al. 2013 i 2014), o d'odonats (Fincke et al. 1997). Per altra banda, la toxicitat del BTi pot disminuir ràpidament en ambients on existeix una elevada quantitat de matèria orgànica (Tetreau et al. 2012) i s'ha detectat que pot afectar a les poblacions de microcrustacis en ambients naturals com l'Albufera de València (Olmo et al. 2016).

A les basses naturalitzades de Barcelona es detecta, a escala observacional, una menor proliferació de culícids. Tot i això, quan s'adverteix la presència de culícids es realitza el tractament bacterià amb BTi. Però, és necessari aquesta gestió que reben les basses o poden autoregular-se? S'observa una diferent proliferació dels culícids amb els diferents tipus de gestió de les basses? Com afecten els tractaments insecticides a la qualitat ecològica de la bassa?

Per últim, és interessant destacar que les poblacions de mosquits no només afecten la salut dels habitants, també suposen un empitjorament de la qualitat de vida, a causa de la intensa activitat hematofàgia d'aquests insectes, i la possibilitat d'un impacte negatiu a l'economia per l'afectació del turisme (Bueno-Marí, 2017).

2. OBJECTIUS

- i. Contribuir al coneixement de la biodiversitat i l'ecologia de les basses urbanes de Barcelona.
- ii. Conèixer quina és la relació entre la presència i abundància dels culícids i el grau de naturalització de la bassa durant el temps d'estudi.
- iii. Analitzar els efectes que tenen els diferents tractaments a les basses (neteges, insecticides, etc.) amb la presència de culícids i altres artròpodes a les basses estudiades.
- iv. Proposar una gestió adequada a les basses naturalitzades de Barcelona que a la vegada serveixi per a controlar les poblacions de culícids.

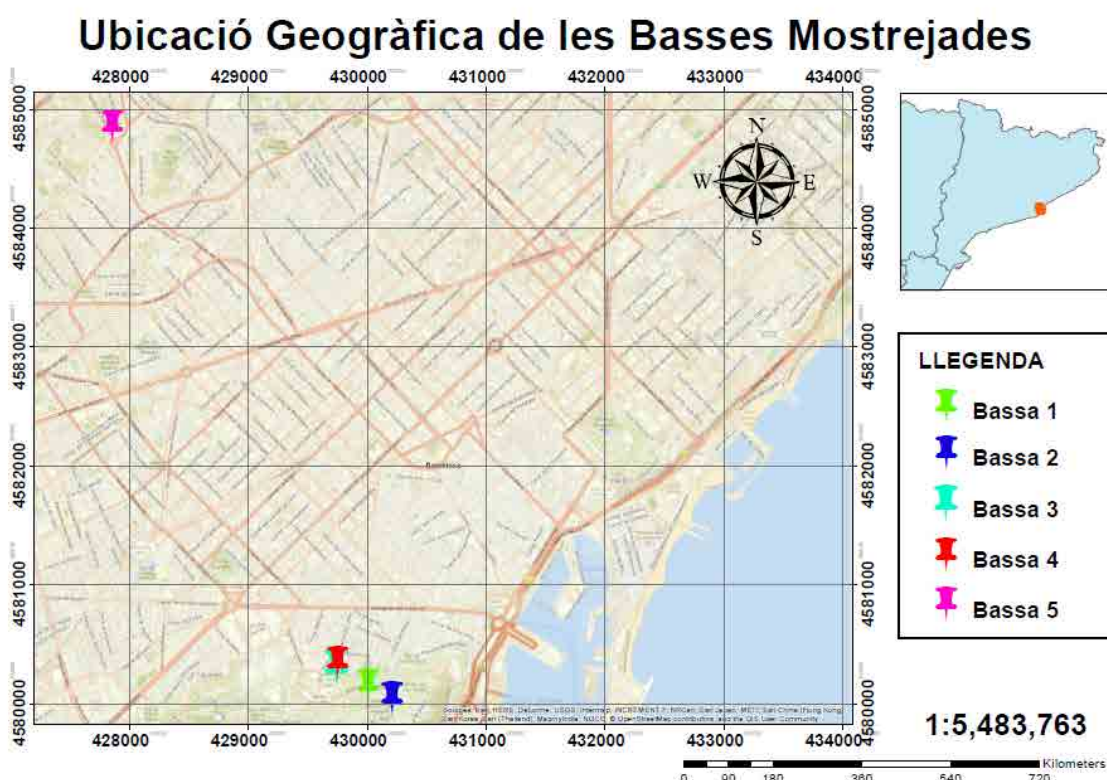
Les nostres hipòtesis són:

- i. Les basses naturalitzades ofereixen un hàbitat hostil per als culícids a causa de la depredació i a la competència, directa i indirecta, amb altres invertebrats i amfibis.
- ii. Els tractaments de neteja poden afavorir l'aparició de comunitats de culícids oportunistes tot eliminant els seus depredadors i competidors.
- iii. Les comunitats d'invertebrats més complexes oferiran un hàbitat amb menys capacitat d'oportunitats de colonització de supervivència de les larves de culícids.

3. ZONA D'ESTUDI

L'estudi es va portar a terme a cinc basses de la ciutat de Barcelona (Figura 1 i Annex 1). Una al Parc de la Tamarita a Sant Gervasi, i quatre a Montjuïc, d'aquestes, dues als Jardins del Teatre Grec, una als Jardins de Mossèn Cinto Verdaguer i una al Viver Municipal Tres Pins (Taula 1).

Figura 1. Localització a Barcelona de les basses que formen part d'aquest estudi.



Taula 1. Basses analitzades durant aquest estudi. Codi de les mostres: P: Primavera, E: Estiu, T: Tardor i H: Hivern.

Codi de la bassa	Nom de la bassa	Zona	Codi de mostres
1	Viver Tres Pins	Montjuïc	1P, 1E, 1T i 1H
2	Jardins de Mossèn Cinto Verdaguer	Montjuïc	2P, 2E, 2T i 2H
3	Bassa circular Jardins Teatre Grec	Montjuïc	3P, 3E, 3T i 3H
4	Bassa quadrada Jardins Teatre Grec	Montjuïc	4P, 4E, 4T i 4H
5	La Tamarita	Sant Gervasi	5P, 5E, 5T i 5H

Les cinc basses naturalitzades del present estudi tenen una superfície dura de formigó i pedra (veure Annex 2 amb les fitxes de cada bassa). Aquestes reben diferents tipus de gestió depenent de les seves necessitats dins de l'espai on es troben.

Cap d'aquestes basses va ser construïda amb la funció principal de servir de refugi per a la biodiversitat urbana, si bé, ja es trobaven colonitzades en diferent grau quan es

van incorporar dins del protocol vigent (Protocol de Manteniment de les Fonts Naturalitzades Gestionades per la UTE Manteniment Fonts Barcelona II. 2014).

Les basses es van prospectar estacionalment durant un any: entre la primavera de 2016 i l'hivern de 2017. En la selecció de les localitats s'han tingut en compte diversos criteris, com són: i) naturalització de la bassa, ii) aïllament de la bassa, iii) tractaments per a la seva gestió i iv) grau d'incidència en la presència de culícids.

4. METODOLOGIA

4.1. Variables ambientals

Les cinc basses es van caracteritzar mitjançant la mesura de diferents variables ambientals, de les quals es va determinar *in situ* la mesura de la temperatura de l'aigua (°C), conductivitat ($\mu\text{S}/\text{cm}$), profunditat de la bassa (cm), pH, oxigen dissolt (mg/l) i TDS (sòlids totals dissolts) mitjançant una sonda multi paramètrica YSI Professional Plus. Així mateix, per a la resta de paràmetres fisicoquímics, es van prendre mostres filtrades d'aigua que es van mantenir congelades (-18°C) per al seu posterior anàlisi al laboratori (veure Taula 3 de l'Annex 4 de les variables ambientals). Es pot revisar la metodologia emprada per a l'anàlisi a la Taula 4 d'Annex 4.

4.2. Mostratge i identificació de les mostres

4.2.1. Estudi del zoobentos

En el present estudi hem dedicat una especial atenció a la comunitat del macrobentos. El mostreig de macroinvertebrats va ser realitzat amb salabre de $250\mu\text{m}$ de malla fent sis passades enèrgiques amb la xarxa de mà entre la vegetació (en cas que hi fos) i les parets de la bassa (substrat B). També es va recollir mostra del sediment amb el mateix salabre (substrat C). La mostra de la columna d'aigua (1 l), l'hèrpon, es va prendre amb xarxa de $50\mu\text{m}$ de porus (substrat A). Per tant, es van recollir tres mostres de diferent substrat a cada bassa (A, B i C).

El material recollit es dipositava directament en una safata de color blanc i se'n feia *in situ* una primera tria per a extreure materials grollers, com pedres, fulles senceres, etc., per a facilitar la tasca de mostratge al laboratori. Si es recollien algues o mostra orgànica, que per la seva mida podia amagar macroinvertebrats, s'inclouïa a la mostra per a ser observat amb cura al laboratori.

El material recol·lectat es va guardar en pots de plàstic o vidre i es va fixar amb una part d'etanol al 95% per a la seva fixació. Les mostres es transportaren en una nevera portàtil.

Si bé s'han recollit mostres de les quatre estacions (P: primavera, E: estiu, T: tardor i H: hivern), el present treball només recull els resultats de la identificació biològica de les mostres de primavera i estiu. Les altres mostres estan en procés d'identificació i s'analitzaran els resultats en un informe final per a l'Ajuntament de Barcelona.

4.2.2. Identificació dels invertebrats

Els microinvertebrats trobats a les mostres (Copepoda i Cladocera) van ser identificades a escala d'espècie o família amb ajuda de guies especialitzades (Alonso 1996 i Dussart 1984) i la col·laboració del Dr. Miguel Alonso. Es recull a escala informativa a la Taula 5 de l'Annex 5 el nom de les espècies, o famílies, trobades a algunes de les mostres. Com que la metodologia no era l'adequada per a microinvertebrats, les dades quantitatives a escala d'espècie i família no poden utilitzar-se per a estudis de caracterització de les basses. De totes maneres, com que a vegades n'hi havia molts a les mostres de macroinvertebrats, de vegades els hem tingut en compte en l'estudi, especialment per la rellevància que podria tenir la seva competència amb els mosquits.

Les mostres de macroinvertebrats es van determinar a escala de família quan va ser possible amb l'ajuda d'una guia especialitzada (Tachet et al. 2010), menys en el cas d'àcars, turbel·laris i oligoquets. Van ser classificats a escala d'espècie els culícids, gasteròpodes i anurs.

Les mostres d'odonats van ser també revisades i classificades gràcies a l'ajuda de Ricard Martín d'Oxygastra (Grup d'estudi d'odonats de Catalunya), amb la revisió de la guia especialitzada de Brochard et al. (2012).

Per altra banda, el Dr Rubén Bueno i Tomás Montalvo (Servei de Vigilància i Control de Plagues Urbanes de l'Agència de Salut Pública de Barcelona) van donar material i suport en la determinació a escala d'espècie dels culícids (veure Taula 6 d'Annex 5).

4.3. Anàlisi estadístic

Encara que es van identificar 31 taxons, part de les dades van ser unificades per simplificar l'estudi estadístic en el cas que s'haguessin trobat pocs exemplars. Per exemple, es van unificar els resultats de les famílies d'odonats en *Zygoptera* (*Coenagrionidae* i *Lestidae*) i *Anisotera* (*Aeshna*, *Anax*, *Sympetrum* i *Crocotemis*). També es van unificar els gasteròpodes que no eren *Physella acuta* en un grup que hem anomenat Ogas (*Other* Gasteropoda) que inclou: *Lymnea stagnalis*, *Planorbella durii*, *Galba truncatula* i *Ancylidae* sp., organismes que només es van trobar en una sola bassa o eren molt escassos (veure Taula de taxons de les basses a l'Annex 6).

A partir de la identificació de les mostres es va elaborar una matriu d'abundància d'invertebrats amb 23 taxons. Amb l'aplicació del programari PRIMER 6© (Clarke & Gorley 2006) es van calcular els índexs de riquesa d'espècies (S) i de diversitat de Shannon-Wiener (H'). Per a calcular aquest índex s'han eliminat Cladocera, Ostracoda i Copepoda que per la seva abundància podien inferir en els resultats i no estaven correctament mostrejats.

Per tal de veure la influència de les diferents variables ambientals més significatives, les possibles variacions estacionals a cada mostra i les possibles agrupacions de les basses, aquestes van ser normalitzades i es va realitzar una Anàlisi de les Components Principals (APC) a PRIMER 6©.

Per a visualitzar gràficament l'ordenació de la distribució de les comunitats biològiques entre els factors ambientals es va realitzar sobre el $\log(x+1)$ de la matriu d'abundàncies i les dades ambientals transformades (veure Taula 3 de l'Annex 4 amb les transformacions realitzades) una anàlisi dbRDA a Primer 6 utilitzant la distància de Bray-Curtis. Aquest mètode permet estudiar la correlació més gran possible entre les variables per a poder interpretar quines són les variables de major pes en la distribució dels organismes.

Per veure la significació del test es va fer una anàlisi de similitud ANOSIM i l'anàlisi de similitud percentual SIMPER de PRIMER 6. Aquest és un mètode de permutació aleatòria de la matriu de distàncies per a comparar el grau de separació entre grups (Clarke 1993).

Finalment, es va fer un gràfic Corrplot de regressió lineal GLM a RStudio per a visualitzar les correlacions entre els culícids, els diferents taxons i les variables ambientals (Koenger & Ng 2002).

5. RESULTATS

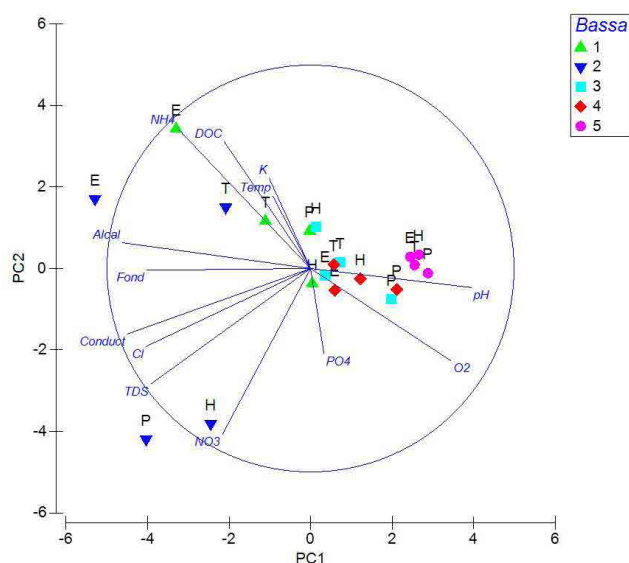
5.1. Variables ambientals

A partir de l'anàlisi i tractament de dades de les variables ambientals, es va poder observar una marcada diferència entre la bassa 5 i les altres en l'àmbit general. La bassa 5 va presentar les mitjanes més baixes de ions Ca, K, Cl, SO₄ i NH₄, aquest darrer amb excepció de l'hivern, Això es correspon amb les mitjanes més baixes d'alcalinitat (76,55 mg/l), conductivitat i TDS (252 mg/l). Tal com es pot observar a l'ACP de la Figura 2, s'observa un marcat agrupament de les mostres de la bassa 5 en relació a les variables de la PC1 que està relacionada amb la mineralització de les aigües.

Les basses 3 i 4 es van agrupar entre si mostrant valors intermedis entre la bassa 5 i la 2. Cal destacar la diferència entre la bassa 2 i la 5. La bassa 2, concretament a l'hivern i la primavera, va mostrar uns valors molt elevats de Nitrats i Nitrats, especialment Nitrats (14,81 mg/l), de Sulfats (357,5 mg/l) i de Calci (153 mg/l), amb una baixada important de la seva concentració a l'estiu (99 mg/l). També és interessant observar que la bassa 2 va presentar, amb excepció de l'hivern, els valors més baixos d'Oxigen (0,52 mg/l a l'estiu). La mostra 1 i 2 a l'estiu, tingueren valors màxims d'Amoni (0,31 mg/l). Aquestes diferències són les que es reflecteixen a la component principal 2 que separa les mostres de primavera i d'hivern respecte a les altres.

A la Figura 2 es veu també, com per les dades fisicoquímiques mesurades, les mostres de la bassa 5 són molt similars entre elles, així com ho són les dels punts 3 i 4 i, en canvi, les de la bassa 2 són molt diferents entre si.

Figura 2. ACP de les variables ambientals en un espai de dues dimensions (les variables amb una correlació major a 0,90 s'han eliminat i se n'ha posat només les variables correlacionades). PC1:42,8%, PC2: 64,6%. Diversitat acumulada: 64,4%.



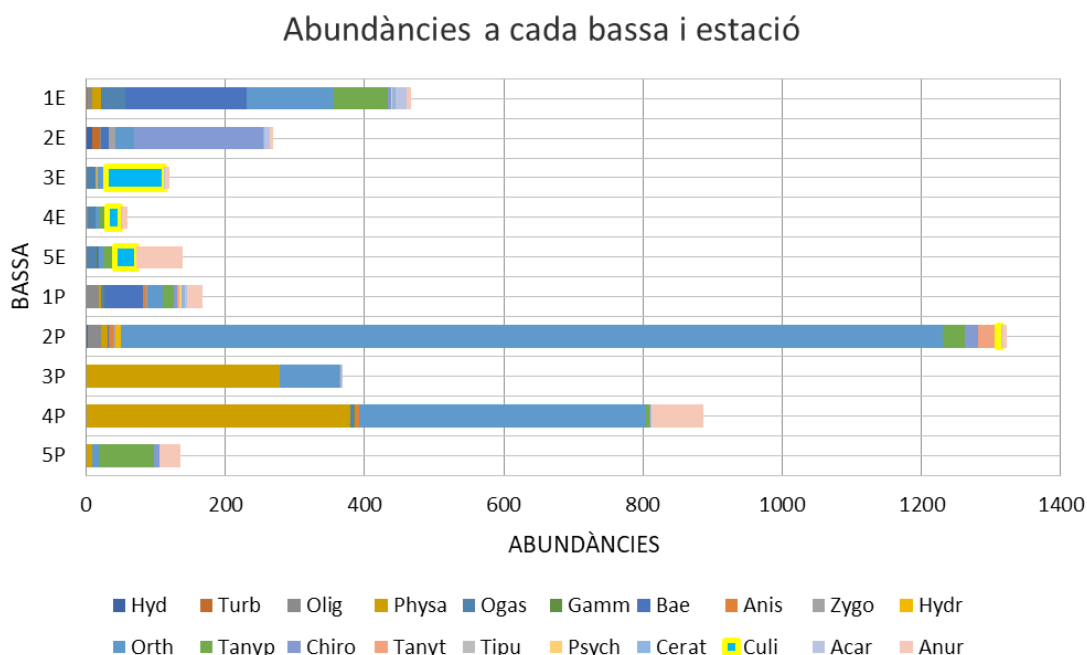
5.2. La comunitat de macroinvertebrats

En total, en aquest estudi es van identificar 3930 macroinvertebrats conformats en 31 taxons. Les majors abundàncies (N) es varen registrar dins de l'ordre Díptera (2537) i la família Chironomidae (2378), d'aquests el més abundant van pertànyer a la subfamília Orthoclaadiinae (1881). A molta distància, els Culicidae van ser el quart grup més abundant amb 139 individus.

La riquesa de taxons (S) per bassa (veure d'Annex 6) va mostrar diferències estacionals. Per una banda, la bassa 1 i 2, donaren els valors més elevats (S:15) i la bassa 5 els més baixos (S:5), tot seguit de la bassa 4 (S:6) a la mostra de primavera. Les basses a l'estiu mostraren una lleugera reducció de la riquesa, excepte les basses 3 i 5 que augmenten també lleugerament (veure Figura 3).

En observar la riquesa de taxons depenent del substrat, es va veure que els valors més alts corresponien al substrat B (macroinvertebrats associats a les parets i macròfits de les basses) a la primavera i a l'estiu (S :19 i S:17). Els valors mínims corresponien al substrat A (columna d'aigua) a la primavera (S:4).

Figura 3. Abundàncies dels taxons estudiats a cada bassa i estació. Es destaca les mostres amb Culicidae en groc. Veure nom dels taxons a l'Annex 6.



L'índex de diversitat de Shannon-Wiener (H') va mostrar valors més elevats a la bassa 1 de primavera (2,139) i 4 d'estiu (1,892). L'índex més baix corresponia a la bassa 2 de primavera (0,574). El valor més alt de H' va ser al substrat B d'estiu (2,053).

Taula 2. Riquesa d'espècies (S), nombre d'individus per mostra (N), Índex de Shannon-Wiener (H') de les basses depenent de l'estació.

Mostra	S	N	H'(loge)
1P	15	167	2.13890567
2P	15	1322	0.57375457
3P	6	368	0.61582061
4P	10	886	1.05380333
5P	5	135	1.17632754
1E	13	467	1.68136114
2E	11	268	1.22147761
3E	10	119	1.14873754
4E	9	60	1.89176589
5E	8	138	1.46642915

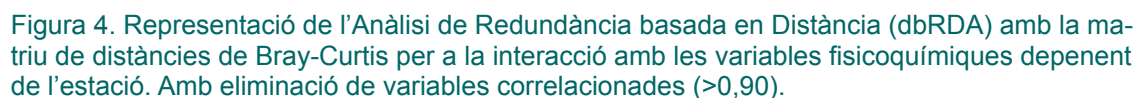
Taula 3. Riquesa d'espècies (S), nombre d'individus per mostra (N), Índex de Shannon-Wiener (H') en relació al substrat i l'estació.

Mostra	S	N	H'(loge)
PA	4	37	0.58392384
PB	19	1490	1.3084888
PC	14	1351	1.25548091
EA	8	86	0.97676406
EB	17	704	2.06531403
EC	16	1458	1.45376952

5.3. Relació entre les comunitats de macroinvertebrats i les característiques de l'ambient.

A l'anàlisi dbRDA es van estudiar les abundàncies dels diferents taxons, les variables ambientals i les basses mostrejades, la variabilitat acumulada dels dos eixos fou del 59,62%. Les variables ambientals estan relacionades i afecten l'estructura de la comunitat de cada bassa al llarg dels gradients ambientals. Segons l'anàlisi fet, els canvis a les basses 3, 4 i 5 es relacionen amb un augment de la densitat de Culícids, que segons l'estudi, serien deguts principalment a canvis de temperatura, i de la concentració de Sulfats i d'Oxigen. La bassa 1 és la que mostra una menor variació estacional. Per altra banda, la bassa 2, pateix canvis estacionals que provoquen una proliferació de la comunitat dels quironòmids de la subfamília dels Chironomini (Diptera, Chironomidae) que contenen algunes espècies que poden sobreviure en ambients anòxics. Com es pot veure, la bassa 2 pateix canvis dels nivells d'Oxigen, Amoni i Conductivitat. La bassa 3 mostra grans canvis estacionals i una alteració de les comunitats biològiques, augmentant les densitats d'ostracodes, culícids i alguns gasteròpodes.

17



Mitjançant el mètode de permutació aleatòria de la matriu de distàncies SIMPER es va observar el grau de separació entre les diferents basses en primavera i estiu. Com es pot veure a la Taula 4, la bassa 2 i la 5 són les més distanciades a escala de complexitat biològica, amb un 57,41 % de dissimilitud; seguida de la bassa 2 i la 3 amb un 52,13 %. Les basses més similars són la 3 i la 4 amb un 20,45%. Els valors de dissimilitud obtinguts dels diferents substrats (Taula 5) són extrems entre el substrat A i el C (columna d'aigua i sediment), amb un 73,36%, i molt inferiors entre el substrat B i el C (macròfits amb parets i sediment) amb un 24,67%.

Taula 4. Taula a partir dels valors de percentatge de dissimilitud entre les basses a SIMPER.

	Bassa 1	Bassa 2	Bassa 3	Bassa 4	Bassa 5
Bassa 1		34,04	44,95	34,66	50,31
Bassa 2			52,13	41,60	57,41
Bassa 3				20,45	40,60
Bassa 4					38,08
Bassa 5					

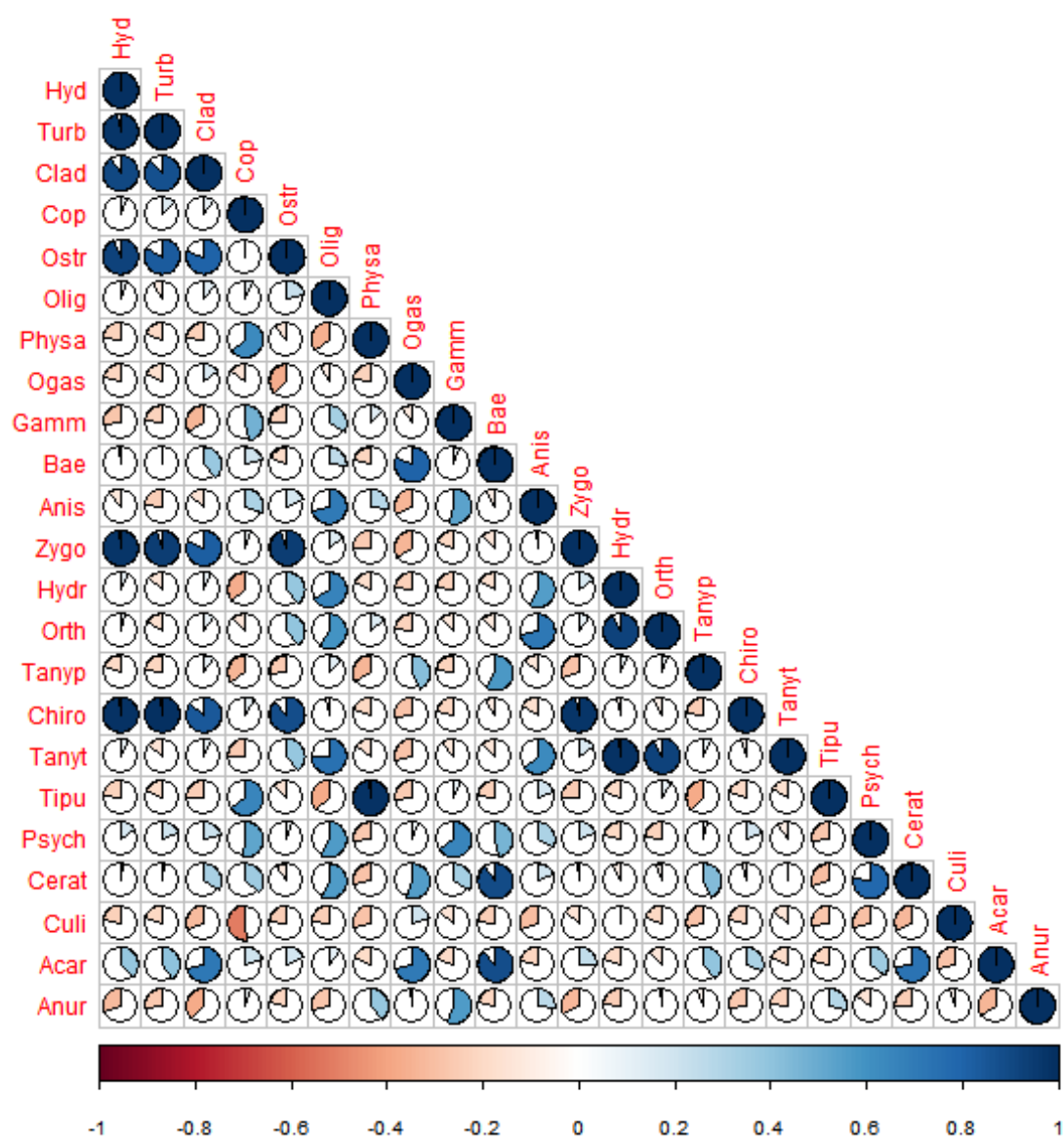
Taula 5. Taula a partir dels valors de percentatge de dissimilitud entre els substrats.

	Substrat A	Substrat B	Substrat C
Substrat A		24,67	73,36
Substrat B			71,36
Substrat C			

Convé destacar que els resultats obtinguts de l'anàlisi de similitud ANOSIM amb 945 permutacions donen una R total de 0,14, tot indicant la poca separació entre les mostres en general, i un nivell de significança molt baix de 0,26.

Les correlacions Corplot entre Culícids i les variables ambientals van donar una major correlació als Fosfats (0,67) i la Temperatura (0,49) tal com es pot veure a la Figura 5. Entre Culícids i els altres taxons només existeix una lleugera correlació negativa entre Copepoda (-0,51), Cladodera (-0,3), Ceratopogonidae (-0,32) i Anisoptera (-0,3), essent l'única correlació positiva amb Altres gasteròpodes (Ogas) (0,21).

Figura 5. Corrplot on s'indica amb un formatge el nivell i grau de correlació entre els diferents taxons.



6. DISCUSSIÓ

Existeix un estudi previ dels ecosistemes aquàtics de la ciutat de Barcelona que es va publicar el 1994 (Cambra & Rieradevall, 1994) en el que es van estudiar fins a 23 fonts i basses, però només una de les basses que hem analitzat, la bassa 2, apareix en aquell estudi. Com que també hi ha moltes diferències entre la gestió que es feia abans i ara (neteges i cloracions freqüents), els resultats no són directament comparables, però en farem esment al llarg de la discussió.

Les característiques ambientals

Una de les diferències que més crida l'atenció amb les dades globals és que es pot apreciar un descens important de la conductivitat, passant de mitjanes de 1918,63 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 832 $\mu\text{S}/\text{cm}$. També són destacables les concentracions obtingudes de Clor (510,86 mg/l als 160,9 mg) que es troba correlacionat (0,99) amb la concentració de Sodi (2743,99 mg/l als 83,60 mg/l).

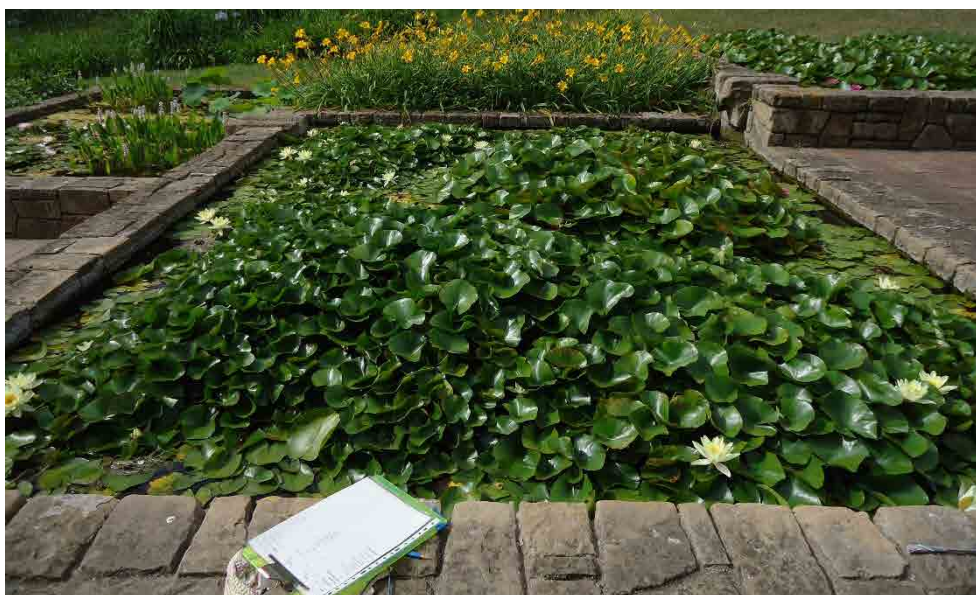
Aquestes diferències són clarament degudes al fet que una bona part de les basses tenen com a origen aigua de la xarxa de distribució i s'ha de tenir en compte que entre els dos mostres es va construir a l'ETAP de Sant Joan Despí, un sistema EDR que treu una part de la sal de l'aigua del Llobregat, el que explica el canvi tan important de clorurs i de retruc la conductivitat.

Les basses mostren dos grups de localitats ben diferenciats. Per una banda, la bassa 5 de Sant Gervasi, La Tamarita, presenta una composició molt baixa en ions Sodi (20,75 mg/l vers els 83,60 mg/l de la mitjana de les basses), Potassi (3,42 mg/l vers els 12,28 mg/l de la mitjana), Clor (44,3 mg/l vers els 160,9 mg/l de la mitjana), i Conductivitat (346,6 mg/l vers els 832 mg/l de la mitjana). Teòricament, l'aigua d'aquesta bassa prové de la xarxa de distribució però no és possible que tingui aquests valors. Tot i això, de moment no hem trobat cap explicació.

Les basses de Montjuïc tenen una procedència d'aigua diversa, algunes només de xarxa, bassa 3 i 4, i la 1 i 2 de barreja amb aquífer. Per altra banda, la bassa 3 i 4 presenten valors molt similars degut principalment al fet que es troben connectades dins d'un mateix circuit. Entre aquestes basses és interessant destacar la bassa 2 que presenta valors elevats de concentració a l'estiu i l'hivern de Nitrits (0,033 mg/l vers els 0,008 mg/l de mitjana) i Conductivitat (1349 $\mu\text{S}/\text{cm}$ vers els 832 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de mitjana) i baixa concentració d'Oxigen a l'estiu (4,98 mg/l vers els 7,68 mg/l de la mitjana).

Els valors de la bassa 2 mostren la importància dels productors primaris en aquest ambient i com la degradació de la matèria orgànica (amb augment d'Amoni) provoca anòxia al fons de la bassa als mesos de més calor. Aquesta és la bassa més profunda (71,25 cm) on la vegetació (*Nymphaea alba*) arriba a ocupar la quasi totalitat de la seva superfície als mesos d'estiu com es pot veure a la imatge 1.

Imatge 1. *Nymphaea alba* sobre la superfície d'aigua de la bassa 2.



Pel que respecta al zoobentos, els grups millor representats han estat els microinvertebrats (Cladòcers, Copèpodes i Ostràcodes) que representen el 82,48% del total classificat. Però que a la bassa 5, només conformen un 8,86% dels individus de la mostra en comparació amb la bassa 1, on ho són un 92,38%. Pel que fa a crustacis, la presència tan abundant de crustacis es deu tant a la seva capacitat de resistència vers la dessecació com en la facilitat de dispersió i colonització.

Comparant amb les dades publicades el 1994 (Cambra & Rieradevall, 1994) de la bassa 2, en aquell estudi de mitjana es van trobar 6 taxons, essent el més abundant els quironòmids. Durant el present estudi es van trobar 16 taxons i els més abundants continuen essent els quironòmids. Per tant, tenint en compte que només es presenta en aquest estudi les mostres de primavera i estiu, és destacable l'augment de la biodiversitat en aquesta bassa.

Cambra i Rieradevall (1994) comentaven que hi havia un augment de la complexitat de la bassa en l'àmbit biològic en relació a la mida d'aquesta, a causa de l'increment de microambients i a l'existència de relacions tròfiques més complexes. Amb 5 basses en el nostre estudi no es pot fer una comparació exhaustiva respecte a l'estudi anterior, tot i que podem veure que la bassa 1, una de mida mitjana en relació amb les cinc, presenta la biodiversitat més gran ($H'=2,14$) i riquesa d'espècies a la primavera ($S=15$). Per tant, més que la mida, entenem que és la nul·la pertorbació que pateix la bassa (en termes de neteja) conjuntament amb la seva complexitat estructural (presència important de macròfits submergits) el que afavoreix el bon estat de la bassa i, per tant, la seva complexitat biològica.

Podem dividir les basses estudiades depenent dels seu grau de naturalització de la més naturalitzada, la bassa 1, a la menys naturalitzada, la bassa 5. Presentant les basses 2, 3 i 4 valors intermedis. Aquesta divisió es deu al grau i nombre de pertorbacions a què es

veuen afectades i els factors físics que podem observar a la bassa entre d'altres (Veure annex 7 de *La naturalització de les basses de Barcelona*).

Amb les dades recollides s'aprecia heterogeneïtat a les basses estudiades. La bassa 5, amb paràmetres fisicoquímics generalment molt estables i la riquesa d'espècies més baixa (8), presenta el grau de naturalització baix degut possiblement al fet que no té vegetació i per tant no ofereix refugi ni microhàbitats per incrementar la biodiversitat. Si observem també les pertorbacions que pateix (Taula 1 de l'Annex 3), veiem que té dues neteges amb buidatge. Per altra banda, és important destacar que totes les basses tenen retirada de la matèria orgànica (principalment fullaraca que sura i excés d'algues filamentoses) durant l'any, evitant els mesos de primavera pel fet que poden presentar postes d'amfibis.

La importància dels mosquits

Si ens fixem en les basses amb presència de culícids durant la recollida de mostres (Taula 6 de l'Annex 5 i Taula 7 de l'Annex 6), es pot observar que totes (basses 3, 4 i 5), excepte la bassa 2 en tenen a l'estiu. La bassa 2 tenia presència a la primavera però no a la mostra d'estiu. En aquest cas, la presència de culícids podria estar relacionada amb l'anòxia i la formació d'ambients on els mosquits troben refugi on difícilment poden accedir els predadors.

Les basses 3 i 4 pateixen una neteja a l'estiu amb buidatge degut al festival del Teatre Grec. Tal com es va observar als resultats de l'anàlisi dbRDA, l'augment de la comunitat de culícids estaria relacionat amb canvis de la temperatura. Així doncs, els culícids es veuen afavorits per la millora de les temperatures pròpies de l'estiu, i la reducció de la comunitat de depredadors o competidors del sistema que es redueixen a causa de la neteja, o al seu cicle de vida com els microcrustacis, amb els que competeixen.

La bassa 5, a causa del seu menor grau de naturalització, presenta poca diversitat de taxons i és la bassa que va haver de rebre tres tractaments BTi durant l'estudi. Només tenim dades d'una de les mostres, la d'estiu, posterior al tractament, i tal com mostra l'anàlisi dbRDA, a la mostra d'estiu l'abundància dels culícids va augmentar a nivells superiors als anteriors (de cap a la mostra de primavera a 31 culícids a l'estiu). Per tant sembla que el tractament amb BTi podria ser de curta durada, o que altres factors com, l'augment de la temperatura i la poca presència d'altres organismes depredadors, o competidors, facin que no es pugui controlar la població de culícids de forma natural. En aquesta bassa la població d'amfibis, concretament *Alytes obstetricans*, és la més nombrosa (48 individus dels 111 trobats a totes les basses). La presència d'amfibis no sembla tenir l'efecte que Mokany & Shine (2002) comenten als seus estudis, on els capgrossos suprimeixen la viabilitat de les larves de mosquit per una interacció física de competència de menjar vers la columna d'aigua (Bronmark et al. 1991). També Mokany & Shine (2003) van estudiar la interacció patogènica entre llevats dels excrements d'amfibis i la supressió d'aquests al desenvolupament dels mosquits. Cal destacar, que aquests estudis no s'han realitzat amb les espècies d'amfibis ni culícids presents en el nostre estudi. També destaquen que

la mida de la bassa pot influenciar a les interaccions interespecífiques però no sembla tampoc el nostre cas.

Els organismes dels quals s'ha estudiat els efectes de la competència amb els culícids són els cladòcers, copèpodes i ostracodes (Kroeger, et al. 2014) i els odonats (Fincke et al. 1997). Cal destacar que al Corplot de regressió lineal GLM es va trobar una lleugera correlació negativa entre Copepoda (-0.51), Cladodera (-0,3), i Anisoptera (-0,3). Per tant, s'observa una major relació de competència, o depredació en el cas dels odonats, que no pas amb els amfibis.

La toxicitat del BTi pot disminuir ràpidament en ambients on existeix una elevada quantitat de matèria orgànica (Tetreau et al. 2012), i segons els resultats obtinguts, aquest podria ser el cas de la bassa 2. La fullaraca en descomposició de la bassa altera el bacteri que pot reduir fins a un 70% l'eficàcia del tractament. Per altra banda, s'ha detectat que el BTi afecta la supervivència de microcrustacis (Cladòcers, Copèpode i Ostracodes) en ambients naturals com l'Albufera de València (Olmo et al. 2016) el que eliminaria l'efecte de la competència.

És conegut l'efecte que algunes espècies vegetals tenen en el desenvolupament larvari dels culícids (Benelli, 2015), i molt especialment l'existència a la bassa d'algues caràcies a la presència de mosquits. Estudis anteriors, Caballero (1919) i Zaneveld (1940), van notar que les basses amb aquesta alga no presentaven poblacions de culícids. Darrerament, Zhang (2010) ha relacionat la captació de components volàtils de l'ambient per part de *Chara vulgaris*, espècie present a la bassa 1 i 2, que després alliberen a l'aigua i que exhibeixen un efecte negatiu en l'oviposició de mosquits a les basses.

En resum, semblen ser una sèrie de factors els que controlen la presència de culícids a les basses i que les condicions intrínseques de cada una poden propiciar o dificultar el seu desenvolupament. Si bé sí que es mostra una relació entre el grau de naturalització, el nivell de pertorbacions i el grau d'aquestes, amb la presència de mosquits, és necessari ampliar les dades i poder incorporar els mesos posteriors per entendre millor el funcionament de cada bassa, de totes maneres, resulta molt clar que la bassa 1 sense cap tipus de pertorbació i tractaments no té cap mosquit tot i que està envoltada per altres ambients aquàtics que si que en tenen.

La gestió que podem recomanar sobretot per millorar la biodiversitat de les basses i el control de les poblacions de mosquits, arran dels resultats obtinguts és:

- Procurar reduir el nombre de pertorbacions a les basses i el grau d'aquestes. Intentar interferir al mínim en els processos naturals de la bassa.
- Procurar no efectuar neteges amb buidatge a l'estiu, ja que les poblacions de mosquits es recuperen molt de pressa després.
- Procurar afavorir la presència de vegetació (i especialment de les caràcies) i millorar el grau de complexitat de les basses per a afavorir la biodiversitat.
- Cada bassa té un funcionament i necessitats diferents, per tant el pla de gestió hauria de ser específic per cada bassa.

7. CONCLUSIONS:

Les principals conclusions del treball són les següents:

1. Les basses estudiades per a aquest treball presenten diferent grau de naturalització depenent del nombre i grau de pertorbacions que pateixen. La seva estructura en termes de biodiversitat i abundància dels organismes invertebrats depèn a més de l'estructura física de la bassa i de la presència de diferents substrats orgànics o inorgànics.
2. Les basses que tenen un menor grau de pertorbació presenten uns índexs de biodiversitat més grans i una menor presència, o fins i tot absència, de mosquits. De manera que, l'efecte dels depredadors, o competidors, dins de la bassa, sembla estar clarament relacionat amb el nivell d'abundància dels mosquits en aquests ambients.
3. A les basses on s'efectuen neteges, els culícids colonitzen ràpidament l'hàbitat que ha patit una pèrdua, o reducció, dels organismes depredadors o competidors. Aquestes basses mostren poca capacitat per evitar el ràpid desenvolupament dels mosquits i fan necessaris els tractaments, especialment a l'estiu quan les temperatures són altes i els cicles dels mosquits poden ser extremadament curts.
4. De les cinc basses estudiades, només hi ha una bassa que va patir tractament amb BTi pels mosquits durant el mostratge de primavera, i al mostratge posterior presentava una densitat major de culícids que l'anterior. Per tant, l'efecte del tractament és curt o pot ser alterat degut a factors com l'excés de matèria orgànica en descomposició o la presència de macròfits a la bassa.
5. Els tractaments amb BTi poden afectar altres dípters directament (matant-los) perquè la seva especificitat sol ser a escala de família (dípters en aquest cas). Entre els quironòmids i altres dípters n'hi ha de depredadors que poden menjar-se mosquits i de filtradors que poden competir per l'aliment, tot i que es desconeix fins a quin grau aquestes dues interaccions entre famílies de dípters són importants en les basses estudiades.
6. Encara que hi ha bibliografia que comenta l'efecte competitiu existent entre els amfibis i els culícids, la bassa 5 va presentar un elevat nombre d'amfibis i mosquits alhora, per la qual cosa sembla que en determinades situacions (basses poc naturalitzades) els amfibis, o més concretament, els tòtils (*Alytes obstetricans*) no limiten de forma efectiva les poblacions de mosquits a les basses estudiades.
7. Ha estat assenyalada una relació entre la presència de *Chara vulgaris* a les basses i l'absència de mosquits. En el nostre cas aquesta relació podria existir. Seria interessant intentar el desenvolupament de *C. vulgaris* a altres basses i

observar si segueix aquest patró mitjançant experiments amb diferents densitats del macròfit i en basses de grandària, fondària i estructura física diversa.

8. Entenem que sempre que es mantingui un elevat grau de naturalització, (mai realitzant buidatges sencers, només intervencions puntuals per a extreure matèria orgànica o excés de macròfits) el tractament de les basses per eliminar els mosquits es reduiria notablement. Proposem per tant que l'Ajuntament de Barcelona repensi com fa el tractament dels ecosistemes aquàtics urbans i proposi un altre protocol on la naturalització de les basses sigui un factor important a tenir en compte.

8. BIBLIOGRAFIA

- Agència de Salut Pública de Catalunya. (2015). *Protocol per a la Vigilància i el Control de les Arbovirosis Transmeses per Mosquits a Catalunya*. General Catalunya, 1–69. Available online at: http://canalsalut.gencat.cat/web/.content/home_canal_salut/professionals/temes_de_salut/vigilancia_epidemiologica/documents/arxiu/protocol_arbovirosis_cat.pdf
- Alonso, M. (1996). *Crustacea Branchiopoda*. Fauna Ibérica. Vol 7. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid.
- Benelli, G. (2016). *Plant-mediated biosynthesis of nanoparticles as an emerging tool against mosquitoes of medical and veterinary importance: a review*. Parasitology Research, Vol.115(1). pp.23-34.
- Biggs, J., Williams, P., Whitfield, M., Nicolet, P., Weatherby, A. (2005). *15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of pond conservation*. Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. 15. 671–693.
- Brochard, C., Groenendijk, D., Van der Ploeg, E. & Termaat, T. (2012) *Fotogids larvenhuidjes van libellen*. Ed. KNNV Uitgeverij.
- Bronmark C., Rundle S. D. & Erlandsson A. (1991) *Interactions between freshwater snails and tadpoles: Competition and facilitation*. Oecologia 87, 8–18.
- Bueno-Marí. (2017). Mosquitos invasores: situación actual en España y en Europa. Rev. salud ambient.;17 (Espec. Congr.). 50-70.
- Bueno, R & Jiménez R. (2008). *Malaria en España: aspectos entomológicos y perspectivas de futuro*. Rev. Esp. Salud Pública. 82. 467-479.
- Bueno, R & Jiménez R. (2012). *Implicaciones sanitarias del establecimiento y expansión en España del mosquito Aedes albopictus*. Rev. Es. Salud Pública. 86. 319-330.
- Caballero, A. (1919). *La Chara foetida A. Br. y las larvas de Stegomyia, Culex y Anopheles*. Bot. R. Soc. Española Hist. Nat. Madrid 19:449–55.
- Cambra, J. & Rieradevall, M. (1994). *Estudi dels ecosistemes aquàtics de la ciutat de Barcelona*. Ajuntament de Barcelona. Barcelona.
- Céréghino R, Biggs J, Oertli B, Declerck S (2008). *The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat*. Hydrobiologia.597:1–6.
- Chester, E. T. & Robson, B.J. (2013). *Anthropogenic refuges for freshwater biodiversity: Their ecological characteristics and management*. Biological Conservation 166.64–75.
- Clarke, K.R. 1993. *Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure*. Aust. J. Ecol. 18: 117-143.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth. 192.
- Davies B, Biggs J, Williams P, Whitfield M, Nicolet P, Sear D, Bray S, Maund S. (2008). *Comparative biodiversity of aquatic habitats in the European agricultural landscape*. Agr. Ecosyst. Environ. 125:1–8.
- Dussart, B. (1983). *Repertoire mondial des crustacés copepodes des eaux interieures*. Editions du Centre national de la recherche scientifique. Paris
- Fincke, O. M. ; Yanoviak, S. P. & Hanschu, R. D. (1997) *Predation by odonates depresses mosquito abundance in water-filled tree holes in Panama*. Oecologia. Vol.112 (2) .244-253
- García-González, C., García-Vázquez, E., (2011). *The value of traditional troughs as freshwater shelters for amphibian diversity*. Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst. 21. 74–81.

- Gómez, I., Araujo, R. (2008). *Channels and ditches as the last shelter for freshwater mussels: the case of Margaritifera auricularia and other naiads inhabiting the mid Ebro River Basin, Spain*. Aquat. Conserv.: Mar. Freshw. Ecosyst. 18. 658–670.
- González, R., Montalvo, T., Camprubí, E., Fernández, L., Millet, J. P., Peracho, V., Gorrindo, P., Avellanés, I., Romero, A. & Caylà, J. A. (2017). *Casos confirmados de dengue, chikungunya y zika en Barcelona capital durante el período de 2014 al 2016*. Rev. Esp. Salud Pública. Vol. 91. 7 de marzo e1-e12.
- Hassall, C. (2014). *The ecology and biodiversity of urban ponds*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water. Vol.:1 iss:2.:187 -206.
- Hassall, C., Hollinshead, J., Hull, A. (2011). *Environmental correlates of plant and invertebrate species richness in ponds*. Biodivers. Conserv. 20. 3189–3222.
- Hassall, C., Hill, M., Gledhill, D. & Biggs, J. (2016) “*The ecology and management of urban ponds-capes*” en. Francis, R. A.; Millington, J. D. A. & Chadwick, M. A. *Urban Landscape Ecology: Science, Policy and Practice*. Ed. Roudledge. London. & New York. Chapter.8, pp. 129-147.
- Hill, M. J., Biggs, J., Thornhill, I., Briers, R. A., Gledhill, D. G., White, J. C., Wood, P. J., Hassall, C. (2016). *Urban ponds as an aquatic biodiversity resource in modified landscapes* Global Change Biology. doi: 10.1111/gcb.13401.
- Hill, M. J. & Wood, P. J. (2014). *The macroinvertebrate biodiversity and conservation value of garden and field ponds along a rural-urban-gradient*. Fundam. Appl. Limnol. Vol 185/1. 107-119.
- Kroeger, I., Liess, M. & Duquesne, S. (2013). *Crustacean biodiversity as an important factor for mosquito larval control*. Journal of Vector Ecology. Vol.38 (2). 390-400.
- Kroeger, I., Liess, M. & Duquesne, S. (2014). *Temporal and spatial habitat preferences and biotic interactions between mosquito larvae and antagonistic crustaceans in the field*. Journal of Vector Ecology. Vol.39 (1).103-11
- Kroeger, I., Liess, M., Dziöck, F. & Duquesne, S. (2013). *Sustainable control of mosquito larvae in the field by the combined actions of the biological insecticide Bti and natural competitors*. Journal of Vector Ecology. 38.(1).82-89.
- Lamy, T. (2013). *Variation in habitat connectivity generates positive correlations between species and genetic diversity in a metacommunity*. Mol. Ecol. 22. 44.45–4456.
- Lee ACK, Maheswaran, R. (2011). *The health benefits of urban green spaces: a review of the evidence*. J Public Health. 33. 212–222.
- Lopez, R., Viana, A., Pérez, C., Martín, J., Turrientes, M.C. & García, A. (1999) *Clinicoepidemiological Study of Imported Malaria in Travellers and Immigrants to Madrid*. J. Travel Med. 6. 81-86.
- Margalef, R. (1944). *Datos de la flora algológica de nuestras aguas dulces*. Publ. Inst. Bot. Barcelona. 4. 1-130.
- Millet, J-P., Montalvo, T., Bueno-Marí, R., Romero-Tamarit, A., Prats-Urbe, A., Fernández, L., Camprubí, E., del Baño, L., Peracho, V., Figuerola, J., Sulleiro, E., Martínez, M.J., Caylà, J. A. & Zika Working Group in Barcelona (2017). *Imported Zika Virus in a European City: How to Prevent Local Transmission?* Frontiers in Microbiology. Vol. 8. Art. 1319.
- Mokany, A. & Shine, R. (2002). *Pond attributes influence competitive interactions between tadpoles and mosquito larvae*. Austral Ecology. 27. 396-404.
- Mokany, A. & Shine, R. (2003). *Biological warfare in the garden pond: tadpoles suppress the growth of mosquito larvae*. Ecological Entomology. 28. 102-108.
- Oertli, B., Joye, D.A., Castella, E., Juge, R., Cambin, D., Lachavanne, J.B. (2002) *Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity*. Biol Conserv. 104.59–70.

- Olmo, C. , Marco, A.; Armengol, X. & Ortells, R. (2016) *Effects of Bacillus thuringiensis var. israelensis on nonstandard microcrustacean species isolated from field zooplankton communities*. Ecotoxicology. 25.1730–1738.
- Picazo, F., Moreno, J.L., Millan, A. (2010). *The contribution of standing waters to aquatic biodiversity: the case of water beetles in southeastern Iberia*. Aquat. Ecol. 44. 205–216.
- Protocol de manteniment del les Fonts Naturalitzades gestionades per la UTE Manteniment Fonts Barcelona II.* (2014) Ajuntament de Barcelona.
- Punsola, A. & Borruel, O. (2016). *Bones pràctiques de jardineria a Barcelona: Conservar i millorar la biodiversitat*. Ajuntament de Barcelona. Àrea d'Ecologia Urbana.
- Roca, J. R.; Baltanas, A. & Uiblein, F. (1993). *Adaptive responses in Cypridopsis vidua (Crustacea: Ostracoda) to food and shelter offered by a macrophyte*. Hydrobiologia 262. 127-131.
- Rowbottom, R. , Carver, S. , Barmuta, L. , Weinstein, P. , Foo, D. & Allen, G. (2015). *Resource limitation, controphic Ostracod density and larval mosquito development*. PLoS One, Nov. Vol.10 (11).
- Sánchez-Guzmán, J.M., Morán, R., Masero, J.A., Corbacho, C., Costillo, E., Villegas, A., Santiago-Quesada, F. (2007). *Identifying new buffer areas for conserving waterbirds in the Mediterranean basin: the importance of the rice fields in Extremadura, Spain*. Biodivers. Conserv. 16. 3333–3344.
- Shannon C.E. & Wiener W. (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. The University of Illinois Press, Urbana, IL.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. (2010) Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie. CNRS Editions, Paris.
- Tetreau, G., Stalinski, R., Kersusan, D., Veyrenc, S., David, J-P. & Reynaud, S. & Després, L. (2012). *Decreased toxicity of Bacillus thuringiensis subsp. israelensis to Mosquito Larvae after contact with leaf litter* Applied and Environmental Microbiology Vol. 78 N. 15 5189–5195.
- Vinson M.R. & Hawkins C.P. (1998) *Biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional Scales* .1. Annual Review of Entomology 43. 271-293.
- Williams P, Whitfield M, Biggs J, Bray S, Fox G, Nicolet P, Sear DA. (2004). *Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England*. Biol Conserv. 115. 329–341.
- Zaneveld, J. S. (1940). *The Charophyta of Malaysia and adjacent countries*. Blumea 5:38–41.
- Zhang, M., Shulian , X. ; Xiaojing, H., Yuyuan , H. ; Feng, J. & Shi, Y.(2010). *Volatile constituents of charophytes as oviposition deterrents of culex pipiens pallens (diptera: culicidae)*. Journal of Phycology, April, Vol.46(2). pp.390-395.

9. ANNEXOS



Annex 1

Figura 1. Mapa de les localitzacions de les basses de Montjuïc.

Localització de les basses de Montjuïc

Bassa 2

Jardins de Mossèn Cinto Verdaguer, cascada, bassa 23



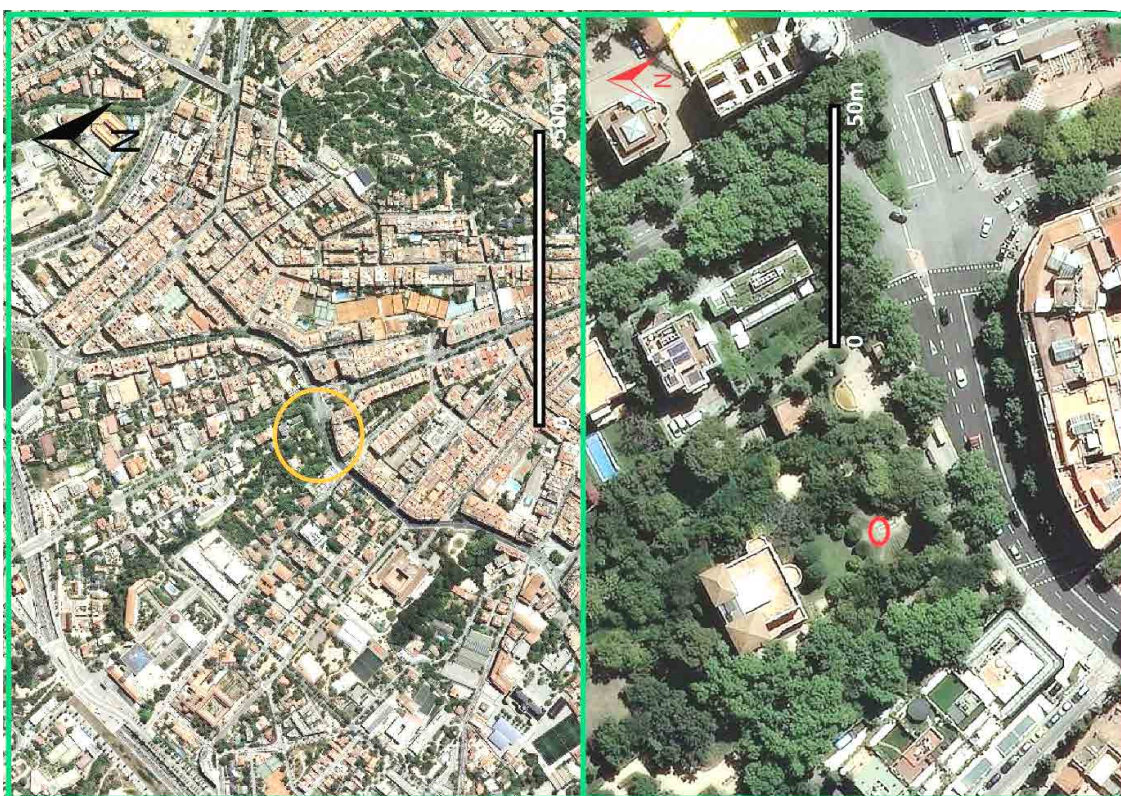
Bassa 1

Viver Tres Pins

Bassa 3 i 4

Jardins del Teatre Grec

Figura 2. Mapa de la localització de la bassa 5 als Jardins de La Tamarita, Sant Gervasi.

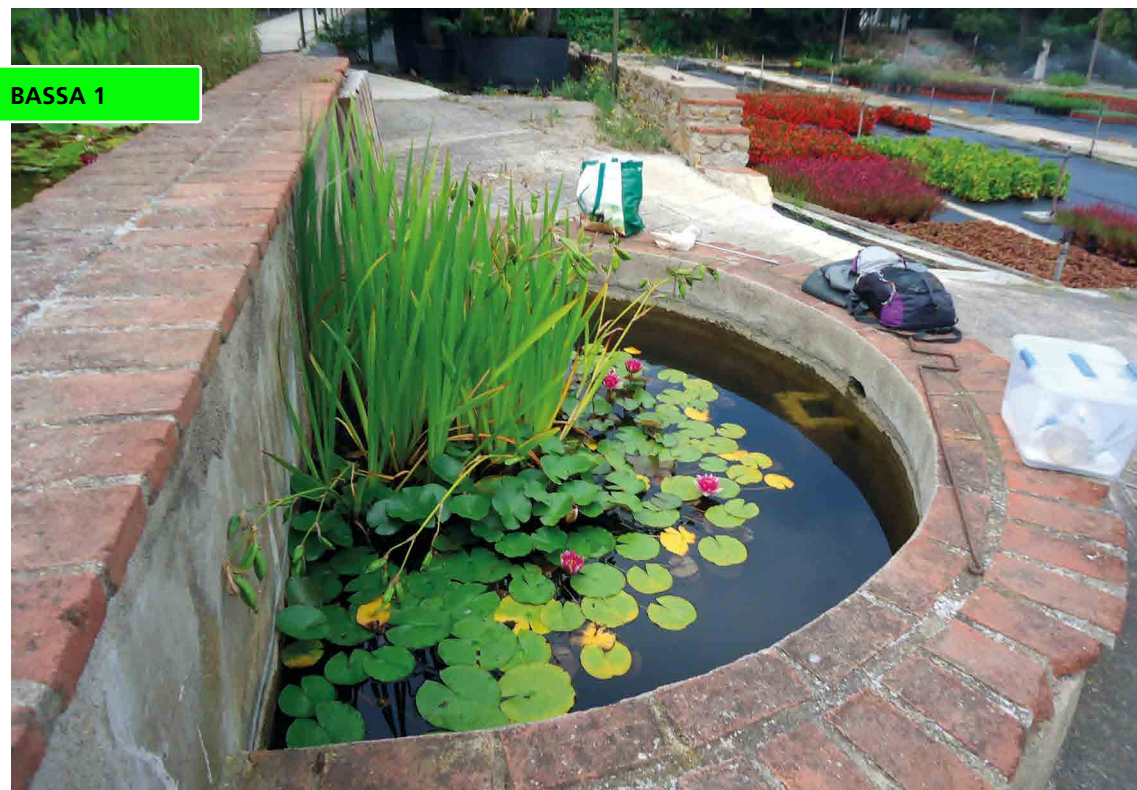


Localització dels Jardins de La Tamarita
a Sant Gervasi

Bassa 5

Jardins de La Tamarita

Annex 2. Fitxes de les basses de l'estudi



CODI 1

Nom	Viver Tres Pins
Localització	Viver Municipal Tres Pins
Zona Barcelona	Montjuïc
Coordenades	41,368012; 2,161998
Àrea	8,2 m ²
Profunditat mitjana	66,05 cm
Origen construcció	Ornamental
Origen de l'aigua	Xarxa i aqüífer
Aïllament de la bassa	Espai no públic
Neteja	Fullaraca a la primavera
Buidat	Sense buidat. Eliminació parcial de sediment a l'hivern

BASSA 2



CODI 2

Nom	Mossèn Cinto Verdaguer, bassa 23 de la cascada
Localització	Jardins Mossèn Cinto Verdaguer
Zona Barcelona	Montjuïc
Coordenades	41,367120; 2,164375
Àrea	17,64 m²
Profunditat mitjana	71,25 cm
Origen construcció	Ornamental
Origen de l'aigua	Connexió al freàtic
Aïllament de la bassa	Espai públic
Neteja	Fullaraca a la primavera
Buidat	1 buidat a l'hivern amb eliminació del sediment

BASSA 3



CODI 3

Nom	Teatre Grec, circular amb vegetació
Localització	Jardins Teatre Grec
Zona Barcelona	Montjuïc
Coordenades	41,369368; 2,158759
Àrea	5 m²
Profunditat mitjana	34,77 cm
Origen construcció	Ornamental
Origen de l'aigua	Xarxa
Aïllament de la bassa	Espai públic
Neteja	Fullaraca a la primavera
Buidat	2 buidats amb eliminació del sediment: estiu i hivern

BASSA 4



CODI 4

Nom	Teatre Grec, quadrada amb vegetació
Localització	Jardins Teatre Grec, Canal del Temple
Zona Barcelona	Montjuïc
Coordenades	41,369774; 2,158991
Àrea	6,5 m ²
Profunditat mitjana	35,9 cm
Origen construcció	Ornamental
Origen de l'aigua	Xarxa
Aïllament de la bassa	Espai públic
Neteja	Fullaraca a la primavera
Buidat	2 buidats amb eliminació del sediment: estiu i hivern



CODI 5

Nom	La Tamarita
Localització	Jardins de La Tamarita
Zona Barcelona	Sant Gervasi
Coordenades	41,410248; 2,135779
Àrea	9,25 m²
Profunditat mitjana	38,05 cm
Origen construcció	Ornamental
Origen de l'aigua	Xarxa
Aïllament de la bassa	Espai públic
Neteja	Fullaraca a la primavera
Buidat	2 buidats amb eliminació del sediment: estiu i hivern

Annex 3

Pertorbacions que van patir les basses durant la recollida de mostres (primavera 2016 a hivern 2017).

Taula 1. Netejes amb buidatge efectuades a les basses estudiades durant la recollida de mostres

Codi	Nom Bassa	Data
1	Tres Pins	12/01/2017
2	Mossèn Cinto Verdaguer	19/01/2017
3 i 4	Teatre Grec	16/06/2016 i 02/01/2017
5	La Tamarita	13/10/2016*

* No hi ha dades de La Tamarita de l'altra neteja amb buidatge efectuada durant l'any.

Taula 2. Tractaments* amb BTi (VectoBac®) a les basses estudiades

Codi	Nom Bassa	Data
2	Mossèn Cinto Verdaguer	11/08/2016
2	Mossèn Cinto Verdaguer	05/09/2016
2	Mossèn Cinto Verdaguer	28/09/2016
5	La Tamarita	03/06/2016
5	La Tamarita	12/07/2016
5	La Tamarita	04/08/2016

*Encara que per part del Servei de Vigilància i Control de Plagues Urbanes es va determinar no realitzar tractaments durant la realització del present estudi, aquests es van haver de fer finalment degut a cassos d'arbovirosi a la zona propera a la bassa i la presència de culícids.

Annex 4

Taula 3. Variables ambientals estudiades a les diferents basses mostrejades indicant l'acrònim utilitzat al treball, les unitats de mesura i les transformacions realitzades.

Acrònim	Variable	Unitat	Transformacions
TDS	Sòlids en suspensió	mg/l	Log
pH	pH	Escala de pH	No
T	Temperatura	°C	No
Fond	Fondària	cm	Log
Cond	Conductivitat	µS/cm	$\sqrt[4]{x}$
O2	Concentració d'oxigen dissolt	mg/l	No
NO2	Concentració NO2-	mg/l	$\sqrt[4]{x}$
NO3	Concentració NO3-	mg/l	Log
NH4	Concentració NH4+	mg/l	Log
PO4	Concentració PO4-	mg/l	$\sqrt[4]{x}$
SO4	Concentració SO42-	mg/l	Log
DOC	Carboni dissolt orgànic	mg/l	Log
Cl	Concentració Cl-	mg/l	$\sqrt[4]{x}$
Ca	Concentració Ca2+	mg/l	Log
Mg	Concentració Mg2+	mg/l	Log
Na	Concentració Na+	mg/l	$\sqrt[4]{x}$
K	Concentració K+	mg/l	No
Alc	Alcalinitat	mg/l	$\sqrt[4]{x}$

Taula 4. Metodologia emprada per a l'anàlisi de les variables ambientals. Informació facilitada per AECOM URS España, S.L.U.

Matriu	Paràmetre	Mètode	Rang d'aplicació	Procediment d'assaig
Aigües continentals	Amoni in situ	Colorimetria	0,04 – 25,00 mg N-NH ₄ /l	* PNT-A-033
	Nitrits	Espectrofotometria d'absorció molecular	0,002 – 8,000 mg N-NO ₂ /l	* PNT-A-012
	Nitrats	Espectrofotometria d'absorció molecular	0,01 – 6,00 mg N-NO ₃ /l	* PNT-A-013
	Fòsfor soluble	Espectrofotometria d'absorció molecular	0,005 – 10,000 mg P-PO ₄ /l	* PNT-A-014
	Sulfats	Volumetria	1,0 – 1000,0 mg SO ₄ /l	* PNT-A-020
	Clorurs	Volumetria	5,0 – 1000,0 mg Cl ⁻ /l	* PNT-A-019
	Alcalinitat	Volumetria	20,0 – 1000,0 mg CaCO ₃ /l	PNT-A-007
	Calci	Volumetria	> 4,0 mg Ca ²⁺ /l	* PNT-A-016
	Magnesi	Volumetria	> 4,0 mg Mg ²⁺ /l	* PNT-A-017
	Sodi	ICP-MS	> 1 mg Na ⁺ /l	**Conforme a NEN 6966 i NEN-EN-ISO 11885
	Potassi	ICP-MS	> 1 mg K ⁺ /l	**Conforme a NEN 6966 i NEN-EN-ISO 11885
	Carboni orgànic dissolt	Analitzador TOC	> 0,5 mg C / l	**Conforme a NEN-EN 1484

Annex 5

Taula 5. Llistat de Cladocera i Copepoda identificats gràcies a la col·laboració del Dr. Alonso de les mostres de primavera i estiu. S'indica al codi de mostra, l'estació (P: primavera, E: estiu) i el substrat d'origen (B: fullaraca i parets de la bassa, C: sediment).

Microinvertebrat	Espècie	Mostres
Cladocera		
	<i>Simocephalus</i>	2PC
	<i>Daphnia magna</i>	2PC
	<i>Ceriodaphnia</i>	2TB
	<i>Simocephalus vetulus</i>	2TB, 1PB
	<i>Chydorus sphaericus</i>	4TB, 1PB
	<i>Pleoroxus aduncus</i>	4TB
	<i>Sscapholeberis</i>	1PB
	<i>Megafenestra aurita</i>	1PB
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i>	1PB
Copepoda		
	<i>Macrocylops</i>	1PB
	<i>Acanthocyclops vernalis</i>	1PB
	<i>Tropocyclops prasinus</i>	1PB
Ostracoda		
	<i>Cypridopsis vidua</i>	1PB

Taula 6. Culícids classificats durant l'estudi a nivell d'espècie. Només apareixen les basses amb presència.

Codi bassa	Culicidae pupae	<i>Culiseta longiareolata</i>	<i>Culex pipiens</i>	
2P	2	4	0	
3E	10	39	34	
4E	5	9	5	
5E	3	13	15	Total Culicidae
Total	20	65	54	139

Annex 6.

Taula 7. Abundàncies dels taxons de les basses de Barcelona estudiades.

Codi de mostratge	Hydriade	Turbellaria	Cladocera	Copepode	Ostracoda	Oligochaeta	Physella acuta	Ogas	Gammaridae	Baetidae	Anisoptera	Zygoptera	Hydrofilidae	Orthocladinae	Tanyponidae	Chironomini	Tanytarsini	Tipulidae	Psychodidae	Ceratopogonidae	Culicidae	Acarida	Anura
1PA	0	0	10	206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1PB	0	0	199	43	35	2	0	2	2	39	6	1	0	0	6	0	0	0	3	5	0	3	19
1PC	0	0	18	3	0	16	3	1	0	16	0	0	0	20	10	5	3	0	0	0	0	0	3
2PA	0	0	797	0	21	0	0	0	0	1	0	0	0	24	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2PB	2	0	5885	1	1308	20	9	0	0	0	7	2	8	733	22	3	14	0	0	0	6	0	6
2PC	0	0	52	5	56	0	0	0	0	0	0	1	0	424	10	15	12	0	0	1	0	1	0
3PA	0	0	84	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3PB	0	0	157	41	12	0	161	0	0	0	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3PC	0	0	347	205	24	0	117	0	0	0	0	0	0	65	0	1	1	1	0	0	0	1	0
4PA	0	0	30	5	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4PB	0	0	926	93	173	0	142	0	1	0	4	0	0	153	2	0	0	1	0	0	0	2	43
4PC	0	0	112	130	285	0	236	5	0	0	2	0	0	258	3	1	0	0	0	0	0	0	30
5PA	0	0	4	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5PB	0	0	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	30
5PC	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	76	8	0	0	0	0	0	0	0
1EA	0	0	2058	1	4	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1EB	0	1	9120	8	41	0	10	3	0	151	0	0	0	67	52	0	0	0	1	4	0	14	4
1EC	1	0	2078	112	24	7	3	30	0	21	0	0	0	57	26	4	0	0	0	2	0	2	2
2EA	0	0	15096	37	20	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
2EB	9	8	7800	103	2300	3	0	0	0	8	0	10	0	23	0	183	0	0	1	1	0	7	4
2EC	0	2	62	2	60	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
3EA	0	0	5	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	38	0	0
3EB	0	0	26	0	16	0	0	0	0	0	0	0	1	4	4	0	0	0	0	0	4	0	6
3EC	0	0	32	4	29	1	0	12	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	41	1	0
4EA	0	0	12	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	9	2	0
4EB	0	0	31	22	23	0	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	1	2
4EC	0	0	81	11	49	3	0	7	0	0	0	0	0	1	10	2	0	0	0	0	6	0	6
5EA	0	0	24	5	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
5EB	0	0	8	0	34	0	0	12	1	2	0	0	0	5	13	0	0	0	0	0	11	0	66
5EC	0	0	2	0	76	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	2	0	0

Annex 7.

Idees bàsiques de la naturalització de les basses a Barcelona segons Punsola i Borrueu, (2016).

La **naturalització** de les basses és garantia de biodiversitat i representa una alternativa davant la cloració. Les idees bàsiques segons Punsola i Borrueu (2016) són:

- I. Garantir una neteja moderada per alterar al mínim l'hàbitat existent.
- II. Vetllar per l'aspecte endreçat i pel respecte a l'equilibri natural de l'espai.
- III. Efectuar una vigilància de les comunitats vegetals i animals.
- IV. Cal que hi estiguin representants tots els nivells tròfics (algues, invertebrats, plantes i específicament amfibis).
- V. Controlar espècies exòtiques que malmeten l'hàbitat com carpes, carpins o tortugues de Florida.
- VI. Mantenir un equilibri de matèria orgànica per evitar l'eutrofització i les males olors.
- VII. Adequar l'espai exterior, al voltant de la bassa, per a la creació de refugis i espais de continuïtat entre l'aigua i la terra.
- VIII. Adequar les tasques de jardineria a les necessitats de l'espai.
- IX. Realitzar una vigilància de l'equilibri de la fauna en l'ecosistema.
- X. Evitar l'aplicació de productes fitosanitaris o químics per controlar les poblacions d'algues o plagues.
- XI. Evitar la cloració de l'aigua.
- XII. Afavorir la recirculació superficial de l'aigua per mantenir l'estratificació de la columna d'aigua.
- XIII. Introducció de plantes aquàtiques per crear biòtops per la fauna.
- XIV. Potenciar la biodiversitat a les basses per controlar problemes de mosquits.

