

# Els quironòmids (Diptera) com indicadors de canvis hidrològics en rius mediterranis



Laura Castañeda Gómez

Dr. Miguel Cañedo-Argüelles i Dr. Narcís Prat Fornells

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals

Màster en Ecologia, Gestió i Restauració del Medi Natural

Setembre 2022



# Els quironòmids (Diptera) com indicadors de canvis hidrològics en rius mediterranis

Autora: Laura Castañeda Gómez

Directors: Dr. Miguel Cañedo-Argüelles i Dr. Narcís Prat Fornells

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals

Màster en Ecologia, Gestió i Restauració del Medi Natural

Universitat de Barcelona

Data: 15 de setembre de 2022

Laura Castañeda Gómez

Miguel Cañedo-Argüelles

Narcís Prat Fornells

## ABSTRACT

Mediterranean rivers are fluvial ecosystems with a unique ecology, with a seasonally marked hydrological regime that includes predictable dry phases of varying frequency and intensity. It is expected that these drying episodes will be amplified by climate change. Specifically, the Mediterranean region is expected to face large flow deficits, with many rivers shifting from permanent to temporary, these changes will affect the loss of species, especially aquatic insects. Chironomidae are aquatic Diptera distributed worldwide, frequent and abundant in many freshwater habitats. Midges are good indicators of the effects of droughts, because their communities differ between permanent, intermittent and ephemeral sites, reflecting changes in water availability and habitat characteristics. In this study we took samples of chironomid larvae from 3 streams with different hydrological behaviour, among them a usually permanent river, a more intermittent river and an almost ephemeral river from the Natural Park of Sant Llorenç de Munt i l'Obac in Catalonia. A total of 1,139 chironomid larvae have been taxonomically identified at genus level, finding 31 different genera. The results confirm the relationship between the hydrological regime and the chironomid communities present in each type of regime. The most permanent stream has more richness and density of chironomids than the more intermittent and ephemeral streams. We found significant differences in the composition of chironomid communities in each stream and according to the hydrological regime. On one hand, in Vall d'Horta (the most permanent stream) Chironominiinae dominated in places with a longer permanence of water, while in Santa Creu (the most ephemeral stream) Orthocladiinae were more abundant with genera typically found in littoral zones of ponds. Overall, water permanence seems to be one of the main drivers structuring the chironomid communities of the studied streams.

## RESUM

Els rius mediterranis són ecosistemes fluvials amb una ecologia única, amb un règim hidrològic marcat estacionalment que inclou fases seques predictibles però de freqüència i intensitat variables. S'espera que aquests episodis de sequera s'amplifiquin pel canvi climàtic. En concret, s'espera que la regió mediterrània s'enfronti a grans dèficits de cabal, amb molts rius que passin de permanents a temporals, i aquests canvis afectin a la pèrdua d'espècies, especialment als insectes aquàtics. Els quironòmids són dípters aquàtics distribuïts a nivell mundial, freqüents i abundants en molts hàbitats d'aigua dolça. Aquests són bons indicadors dels efectes de les sequeres, perquè les seves comunitats difereixen entre llocs permanents, intermitents i efímers, reflectint així canvis en la disponibilitat d'aigua i les característiques de l'hàbitat. En aquest estudi, s'han analitzat mostres de larves de quironòmids de 3 rius amb diferent règim hidrològic, entre ells un riu habitualment permanent, un riu més intermitent i un riu gairebé efímer del Parc Natural de Sant Llorenç de Munt i l'Obac a Catalunya. S'han identificat taxonòmicament a nivell de gènere 1.139 larves de quironòmids, trobant 31 gèneres diferents. Els resultats confirmen la relació entre el règim hidrològic i les comunitats de quironòmids presents a cada tipus de règim. El riu més permanent té més riquesa i densitat de quironòmids que el riu més intermitent i efímer. S'han trobat diferències significatives en la composició de les comunitats de quironòmids a cada riu i segons el règim hidrològic. D'una banda, a Vall d'Horta (el riu més permanent) els Chironominiinae predominaven als llocs amb una permanència d'aigua més llarga, mentre que a Santa Creu (el riu més efímer) eren més abundants els Orthocladiinae, amb gèneres típicament trobats a les zones litorals de les basses. En general, la permanència d'aigua sembla ser un dels principals motors que estructuraven les comunitats de quironòmids dels rius estudiats.

# ÍNDEX

1. <b>INTRODUCCIÓ</b> .....	1
2. <b>METODOLOGIA</b> .....	4
2.1. Àrea d'estudi.....	4
2.2. Mostreig.....	5
2.3. Anàlisi de les mostres de quironòmids al laboratori .....	7
2.4. Anàlisi estadístic.....	8
3. <b>RESULTATS</b> .....	10
4. <b>DISCUSSIÓ</b> .....	17
5. <b>CONCLUSIONS</b> .....	20
6. <b>AGRAÏMENTS</b> .....	21
7. <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	22
8. <b>ANNEXOS</b> .....	1
8.1. Annex I .....	1
8.2. Annex II .....	3
8.3. Annex III .....	4
8.4. Annex IV.....	4
8.5. Annex V.....	5

## 1. INTRODUCCIÓ

Les aigües dolces representen un 2,5% de l'aigua del planeta, sent menys de l'1% l'aigua disponible en rius i llacs (Granado-Lorencio, 1999; Su *et al.*, 2021). Tot i ser una petita part de la distribució global de l'aigua, aquests sistemes alberguen una gran biodiversitat (Su *et al.*, 2021). Dins d'aquests, els ecosistemes fluvials són un dels ambients més amenaçats del món, principalment per la destrucció de l'hàbitat, la contaminació i el canvi climàtic que causen pèrdua de la biodiversitat existent en aquests ambients (Meybeck, 2003; Reid *et al.*, 2019). Segons l'IPBES<sup>1</sup> els ecosistemes fluvials estan perdent espècies a un ritme accelerat (IPBES, 2019), i hi ha molts estudis que han demostrat freqüències creixents d'extincions d'espècies d'aigua dolça (Nicacio & Juen, 2015). A més, com a conseqüència del canvi global, els esdeveniments climàtics extrems s'esperen que augmentin en freqüència i intensitat (IPCC, 2022). Concretament, es preveu que la regió mediterrània s'enfrontarà a grans dèficits de cabal, experimentant canvis de rius permanents a rius temporals (Döll & Schmied, 2012; Cid *et al.*, 2016). Aquests canvis hidrològics afecten a les comunitats de macroinvertebrats aquàtics de dues formes: d'una banda, els períodes de sequera suposen un repte, ja que han de sobreviure utilitzant formes de resistència o emergint com adults (Bogan *et al.*, 2017); i, d'altra banda, l'absència d'aigua en trams de rius suposa una barrera per a la dispersió d'espècies, modificant l'intercanvi d'individus i espècies entre comunitats locals (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2015; Pineda-Morante *et al.*, 2022). A conseqüència d'aquests canvis, la riquesa d'invertebrats aquàtics es veu afectada. Per exemple, Datry *et al.* (2014b) va demostrar que la riquesa taxonòmica d'aquests disminueix amb la intermitència del cabal dels rius. Si aquests canvis de règim hidrològic es produeixen més ràpid que l'escala evolutiva de les espècies en adquirir trets adaptatius, es poden produir pèrdues d'espècies poc adaptades a condicions de sequera (Soria *et al.*, 2017).

Els rius mediterranis es caracteritzen per experimentar fluctuacions anuals en el seu cabal, a causa de les crescudes i les sequeres estacionals (Bonada & Resh, 2013). En molts casos poden ser rius intermitents o temporals, és a dir, ecosistemes fluvials que de forma recurrent deixen de fluir o s'assequen en algun moment. Aquests ocupen més del 50% de la xarxa fluvial mundial, i s'estan tornant més abundants degut al canvi global (Döll & Schmied, 2012; Datry *et al.*, 2014a; Messenger *et al.*, 2021; Sauquet *et al.*, 2021). Aquests rius temporals durant el període de sequera,

---

<sup>1</sup> *Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* o Plataforma Intergovernamental de Ciència i Política sobre la Biodiversitat i els Serveis Ecosistèmics (IPBES) és un organisme intergovernamental independent creat amb l'objectiu d'enfortir la interfície ciència-política per a la biodiversitat i els serveis ecosistèmics.

s'assequen o tenen basses desconnectades que poden persistir durant tot l'estiu (Williams, 2006; Gallart *et al.*, 2012). De manera que, moltes espècies poden sobreviure en aquests refugis (basses) durant aquests períodes, i quan torna el flux d'aigua superficial al riu poden colonitzar-lo ràpidament (Boulton *et al.*, 1992; Frouz *et al.*, 2003; Chester & Robson, 2011; Bogan *et al.*, 2015; Frouz & Matena, 2015). També hi ha individus que han desenvolupat adaptacions fisiològiques que els hi permeten sobreviure al període de sequera, com minimitzar la pèrdua d'aigua per transpiració o entrar en un estat latent durant el seu desenvolupament (diapausa) (Frouz & Matena, 2015; Serra *et al.*, 2017). Aquestes condicions canviants de seques i crescudes, imposen un fort filtre ambiental que controla directament la composició taxonòmica de les comunitats biològiques (com els insectes aquàtics) (Williams, 2006; Gallart *et al.*, 2012; Prat *et al.*, 2014; Pineda-Morante *et al.*, 2022).

Dins dels insectes aquàtics que habiten els rius mediterranis, els quironòmids són un dels grups més abundants, ric en espècies i àmpliament distribuït (Prat & García-Roger, 2018; Prat, 2022). Aquests, són dípters aquàtics (macroinvertebrats) distribuïts a nivell mundial, freqüents i abundants en molts hàbitats d'aigua dolça, on sovint constitueixen l'aliment bàsic per a molts organismes (Armitage *et al.*, 1995). Són insectes holometàbols amb quatre estadis: ou, larva, pupa i imago, on els tres primers estadis es desenvolupen al medi aquàtic o semiaquàtic (Cobo, 1998). Com a grup, ha estat molt utilitzat com a indicador de la qualitat de l'aigua per la seva abundància, riquesa d'espècies i presència en un rang ampli d'hàbitats i condicions ambientals (Armitage *et al.*, 1995; Raunio *et al.*, 2011; Milosevic *et al.*, 2013; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2016; Czechowski *et al.*, 2020). També poden ser bons indicadors dels efectes de les seques en els ecosistemes fluvials (Armitage *et al.*, 1995; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2016). Cañedo Argüelles *et al.* (2016) va mostrar que els conjunts de Chironomidae difereixen clarament entre rius permanents, intermitents i efímers, reflectint canvis en la disponibilitat d'aigua i característiques de l'hàbitat. Per tant, els quironòmids es poden utilitzar com indicadors per monitoritzar la variabilitat hidrològica. Però tot i ser una de les famílies més abundants d'insectes aquàtics, i tenir aquesta sensibilitat a la sequera i a les condicions abiòtiques canviants, els Chironomidae tendeixen a ser només identificats a nivell de família o de tribu en la majoria dels estudis ecològics, a causa de la seva complexitat taxonòmica (Bazzanti *et al.*, 2008; Puntí *et al.*, 2009; Prat, 2022). La taxonomia i ecologia d'aquest grup és a dia d'avui molt incompleta a la Península Ibèrica i aquesta escassetat d'informació és sobre tot respecte al coneixement dels trets ecològics, que els hi confereixen

resistència a la sequera i al dessecament de l'hàbitat (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2016; Prat, 2022).

Aquest treball s'engloba dins el projecte MECODISPER (CTM2017-89295-P), finançat pel Ministeri d'Economia, Indústria i Competitivitat (MINECO), l'Agència Estatal d'Investigació (AEI) i l'European Regional Development Fund (ERDF) amb la finalitat d'estudiar les dinàmiques de metacomunitats en rius mediterranis per a la millora de la seva conservació. En aquest treball, l'objectiu és identificar taxonòmicament els gèneres de quironòmids presents en aquests rius, avaluant els canvis en la composició de les comunitats al llarg d'un gradient hidrològic. Per això, s'han analitzat 3 rius amb diferent règim hidrològic, entre ells un riu habitualment permanent (amb aigua tot l'any), un riu més intermitent (s'asseca durant l'època seca) i un riu gairebé efímer (només porta aigua uns mesos a l'any, després de les pluges). El que s'espera trobar en aquest treball és una relació entre el règim hidrològic i les comunitats de quironòmids, testant les següents hipòtesis:

**H1:** S'espera trobar una relació significativa entre les variables hidrològiques i la estructura de la comunitat de quironòmids estudiada.

**H2:** S'espera trobar que la variació de l'abundància de gèneres de quironòmids trobada sigui explicada més per les variables hidrològiques que per les fisicoquímiques.

**H3:** S'espera trobar una relació positiva entre la riquesa de quironòmids i la permanència d'aigua al riu.

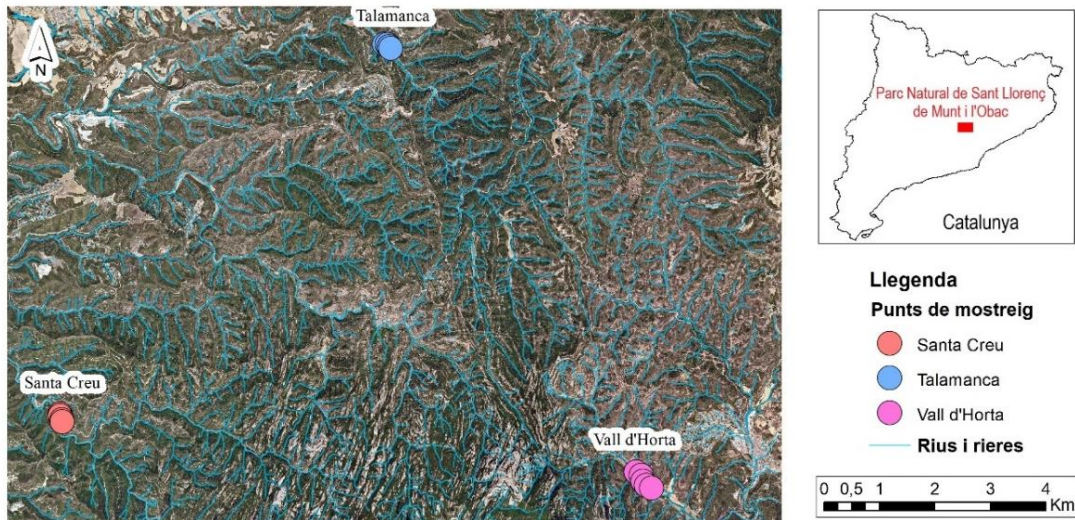
**H4:** S'espera trobar diferents comunitats de quironòmids a cada riu d'acord amb les seves diferents condicions hidrològiques.

**H5:** S'espera trobar alguns gèneres de quironòmids amb possibles adaptacions a la sequera al riu més efímer.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi es troba al Parc Natural de Sant Llorenç de Munt i l'Obac (Catalunya). Situant-se a la Serralada Prelitoral Catalana, entre les comarques de Bages i Vallès Occidental, amb el riu Llobregat a l'oest i el riu Ripoll a l'est (Figura 1).



**Figura 1.** Ortofotomapa de Catalunya (1:25.000) amb els 3 rius estudiats (Vall d'Horta, Talamanca i Santa Creu) i la localització de la zona d'estudi a Catalunya. Font: Elaboració pròpia (amb ArcGis).

Aquesta zona té un clima mediterrani, caracteritzat per un règim sec a l'estiu, i un règim d'irregulars precipitacions concentrades a la primavera i sobre tot a la tardor (encara que a l'estiu poden produir-se pluges torrencials locals). La geologia de la zona es càrstica, formada per conglomerats tant silícics com calcaris, amb una elevada permeabilitat. Pel que fa a la vegetació, predominen gèneres característics de boscos mediterranis com és el *Quercus* (Rieradevall *et al.*, 1999).

Les mostres analitzades corresponen a 3 rius del Parc Natural, concretament: Vall d'Horta, Talamanca i Santa Creu. Aquests rius són molt propers entre ells i tenen característiques geomorfològiques similars, diferint principalment en el règim hidrològic. La riera Vall d'Horta és un riu habitualment permanent, Talamanca és un riu més intermitent i Santa Creu és un riu gairebé efímer. En la taula següent (Taula 1) es poden veure les diferències en el règim hidrològic de cada riu.



**Taula 1.** Característiques hidrològiques dels rius Vall d'Horta, Talamanca i Santa Creu en el període d'estudi (Pineda-Morante *et al.*, 2022).

Riu	Punt de mostreig	Dies secs a l'any	Durada màxima del període de sequera (dies)	Nombre de vegades que es va assecar	Permanència del flux d'aigua (%)
Vall d'Horta	H1	2	2	1	99,61
	H2	1	2	1	99,74
	H5	147	195	9	71,35
Talamanca	T1	76	55	6	85,28
	T2	249	108	31	51,46
	T3	216	28	35	57,83
	T4	99	124	10	80,64
Santa Creu	SC1	227	130	11	57,75
	SC2	339	166	25	33,92
	SC3	334	114	29	34,89
	SC4	240	157	10	53,28

## 2.2. Mostreig

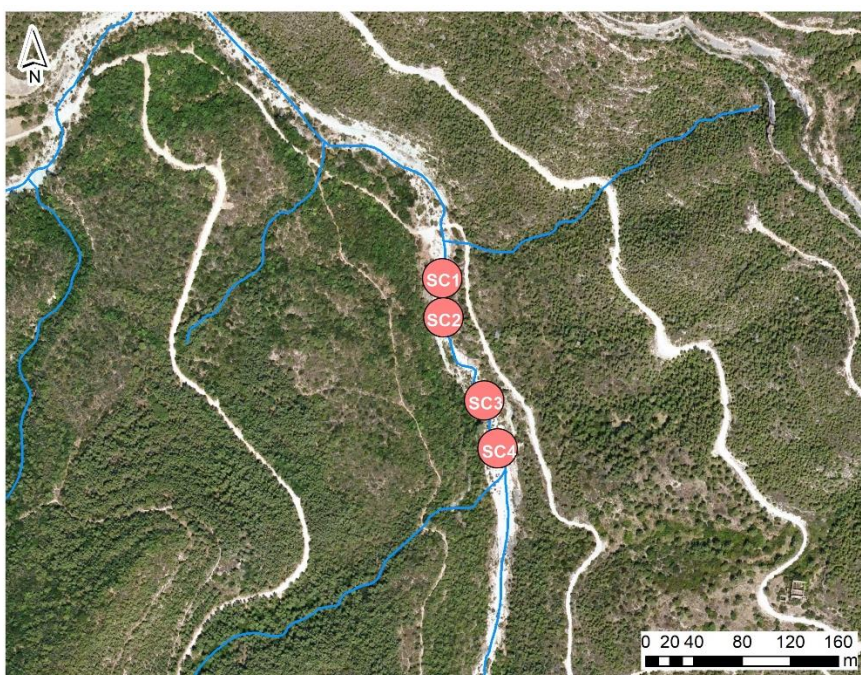
Es van agafar i analitzar mostres de 3 punts al riu Vall d'Horta (H1, H2 i H5) (Figura 2), 4 punts al riu Talamanca (T1, T2, T3 i T4) (Figura 3) i 4 punts al riu Santa Creu (SC1, SC2, SC3 i SC4) (Figura 4), els dies 22 i 27 de maig de 2019.



**Figura 2.** Mapa (Ortofoto 1:5.000) de l'àrea d'estudi amb els punts de mostreig de Vall d'Horta (H1, H2, H3 H4 i H5). En que del punt H3 i H4 no es va agafar mostra perquè es trobaven secs. Font: elaboració pròpia (amb ArcGis).



**Figura 3.** Mapa (Ortofoto 1:5.000) de l'àrea d'estudi amb els punts de mostreig de Talamanca (T1, T2, T3 i T4). Font: elaboració pròpia (amb ArcGis).



**Figura 4.** Mapa (Ortofoto 1:5.000) de l'àrea d'estudi amb els punts de mostreig de Santa Creu (SC1, SC2, SC3 i SC4). Font: elaboració pròpia (amb ArcGis).

Es van mesurar les següents característiques fisicoquímiques dels rius amb una sonda multiparamètrica: temperatura de l'aigua, oxigen dissolt, pH, conductivitat i sòlids en suspensió.

Per tal de determinar la presència o absència d'aigua superficial als rius, es van instal·lar uns sensors (HOBO) per a enregistrar la temperatura de l'aigua. Aquests sensors enregistren dades en continu ("data loggers"), el que permet recopilar i emmagatzemar grans quantitats de dades, podent mesurar rangs de temperatura que van des de 20°C a 70°C en aire i de 0°C a 50°C en aigua. Per això, es van disposar 14 HOBOs per cada riu (Vall d'Horta, Talamanca i Santa Creu) al llarg del curs fluvial (tant en zones de ràpids com de basses), situant també un HOBO al medi terrestre per comparar la temperatura de l'aigua amb la de l'aire. Aquestes dades de temperatura es van convertir en presència/absència d'aigua, comparant les amplituds tèrmiques dels HOBOs instal·lats a l'lit del riu amb els que es trobaven fora de l'aigua (Pineda-Morante *et al.*, 2022).

El mostreig biològic es va fer de tipus semi-quantitatiu, fent petits transsectes, amb un esforç de mostreig similar (20 kicks). Les mostres van ser agafades amb una xarxa de 250 micres, utilitzant mans i peus per remoure tot el substrat de la zona (tècnica "kicking"), tractant de cobrir tots els microhàbitats per tenir una representació de tots ells (ràpids i basses). Posteriorment, les mostres es van conservar en etanol al 96%. D'aquestes mostres, en aquest treball s'han analitzat només les larves de quironòmids donada la diversitat d'aquest grup d'insectes i la seva complexitat taxonòmica.

### **2.3. Anàlisi de les mostres de quironòmids al laboratori**

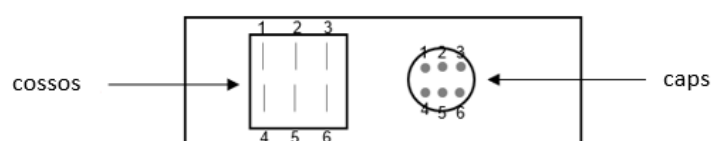
En total es van recollir 66 mostres: 24 corresponents al riu Vall d'Horta, 25 del riu Talamanca i 17 del riu Santa Creu. Els individus recol·lectats es van separar a nivell de morfotip segons les característiques observables (p.ex: color de la capsula cefàlica, longitud de les antenes, entre d'altres) a partir d'una lupa binocular (Olympus SZX7, 1X – 10X) seguint el treball de Prat & Rieradevall (2014c).

Per separar les mostres per morfotips, primer es va fer la separació de les larves de quironòmids per les subfamílies i tribus existents.

Un cop separades per morfotips, es va procedir a fer les preparacions per analitzar una part dels individus dels diferents morfotips a partir d'un microscopi (Olympus CH) per tal d'identificar-los a nivell de gènere.

Per fer aquestes preparacions s'agafava el morfotip i es preparava un nombre d'individus segons l'abundància. En el possible es preparaven fins a 10 individus de cada morfotip, en el cas que n'hi haguessin menys es preparaven la majoria d'ells.

Les preparacions es feien seguint un protocol de muntatge de les larves (Epler, 2001), que consistia en posar els individus en potassa (KOH 10%) uns 15-30 minuts a 85°C, i després posar-los en aigua destil·lada, per tal de digerir la matèria orgànica. Seguidament, es deshidrataven primer amb etanol al 70% i després amb etanol al 96%. Un cop deshidratats, es procedia a muntar els cossos i els caps als portaobjectes amb Euparal. Per muntar-los, s'agafava un portaobjectes, es posava unes gotes d'Euparal i es posava cada individu, separant el cap del cos (Figura 5) i finalment el cobreobjectes a sobre. Per tal de separar el cap del cos, es procedia amb una agulla entomològica i unes pinces i s'introduïa per la base de la càpsula cefàlica, esquinçant amb cura el teixit amb que s'uneix el cap al cos.



**Figura 5.** Esquema de la preparació. Font: elaboració pròpia.

Amb les preparacions ja realitzades, es va procedir a identificar a gènere tots els individus preparats. Per això, es van mirar les preparacions al microscopi i amb diferents claus (Andersen *et al.*, 2013; Prat & Rieradevall, 2014a,b) es van identificar els gèneres de tots els individus. També es va consultar la bibliografia del treball recent de Prat (2022).

## 2.4. Anàlisi estadístic

A partir de les dades obtingudes al laboratori es va obtenir una matriu d'abundàncies de gèneres de quironòmids per cada punt de mostreig de cada riu (veure Annex II). Aquestes dades es van tractar mitjançant el llenguatge de programació R versió 4.1.1 (software lliure) (R Core Team, 2021). Per a graficar els diferents resultats, es va utilitzar la funció *ggplot* del paquet *ggplot2* (Wickham, 2016).

Per tal de testar la primera hipòtesi del treball (H1), es va realitzar un model lineal entre la matriu d'abundàncies de gèneres de quironòmids obtinguda i les variables hidrològiques següents: dies amb flux, dies sense flux, permanència del flux (en %), intermitència del flux (en %), duració mitjana dels períodes sense flux (en dies), màxim període sense flux (en dies), nombre de períodes de sequera i dies des de la represa del flux d'aigua. Per tal de dur a terme aquest anàlisi, la matriu de quironòmids es va convertir a matriu de distàncies mitjançant el càlcul de la distància de Bray-Curtis amb la funció *vegdist* dins del paquet *vegan* (Oksanen *et al.*, 2022). I la matriu de variables

hidrològiques es va convertir a una matriu de distàncies mitjançant el càlcul de la distància euclidiana.

Per comprovar la segona hipòtesi (H2), es va realitzar un anàlisi RDA (Redundancy Analysis) per avaluar quanta variació del nombre de gèneres trobat era explicada per les dades hidrològiques i fisicoquímiques. Per això, es van estandarditzar les variables hidrològiques i fisicoquímiques amb la funció *scale* de R. Es va calcular la correlació de *Spearman* entre les diferents variables ambientals mitjançant el paquet *corrplot* (Wei & Simko, 2021), eliminant les variables correlacionades entre elles (veure Annex I). Es va realitzar també un *Forward Selection* amb les variables no correlacionades, analitzant la relació de les variables seleccionades per aquest model amb els gèneres de quironòmids i amb la riquesa d'aquests, amb la funció *ordistep* del paquet *vegan* (Oksanen *et al.*, 2022). I, a més, es va fer un anàlisi de la partició de la variància de les variables seleccionades respecte totes les variables hidrològiques, amb la funció *varpart* del paquet *vegan* (Oksanen *et al.*, 2022). Aquest últim anàlisi permet saber quina part de les diferències en les comunitats, ve explicada per cada tipus de variables de manera independent o per la interacció de les variables.

Per tal d'avaluar la possible relació entre la riquesa i la permanència de l'aigua (H3), es va construir una regressió lineal entre el nombre de gèneres per punt de mostreig (riquesa) i la permanència d'aigua al riu.

Per testar diferències en la composició de les comunitats de quironòmids trobada entre els diferents rius i règims hidrològics (H4), es van fer servir les anàlisis estadístiques d'ANOSIM (ANalysis Of SIMilarities) i MDS (MultiDimensional Scaling). L'ANOSIM és un tipus d'anàlisi multivariant que s'utilitza per detectar diferències en la composició de les comunitats entre grups. L'MDS també és una tècnica d'anàlisi multivariant, en que la matriu d'abundàncies de gèneres de quironòmids obtinguda es converteix en una matriu de distàncies (semblances/diferències), aconseguint una representació dels individus en una baixa dimensió (en aquest cas dues dimensions), en que punts de mostreig amb una distància més petita s'assemblen més entre ells. Per analitzar les diferències en la composició de comunitats segons el règim hidrològic, es va realitzar una classificació de la hidrologia del riu en 3 classes: permanent, intermitent i efímer, segons Gallart *et al.* (2012). Aquesta classificació es basa en la permanència d'aigua: si era major a 0,95 es considerava permanent; entre 0,95 i 0,35 intermitent; i, menor a 0,35 efímer. Es va testar també l'MDS sense les espècies "rars", considerant una espècie rara aquella que només es trobava en un punt de mostreig: *Endochironomus* a H2, *Heleniella* a T1 i *Paracladopelma* a T2 (veure Annex III).

Com l'hàbitat també es pot veure afectat per la disponibilitat d'aigua, es va comprovar la possible relació entre l'índex d'hàbitat fluvial (IHF)<sup>2</sup> i la permanència de l'aigua. Es va realitzar una regressió lineal entre el valor d'IHF (veure Annex IV) i la permanència d'aigua de cada punt de mostreig.

Finalment, per detectar la possible presència de gèneres amb adaptacions a la sequera (H5), es va fer servir un anàlisi d'espècies indicadores amb la funció *multipatt* dins del paquet *indicspecies* (De Cáceres & Legendre, 2009). Aquest anàlisi mesura l'associació entre una espècie amb un grup de mostres determinat. En aquest cas, es va analitzar en relació a un grup amb 3 classes definides segons la permanència d'aigua (tal i com es va fer en la hipòtesi 4, per analitzar les diferències en la composició de comunitats segons el règim hidrològic).

### 3. RESULTATS

En total es van capturar 1.139 individus, d'aquests es van muntar e identificar 531 individus, trobant 31 gèneres de quironòmids, de les 4 subfamílies: Tanypodinae, Prodiamesinae, Orthoclaadiinae i Chironominae (veure Annex II). De tots aquests, els més capturats foren *Microtendipes*, *Procladius*, *Stictochironomus* i *Zavrelimyia*. En total 509 individus eren de Vall d'Horta (preparats 212), 415 de Talamanca (preparats 213) i 215 de Santa Creu (preparats 106). Es va trobar també alguna diferència en les captures totals en la subfamília o tribu dominant (Taula 2), però sobretot en els gèneres principals presents (Taula 3).

**Taula 2.** Número d'individus per mostra (ind./mostra) per subfamílies i algunes tribus (Macropelopini i Pentaneurini, tribus de la subfamília Tanypodinae; Chironomini i Tanytarsini, tribus de la subfamília Chironominae) als 3 rius (Vall d'Horta, Talamanca i Santa Creu) i abundància relativa entre parèntesi. Ressaltat en color la subfamília o tribu dominant a cada riu.

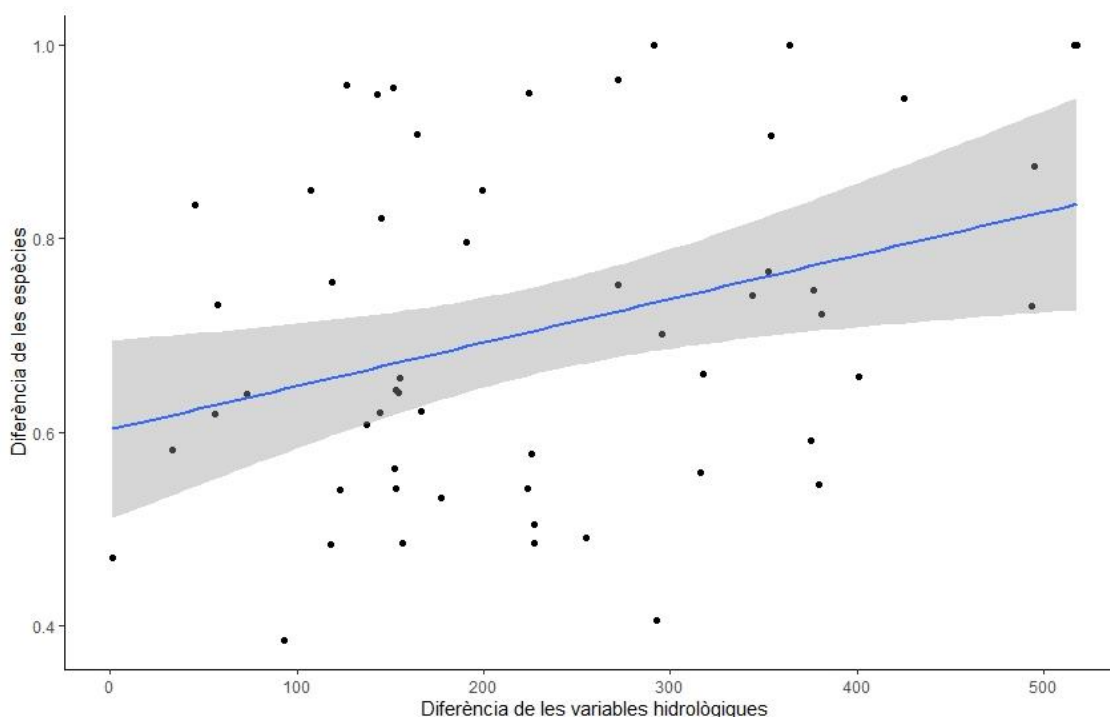
Vall d'Horta		Talamanca		Santa Creu	
Subfamília/Tribu	Ind./mostra	Subfamília/Tribu	Ind./mostra	Subfamília/Tribu	Ind./mostra
Chironomini	156 (31%)	Chironomini	155 (37%)	Orthoclaadiinae	92 (43%)
Orthoclaadiinae	148 (29%)	Tanytarsini	114 (28%)	Chironomini	44 (20%)
Pentaneurini	86 (17%)	Pentaneurini	71 (17%)	Pentaneurini	34 (16%)
Tanytarsini	59 (11%)	Orthoclaadiinae	52 (12%)	Macropelopini	29 (14%)
Macropelopini	46 (9%)	Macropelopini	23 (6%)	Tanytarsini	16 (7%)
Prodiamesinae	14 (3%)	Prodiamesinae	0 (0%)	Prodiamesinae	0 (0%)

<sup>2</sup> L'IHF (índex d'hàbitat fluvial) valora aspectes físics de la llera relacionats amb l'heterogeneïtat d'hàbitats i que depenen en gran mesura de la hidrologia i del substrat existent (Pardo *et al.*, 2002).

**Taula 3.** Gèneres amb més nombre d'individus a cada riu, entre parèntesi l'abundància relativa.

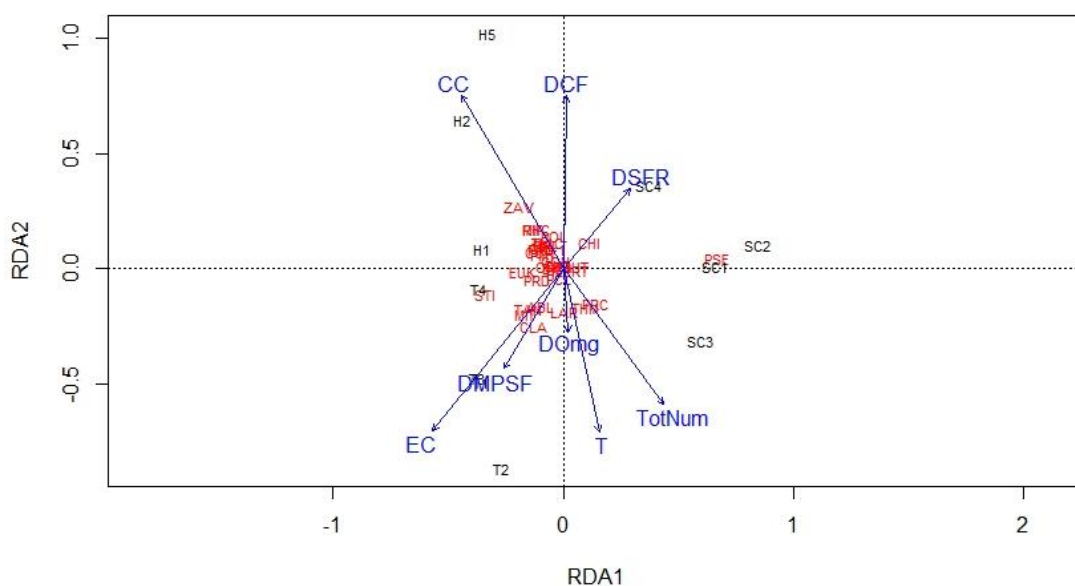
Vall d'Horta		Talamanca		Santa Creu	
Gèneres	Ind./mostra	Gèneres	Ind./mostra	Gèneres	Ind./mostra
<i>Zavrelimyia</i>	82 (16%)	<i>Stictochironomus</i>	73 (18%)	<i>Psectrocladius</i>	67 (31%)
<i>Stictochironomus</i>	81 (16%)	<i>Microtendipes</i>	63 (15%)	<i>Chironomus</i>	34 (16%)
<i>Micropsectra</i>	45 (9%)	<i>Cladotanytarsus</i>	56 (14%)	<i>Procladius</i>	29 (13%)
<i>Procladius</i>	34 (7%)	<i>Tanytarsus</i>	48 (11%)	<i>Corynoneura</i>	25 (12%)
<i>Rheocricotopus</i>	32 (6%)	<i>Ablabesmyia</i>	24 (6%)	<i>Zavrelimyia</i>	12 (6%)

Pel que fa a la relació entre les variables hidrològiques (descrites en l'apartat anterior) i l'estructura de les comunitats de quironòmids, es va trobar una relació significativa entre la diferència d'espècies per punt de mostreig i la diferència de les variables hidrològiques per punt de mostreig, amb un p-valor de 0,012 i una  $R^2$  de 0,096 (Figura 6).



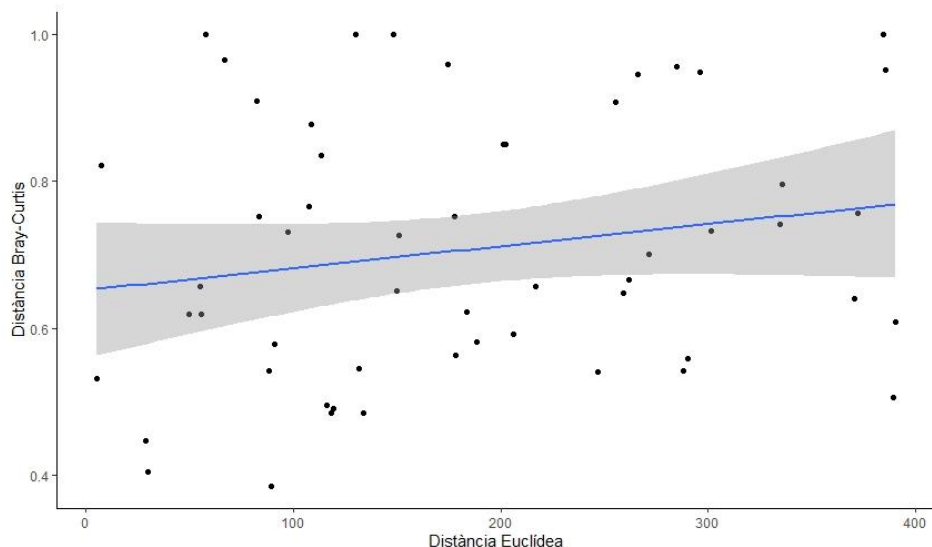
**Figura 6.** Relació entre les variables hidrològiques i la matriu de gèneres de quironòmids. Les variables hidrològiques testades varen ser: dies amb flux, dies sense flux, permanència del flux (en %), intermitència del flux (en %), duració mitjana dels períodes sense flux (en dies), màxim període sense flux (en dies), nombre de períodes de sequera i dies des de la represa del flux d'aigua. La matriu de quironòmids es va convertir a matriu de distàncies mitjançant el càlcul de la distància Bray-Curtis, i la matriu de variables hidrològiques es va convertir a una matriu de distàncies mitjançant el càlcul de la distància euclidiana.

Segons l'anàlisi RDA les variables ambientals i hidrològiques mesurades van explicar una part de la variabilitat (54%) en la composició de les comunitats de quironòmids. A la figura 7 es pot veure que molts dels gèneres es troben en una situació intermèdia, no sent gaire indicadors d'un paràmetre concret, si no d'un conjunt de variables. En canvi, els punts de mostreig es situen en diferents extrems. Els punts de Santa Creu es troben a la dreta, poc relacionats amb CC i molt amb TotNum i DSFR; els de Vall d'Horta es troben a l'altre extrem (poc relacionats amb TotNum i molt amb CC); i, els de Talamanca es troben poc relacionats amb DSFR i molt relacionats amb EC i DMPSF. Posteriorment, es va realitzar un *Forward Selection* on les variables que van ser seleccionades (entre les 8 mesurades, veure Annex I) van ser EC i CC amb un p-valor significatiu de 0,001, explicant el 27% de la variació. I, per tal d'observar la relació entre EC i CC amb els gèneres de quironòmids, es va realitzar un model lineal amb el càlcul de les distàncies euclidianes d'EC i CC amb les dades de quironòmids (Figura 8), obtenint un p-valor no significatiu de 0,167 i un R<sup>2</sup> de 0,017.



**Figura 7.** RDA on es mostren els diferents punts dels rius en negre, els gèneres de quironòmids en vermell i les variables ambientals (hidrològiques i fisicoquímiques) en blau. CC: Cobertura d'arbres; DCF: Dies amb flux; DSFR: Dies des de la represa del flux; EC: Conductivitat elèctrica; DMPSF: Duració mitjana de períodes sense flux; DQmg: Oxigen dissolt en mg; T: Temperatura (en °C); TotNum: nombre de períodes de sequera. Per veure el significat dels acrònims dels gèneres veure Annex V.





**Figura 8.** Relació entre les variables EC i CC amb els gèneres de quironòmids.

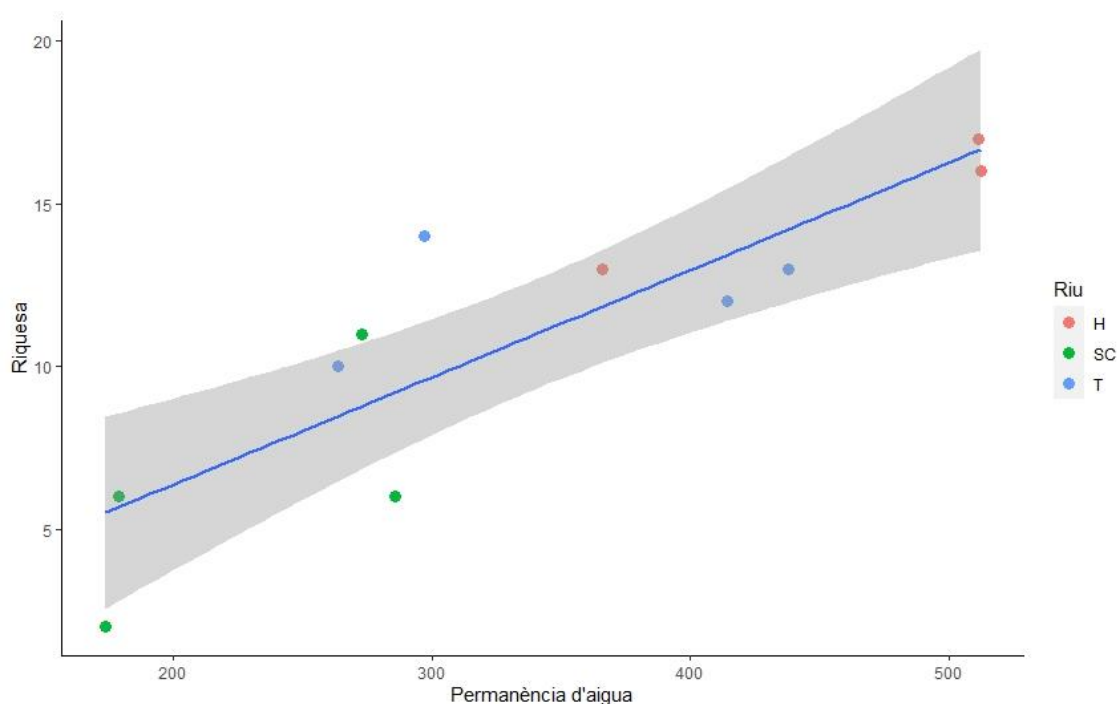
També es va testar la relació entre EC i CC amb la riquesa de quironòmids, i es va obtenir un resultat no significatiu en el cas d'EC ( $p$ -valor = 0,352 i  $R^2 = -0,004$ ) i significatiu en el cas de CC ( $p$ -valor = 0,041 i  $R^2 = 0,320$ ). De totes maneres hi ha molta dispersió de valors mostrant que la relació amb les variables mesurades és complexa.

Per últim, es va fer una partició de la variància per tal d'observar quina part de les diferències de les comunitats ve explicada per cada tipus de variable de manera independent (variables hidrològiques o variables ambientals) i quina altra part és explicada per la interacció dels dos tipus de variables (Taula 4). Es va trobar que una part de la variància en la composició de les comunitats ve explicada per les variables hidrològiques i per la interacció entre les variables hidrològiques i les ambientals (EC i CC), trobant així que tant la hidrologia com la conductivitat elèctrica i la cobertura arbòria, tenen un efecte conjunt sobre les comunitats de quironòmids. Però, també hi havia una altra part de la variació que és inexplicada per aquestes variables (residus).

**Taula 4.** Resultats de la partició de la variància en la composició de les comunitats de quironòmids respecte les variables hidrològiques i les variables ambientals (EC i CC).

PARTICIÓ DE LA VARIÀNCIA	$R^2$ ajustat	Variància
<b>Variables hidrològiques</b>	0,026	2,6%
<b>Variables ambientals (EC i CC)</b>	0,008	0,8%
<b>Interacció</b>	0,030	3%
<b>Residus</b>	0,936	

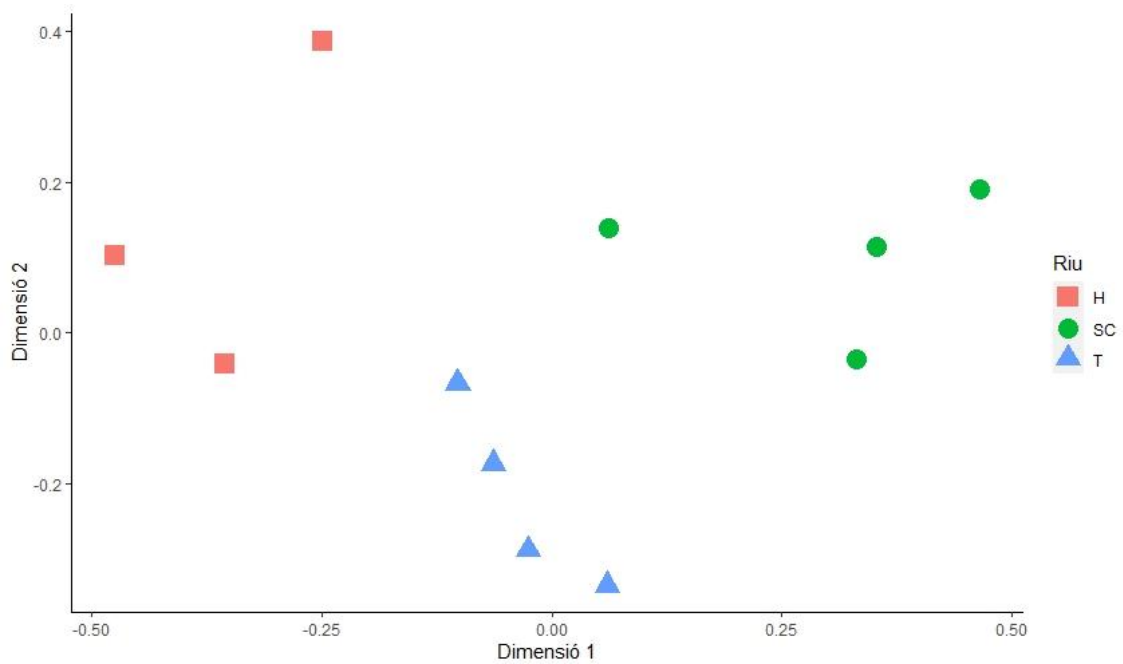
Pel que fa a la riquesa, es va trobar una relació lineal amb la permanència de l'aigua amb un p-valor de  $6,9 \cdot 10^{-4}$ , i una  $R^2$  de 0,71 (Figura 9). Trobant així més riquesa de gèneres de quironòmids quants més dies amb aigua hi ha.



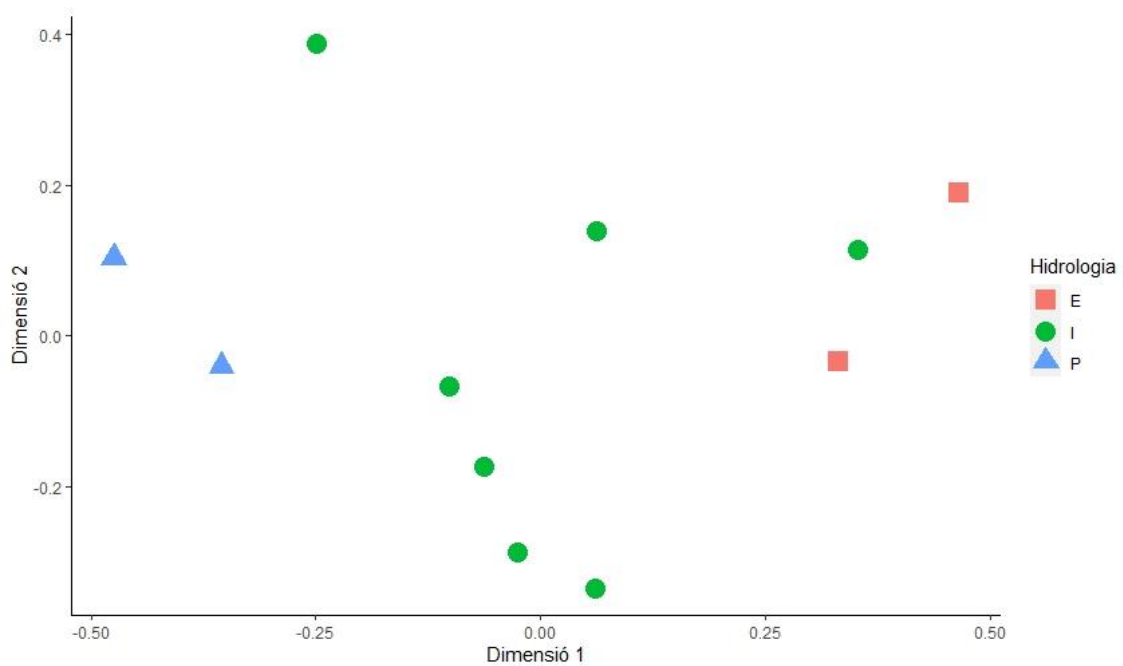
**Figura 9.** Relació entre la riquesa de quironòmids (nombre de gèneres) i la permanència del flux d'aigua (en dies).

La composició de les comunitats de quironòmids va mostrar diferències significatives en els diferents rius, amb una significança en el test estadístic ANOSIM de 0,0002 i una  $R^2$  de 0,83, i gràficament amb l'MDS a la següent figura (Figura 10). Es veu clarament que cada riu, en conjunt, té una comunitat diferent de quironòmids, el que està d'acord amb el que es veu a la figura 9 i a la figura 11.

També es van trobar diferències significatives en la composició de les comunitats de quironòmids segons els dies sense flux d'aigua, amb una significança en el test estadístic ANOSIM de 0,027 i gràficament amb l'MDS a la següent figura (Figura 11). Es va veure que dos punts de Vall d'Horta eren permanents amb una comunitat que diferia del tercer punt (H5), en que aquest es classificava com intermitent i que compartia la mateixa comunitat que Talamanca i dos punts de Santa Creu (SC1 i SC4). I, finalment, dos punts de Santa Creu (SC2 i SC3) que es classificaven com efímers, tenint una comunitat diferent a la resta.

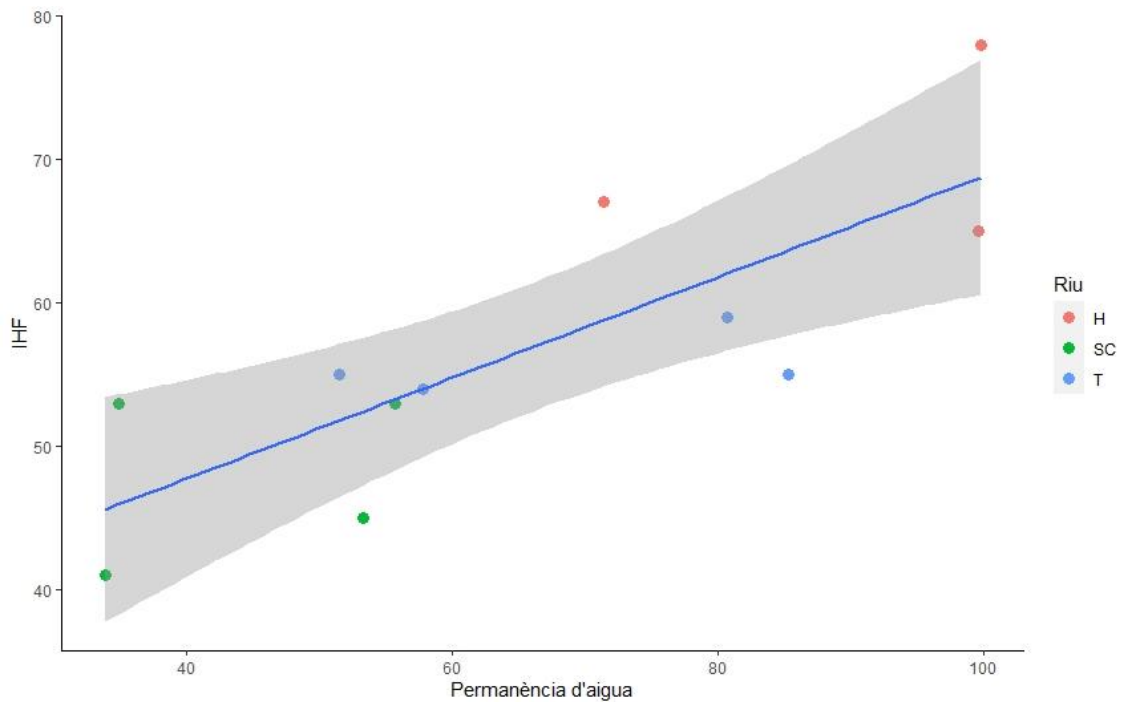


**Figura 10.** MDS de la composició de les comunitats de quironòmids per rius. H: Vall d'Horta, SC: Santa Creu, T: Talamanca.



**Figura 11.** MDS de la composició de les comunitats de quironòmids segons els dies sense flux. E: Efímer, I: Intermitent, P: Més Permanent.

A més a més, es va analitzar si hi havia una relació lineal significativa pel que fa a l'IHF (índex d'hàbitat fluvial) i la permanència d'aigua al riu dels diferents punts de mostreig. Es va trobar una relació lineal amb un p-valor significatiu de 0,0034 i una  $R^2$  de 0,59 (Figura 12).



**Figura 12.** Relació entre l'IHF (índex d'hàbitat fluvial) i la permanència d'aigua al riu (en %).

Per últim, amb l'anàlisi d'espècies indicadores, s'ha trobat que alguns gèneres són significatius en cada riu (Taula 5).

**Taula 5.** Resultats de l'anàlisi d'espècies indicadores amb *multipatt*.

Grup 1 = Vall d'Horta		Grup 2 = Talamanca	
Gènere	p-valor	Gènere	p-valor
<i>Brillia</i>	0,008**	<i>Ablabesmyia</i>	0,019*
<i>Macropelopia</i>	0,008**	Grup 3 = Santa Creu	
<i>Prodiamesa</i>	0,008**		
<i>Rheocricotopus</i>	0,016*	<i>Psectrocladius</i>	0,003**
<i>Zavrelimyia</i>	0,034*	Grup 1+2 = Vall d'Horta + Talamanca	
<i>Thienemanniella</i>	0,047*	<i>Eukiefferiella</i>	0,035*
<i>Conchapelopia</i>	0,048*	<i>Stictochironomus</i>	0,035*

Troband que *Brillia*, *Macropelopia*, *Prodiamesa*, *Rheocricotopus*, *Zavrelimyia*, *Thienemanniella* i *Conchapelopia* estan forta i significativament relacionades amb el riu Vall d'Horta. Mentre que *Ablabesmyia* està relacionada amb Talamanca, i *Psectrocladius* amb Santa Creu. En canvi, *Eukiefferiella* i *Stictochironomus* estan relacionats tant amb Vall d'Horta com amb Talamanca.

## 4. DISCUSSIÓ

Tot i que s'ha trobat que una àmplia gamma de factors físics i químics influeixen en l'estructura de les comunitats de macroinvertebrats, la permanència d'aigua té una importància cabdal per a molts tàxons, sent una de les condicions més important que determina la composició de les comunitats (Smith & Wood, 2002; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2020). És per tant que analitzant les variables hidrològiques (basades en la permanència d'aigua) s'ha trobat, com s'esperava, una relació significativa entre aquestes variables i la comunitat de quironòmids (H1) (Figures 9 a 11). Trobant així que la hidrologia controla l'ecologia dels rius determinant la composició de comunitats (Bonada *et al.*, 2020).

S'ha vist que hi ha més abundància i riquesa de quironòmids a Vall d'Horta, perquè té major permanència d'aigua, que condiona que es trobi més nombre d'individus (Wilding *et al.*, 2018). També té més cobertura arbòria que proporciona més heterogeneïtat en l'espai, és a dir, més nombre de microhàbitats que permeten que hi hagi diferents comunitats de quironòmids (Bonada *et al.*, 2007; García-Roger *et al.*, 2011; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2016), i a la vegada més recursos de matèria vegetal per alimentar-se (Callisto *et al.*, 2007; Leite-Rossi *et al.*, 2016). Això últim es confirmaria amb la presència de *Brillia* trobada a Vall d'Horta, gènere que està relacionat amb la descomposició de fulles. Mentre que Talamanca i Santa Creu tenen menor permanència d'aigua i menor nombre de microhàbitats degut a que tenen un substrat més dur que no permet que la vegetació hi creixi tant, coses que condiona l'establiment de les comunitats. Ja que a més de la importància de la hidrologia, la variabilitat de microhàbitats proporciona diversitat de llocs de repòs, adquisició d'aliments, reproducció i desenvolupament, així com refugi dels depredadors (García-Roger *et al.*, 2011). La relació directa entre intermitència i IHF explica també que hi hagi major riquesa de quironòmids quan hi ha més substrats disponibles.

Concretament, s'ha trobat més abundància de Chironomii a Vall d'Horta i Talamanca, i més Orthoclaadiinae a Vall d'Horta i Santa Creu. A nivell de gèneres, trobem dominància de *Zavrelimyia* i *Stictochironomus* a Vall d'Horta; *Stictochironomus*, *Microtendipes* i *Cladotanytarsus* a Talamanca; i, *Psectrocladius* a Santa Creu. Això, concorda amb la permanència del flux, ja que segons el que va trobar Bazzanti *et al.* (1997), Chironominae i Tanypodinae dominen en llocs amb la fase d'aigua més llarga; mentre que, Orthocladinae domina en llocs amb la fase d'aigua més curta.

També s'ha trobat que una part de la variació en l'abundància de gèneres de quironòmids és explicada per les variables hidrològiques i per la interacció d'aquestes i

de les dues ambientals: conductivitat elèctrica (EC) i cobertura arbòria (CC). Contradient aparentment la hipòtesi 2 (H2). Però això té sentit perquè tant EC com CC tenen relació amb la hidrologia, ja que si el riu s'asseca, les variables fisicoquímiques canvien en relació al canvi en la hidrologia, afectant en aquest cas aquestes dues variables a la composició de les comunitats fluvials (Bonada *et al.*, 2020). La conductivitat elèctrica augmenta quan hi ha menys aigua al riu degut a un efecte de concentració de sals, i això pot afectar en aspectes clau de les poblacions d'insectes com ara l'oviposició, la pupació i l'emergència afectant així a la diversitat del riu (Cañedo-Argüelles *et al.*, 2013). Mentre que la CC depèn de la disponibilitat d'aigua en el subsol i del tipus de substrat de les ribes (les zones rocoses tenen menys arbres), oferint diferents tipus d'hàbitats que afavoreixen a les comunitats, com s'ha comentat anteriorment. I, a més, la vegetació ripària pot afectar a la supervivència dels invertebrats aquàtics emergents, degut a que aquesta vegetació manté la temperatura més baixa que si no hi fos (Bogan *et al.*, 2017). Encara que també hi ha una bona part de la variació que no és explicada per les variables hidrològiques i ambientals, i que per tant, pot ser explicat per altres factors que no s'han analitzat en aquest treball com la connectivitat hidrològica i les interaccions entre espècies (García-Girón *et al.*, 2020; Pineda-Morante *et al.*, 2022).

Per altra banda, com s'esperava, es va trobar més riquesa taxonòmica de quironòmids a Vall d'Horta (el riu més permanent) que a Santa Creu (riu més efímer), comprovant la relació positiva entre la riquesa de quironòmids i la permanència d'aigua al riu (H3). Això concorda amb estudis com Bazzanti *et al.* (2008), Datry *et al.* (2014b), García-Roger *et al.* (2011) i Wilding *et al.* (2018), en que la intermitència del flux d'aigua influeix significativament en la riquesa d'invertebrats aquàtics, quant més dies sense flux, menys riquesa taxonòmica. Això es dona perquè quan hi ha menys permanència d'aigua, hi ha menys nivell d'aigua, menys disponibilitat d'espais i desapareixen les zones amb flux d'aigua, afectant a gèneres com *Rheocricotopus* o *Eukiefferiella* que desapareixen, a més d'haver menys aliment. Per contra, si hi ha més permanència d'aigua es pot desenvolupar més vegetació ripària i més disponibilitat d'espais i de recursos (p.ex: la fullaraca com a font d'aliment). L'article de Clarke *et al.* (2010) també recolza aquest argument, en aquest estudi van trobar que la riquesa taxonòmica era menor en zones intermitents i efímeres que en les permanents, i que el període de temps sense flux d'aigua semblava produir diferències en la composició de les comunitats.

Tot això lliga amb la següent hipòtesi, en que s'esperava trobar diferents comunitats de quironòmids segons el riu i segons el règim hidrològic (H4). Concretament, les

característiques de l'hàbitat com el substrat del riu i el flux d'aigua, condicionen la permanència del flux, per tant, si s'asseca més o menys a l'estiu (període sec). Això, comporta que es trobin comunitats diferents, i espècies amb diferents adaptacions segons sigui el riu permanent, intermitent o efímer (Bonada *et al.*, 2007; García-Roger *et al.*, 2011).

Les espècies que habiten rius alterats de manera previsible, com són els rius mediterranis, s'espera que tinguin adaptacions al seu cicle vital que maximitzin el creixement i la reproducció durant el període de condicions ambientals favorables i minimitzin l'exposició de les etapes vulnerables a condicions més extremes com és la sequera (Gasith & Resh, 1999). Però pel que fa a la hipòtesi 5, no s'han trobat espècies amb adaptacions especials a la intermitència. Alguns quironòmids es poden trobar en ambients àrids a on fan capolls i poden resistir mesos o anys abans no arribi l'aigua, però es dona només en llocs desèrtics (gènere *Hydrobaenus*). Encara que sí s'ha trobat que en el riu més efímer domina el gènere *Psectrocladius*, que és un gènere que domina en basses, en ambients on no hi ha flux o molt poc flux al llarg de l'any, fet que concorda, ja que el que predomina a Santa Creu són basses.

Després d'una sequera, els rius es colonitzen amb espècies que provenen de llocs propers que serien més permanents o de rius en els que han quedat basses. Es veu en els tres rius estudiats que les espècies més reòfiles (*Rheotanytarsus*, *Rheocricotopus*...) són poc abundants i que en el riu més temporal i segurament més allunyat de rius permanents, hi ha menys gèneres o dominen els de bassa. Això, pot indicar, com ja sabem, que tots tres rius són temporals. Cosa que també confirma la poca presència d'*Orthocladius*, gènere propi de llocs amb corrent. També cal fixar-se que la riquesa d'espècies de quironòmids és molt més baixa a Santa Creu, el que indicaria que costa molt més que arribin espècies de rius més permanents al lloc i que s'hi estableixin.

De cara a futurs estudis, es podrien estudiar les mostres de les diferents estacions de l'any d'aquests rius, perquè segurament es trobarà un canvi en la comunitat de quironòmids segons l'estació degut al canvi interanual en la climatologia (Rieradevall *et al.*, 1999; Bonada & Resh, 2013). Com per exemple, que les mostres agafades amb més flux d'aigua (a la tardor) del riu més efímer (Santa Creu), pugui mostrar que les comunitats no difereixin tant i puguin ser semblants a les comunitats de Vall d'Horta (riu més permanent), degut a la connexió longitudinal de les basses que suposa l'increment d'aigua (Langton & Casas, 1998; García-Roger *et al.*, 2011). O, per contra, que les comunitats difereixin molt del període amb més flux d'aigua (tardor) del període

sec (estiu), degut a la desconexió longitudinal del riu (fragmentació d'hàbitat) i la creació de basses al llarg del riu (Bonada & Resh, 2013).

També s'hauria d'estudiar en diferents anys, uns més humits i altres més secs perquè segurament la composició de les comunitats de quironòmids varia, ja que la dessecació del curs d'aigua pot influir en el desenvolupament de la comunitat durant l'any posterior a la sequera (Acuña *et al.*, 2005; Cañedo-Argüelles *et al.*, 2020).

A més, seria interessant estudiar el període d'abans de la sequera (abans d'estiu) i després, ja que segurament es trobin comunitats de quironòmids diferents (Puntí *et al.*, 2007 & 2009). Això sent degut a la reducció del flux d'aigua que comporta una reducció de l'hàbitat (Gasith & Resh, 1999; García-Roger *et al.*, 2011).

Finalment, seria interessant analitzar les mostres mirant la mida dels individus, perquè pot ser que es trobi que la mida dels individus sigui més petita en anys amb més temperatura com suggereix Wonglersak *et al.* (2021). Ja que s'ha trobat que la mida d'individus adults de quironòmids té una correlació negativa amb la temperatura, veient-se així afectada la taxa de creixement, sent més ràpida, i conseqüentment, la seva mida (Prat, 1985). A més, s'ha vist que la mida de les ales varia segons l'estació de l'any, a més temperatura més petites són les ales (Wonglersak *et al.*, 2021).

## 5. CONCLUSIONS

Els rius mediterranis es caracteritzen per la variació estacional, aquesta es pot estudiar amb les comunitats de quironòmids perquè moltes espècies difereixen de rius permanents a rius intermitents o efímers (Puntí *et al.*, 2007). Ja que un dels factors més importants que influeix la composició de les comunitats dels quironòmids, és la heterogeneïtat temporal, derivada dels canvis en el règim hidrològic dels rius. Aquest règim hidrològic suposa limitacions en les comunitats biològiques en la regió mediterrània degut als períodes de sequera (Puntí *et al.*, 2007). Estudiant les comunitats de quironòmids en la regió mediterrània, ens pot ajudar a entendre millor les conseqüències del canvi climàtic en aquests ecosistemes i la seva biota, ja que s'espera un augment dels rius amb característiques mediterrànies (Bonada *et al.*, 2007; Puntí *et al.*, 2009).

Aquest estudi ha trobat comunitats diferents a cada riu perquè cada riu difereix en la permanència d'aigua (Bazzanti *et al.*, 1997; Smith & Wood, 2002; Wilding *et al.*, 2018). Mostrant diferències significatives pel que fa al règim hidrològic, i tal i com demostra Bonada *et al.* (2007) i García-Roger *et al.* (2011): el riu permanent i intermitent o efímer difereixen en la composició de les comunitats de macroinvertebrats aquàtics.



Tot això, acaba afirmant que els quironòmids poden ser bons indicadors del règim hidrològic en rius mediterranis.

## **6. AGRAÏMENTS**

M'agradaria donar les gràcies a diverses persones per l'ajuda que m'han donat durant la realització d'aquest estudi. Primer, agrair a José María Fernández-Calero per tota la seva ajuda dins i fora del laboratori. També a Miguel Cañedo-Argüelles per guiar-me, aconsellar-me, ajudar-me a analitzar les dades, escriure i revisar aquesta memòria. I, finalment, a Narcís Prat per guiar-me i ajudar-me a escriure la memòria i, especialment, per totes les hores dedicades a ensenyar-me i revisar les identifications de quironòmids.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Acuña, V.; Muñoz, I.; Giorgi, A.; Omella, M.; Sabater, F. & Sabater, S. (2005). Drought and postdrought recovery cycles in an intermittent Mediterranean stream: structural and functional aspects. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(4): 919–933.
- Andersen, T.; Cranston, P.S. & Epler, J.H. (2013). The larvae of Chironomidae (Diptera) of the Holartic Region: Keys and diagnoses. Insect Systematics and Evolution Supplements, Vol. 66. *Entomological Society of Lund*. Sweden.
- Armitage, P.D.; Cranston, P.S. & Pinder, L.C.V. (1995). The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges. Chapman & Hall. London.
- Bazzanti, M.; Serninara, M. & Baldoni, S. (1997). Chironomids (Diptera: Chironomidae) from Three Temporary Ponds of Different Wet Phase Duration in Central Italy. *Journal of Freshwater Ecology*, 12(1): 89-99.
- Bazzanti, M.; Grezzi, F. & Della Bella, V. (2008). Chironomids (Diptera) of Temporary and Permanent Ponds in Central Italy: A Neglected Invertebrate Group in Pond Ecology and Conservation. *Journal of Freshwater Ecology*, 23(2): 219-229.
- Bogan, M.T.; Chester, E.T.; Datry, T.; Murphy, A.L.; Robson, B.J.; Ruhi, A.; Stubbington, R. & Whitney, J.E. (2017). Resistance, resilience, and community recovery in intermittent rivers and ephemeral streams. In T. Datry, N. Bonada & A.J. Boulton (Eds.), *Intermittent rivers and ephemeral streams: Ecology and Management* (pp. 349-376). Elsevier.
- Bonada, N. & Resh, V.H. (2013). Mediterranean-climate streams and rivers: geographically separated but ecologically comparable freshwater systems. *Hydrobiologia*, 719(1): 1-29.
- Bonada, N.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2007). Macroinvertebrate community structure and biological traits related to flow permanence in a Mediterranean river network. *Hydrobiologia*, 589(1): 91–106.
- Bonada, N.; Cañedo-Argüelles, M.; Gallart, F.; Von Schiller, D.; Fortuño, P.; Latron, J.; Llorens, P.; Múrrria, C.; Soria, M.; Vinyoles, D. & Cid, N. (2020). Conservation and Management of Isolated Pools in Temporary Rivers. *Water*, 12(10): 2870.

- Callisto, M.; Gonçalves, J.F. & Graça M.A.S. (2007). Leaf litter as a possible food resource for chironomids (Diptera) in Brazilian and Portuguese headwaters streams. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(2): 442-448.
- Cañedo-Argüelles, M.; Kefford, B.J.; Piscart, C.; Prat, N.; Schäfer, R.B.; Schulz, C.-J. (2013). Salinisation of rivers: An urgent ecological issue. *Environmental Pollution*, 173: 157- 167.
- Cañedo-Argüelles, M.; Boersma, K.S.; Bogan, M.T.; Olden, J.D.; Phillipsen, I.; Schriever, T.A. & Lytle, D.A. (2015). Dispersal strength determines meta-community structure in a dendritic riverine network. *Journal of Biogeography*, 42(4): 778-790.
- Cañedo-Argüelles, M.; Bogan, M. T.; Lytle, D.A. & Prat, N. (2016). Are Chironomidae (Diptera) good indicators of water scarcity? Dryland streams as a case study. *Ecological Indicators*, 71: 155-162.
- Cañedo-Argüelles, M.; Gutiérrez-Cánovas, C.; Acosta, R.; Castro-López, D.; Cid, N.; Fortuño, P.; Munné, A.; Múrria, C.; Pimentão, A.R.; Sarremejane, R.; Soria, M.; Tarrats, P.; Verkaik, I.; Prat, N. & Bonada, N. (2020). As time goes by: 20 years of changes in the aquatic macroinvertebrate metacommunity of Mediterranean river networks. *Journal of Biogeography*, 47(9): 1861-1874.
- Chester, E.T. & Robson, B.J. (2011). Drought refuges, spatial scale and recolonisation by invertebrates in non-perennial streams. *Freshwater Biology*, 56(10): 2094-2104.
- Cid, N.; Verkaik, I.; García-Roger, E.M.; Rieradevall, M.; Bonada, N.; Sánchez-Montoya, M.M.; Gómez, R.; Suárez, M.L.; Vidal-Abarca, M.R.; Demartini, D.; Buffagni, A.; Erba, S.; Karaouzas, I.; Skoulikidis, N. & Prat, N. (2016). A biological tool to assess flow connectivity in reference temporary streams from the Mediterranean Basin. *Science of the Total Environment*, 540(1): 178-190.
- Clarke, A.; Mac Nally, R.; Bond, N. & Lake, P.S. (2010). Flow permanence affects aquatic macroinvertebrate diversity and community structure in three headwater streams in a forested catchment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67(10): 1649–1657.

- Cobo, Fernando. (1998). Valor de conservación e interés faunístico del poblamiento de quironómidos (Diptera: Chironomidae) en los Monegros (Zaragoza, España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 24: 138.
- Czechowski, P.; Stevens, M.I.; Madden, C. & Weinstein, P. (2020). Steps towards a more efficient use of chironomids as bioindicators for freshwater bioassessment: Exploiting eDNA and other genetic tools. *Ecological Indicators*, 110, 105868.
- Datry, T.; Larned, S.T. & Tockner, K. (2014a). Intermittent rivers: A challenge for freshwater ecology. *BioScience*, 64(3): 229-235.
- Datry, T.; Larned, S.T.; Fritz, K.M.; Bogan, M.T.; Wood, P.J.; Meyer, E.I. & Santos, A.N. (2014b). Broad-scale patterns of invertebrate richness and community composition in temporary rivers: effects of flow intermittence. *Ecography*, 37(1): 94-104.
- De Cáceres, M. & Legendre, P. (2009). Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, URL: <http://sites.google.com/site/miqueldecaceres/>
- Döll, P. & Schmied, H.M. (2012). How is the impact of climate change on river flow regimes related to the impact on mean annual runoff? A global-scale analysis. *Environmental Research Letters*, 7(1): 14037.
- Epler, J. (2001). Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina.
- Fortuño, P.; Soria, M.; Acosta R.; Cañedo-Argüelles, M.; Cunillera-Montcusí, D.; Fernández-Calero, J.; Moyano, A.; Prat, N.; Quevedo, G.; Rodríguez, N.; Varga, D.; Vinyoles, D.; Bonada, N. (2022). Efectes del Canvi Ambiental en les comunitats d'organismes dels Rius MEDiterranis (CARIMED). Informe 2021. Diputació de Barcelona. Àrea d'Infraestructures i Espais Naturals (Estudis de la Qualitat Ecològica dels Rius; 30). 68 pp.
- Frouz, J.; Matena, J. & Ali, A. (2003). Survival strategies of chironomids (Diptera: Chironomidae) living in temporary habitats: a review. *European Journal of Entomology*, 100(4): 459-465.
- Frouz, J. & Matena, J. (2015). Desiccation resistance of chironomid larvae. *European Journal of Environmental Sciences*, 5(1): 31-34.

- Gallart, F.; Prat, N.; García-Roger, E.M.; Latron, J.; Rieradevall, M.; Llorens, P.; Barberá, G.G.; Brito, D.; De Girolamo, A.M.; Lo Porto, A.; Buffagni, A.; Erba, S.; Neves, R.; Nikolaidis, N.P.; Perrin, J.L.; Querner, E.P.; Quiñonero, J.M.; Tournoud, M.G.; Tzoraki, O.; Skoulikidis, N.; Gómez, R.; Sánchez-Montoya, M.M. & Froebrich, J. (2012). A novel approach to analysing the regimes of temporary streams in relation to their controls on the composition and structure of aquatic biota. *Hydrology and Earth System Sciences*, 16: 3165–3182.
- García-Girón, J.; Heino, J.; García-Criado, F.; Fernández-Aláez, C. & Alahuhta, J. (2020). Biotic interactions hold the key to understanding metacommunity organisation. *Ecography*, 43: 1180-1190.
- García-Roger, E.M.; Sánchez-Montoya, M.M.; Gómez, R.; Suárez, M. L.; Vidal-Abarca, M.R.; Latron, J.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2011). Do seasonal changes in habitat features influence aquatic macroinvertebrate assemblages in perennial versus temporary Mediterranean streams? *Aquatic Sciences*, 73(4): 567–579.
- Gasith, A. & Resh, V.H. (1999). Streams in Mediterranean Climate Regions: Abiotic Influences and Biotic Responses to Predictable Seasonal Events. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 30(1): 51–81.
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H.T. Ngo (Eds.). Bonn, Germany.
- IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In H.O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem & B. Rama. (Eds.). Cambridge University Press.
- Langton, P.H. & Casas, J. (1998). Changes in chironomid assemblage composition in two Mediterranean mountain streams over a period of extreme hydrological conditions. *Hydrobiologia*, 390(1): 37–49.
- Leite-Rossi, L.A.; Saito, V.S.; Cunha-Santino, M.B. (2016). How does leaf litter chemistry influence its decomposition and colonization by shredder Chironomidae (Diptera) larvae in a tropical stream? *Hydrobiologia*, 771: 119-130.

- Messenger, M.L.; Lehner, B.; Cockburn, C.; Lamouroux, N.; Pella, H.; Snelder, T.; Tockner, K.; Trautmann, T.; Watt, C. & Datry, T. (2021). Global prevalence of non-perennial rivers and streams. *Nature*, 594: 391-397.
- Meybeck, M. (2003). Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 358(1440): 1935-1955.
- Milošević, D., Simić, V., Stojković, M., Čerba, D., Mančev, D., Petrović, A., & Paunović, M. (2013). Spatio-temporal pattern of the Chironomidae community: toward the use of non-biting midges in bioassessment programs. *Aquatic Ecology*, 47(1): 37-55.
- Nicacio, G. & Juen, L. (2015). Chironomids as indicators in freshwater ecosystems: an assessment of the literature. *Insect Conservation and Diversity*, 8: 393–403.
- Oksanen, J.; Simpson, G.L.; Blanchet, F.G.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P.R.; O'Hara, R.B.; Solymos, P.; Stevens, M.H.; Szoecs, E.; Wagner, H.; Barbour, M.; Bedward, M.; Bolker, B.; Borcard, D.; Carvalho, G.; Chirico, M.; De Caceres, M.; Durand, S.; Beatriz, H.; Evangelista, A.; FitzJohn, R.; Friendly, M.; Furneaux, B.; Hannigan, G.; Hill, M.O.; Lahti, L.; McGlinn, D.; Ouellette, M.H.; Ribeiro Cunha, E.; Smith, T.; Stier, A.; Ter Braak, J.F. & Weedon, J. (2022). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-2. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pardo, I.; Álvarez, M.; Casas, J.; Moreno, J.L.; Vivas, S.; Bonada, N.; Alba-Tercedor, J.; Jáimez-Cuéllar, P.; Moyà, G.; Prat, N.; Robles, S.; Suárez, M.L.; Toro, M. & Vidal-Abarca, M.R. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat. *Limnetica*, 21(3-4): 115-133.
- Pineda-Morante, D.; Fernández-Calero, J. M.; Pölsterl, S.; Cunillera-Montcusí, D.; Bonada, M. & Cañedo-Argüelles, M. (2022). Local hydrological conditions and spatial connectivity shape invertebrate communities after rewetting in temporary rivers. *Hydrobiologia*, 849: 1511-1530.
- Prat, N. (1985). Variabilidad morfológica de las poblaciones de *Cladotanytarsus mancus* (Walker, 1856) de los embalses españoles. *Graellsia*, 65-89.

- Prat, N. (2022). Danzando con quironómidos. Una mirada retrospectiva personal a la investigación y gestión del agua en España. *Limnetica*, 41(2): 235-244.
- Prat, N. & García-Roger, E.M. (2018). Are there so many congeneric species of chironomid larvae in a small stream? *Journal of Limnology*, 77: 65-80.
- Prat, N. & Rieradevall, M. (2014a). Clave para la determinación de los principales géneros de quironómidos de los ríos mediterráneos (texto). Versión 1 – Marzo 2014. Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Universitat de Barcelona. 13 pp.
- Prat, N. & Rieradevall, M. (2014b). Clave para la determinación de los principales géneros de quironómidos de los ríos mediterráneos (figuras). Versión 1 – Marzo 2014. Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Universitat de Barcelona. 18 pp.
- Prat, N., & Rieradevall, M. (2014c). Guía para el reconocimiento de las larvas de Chironomidae (DIPTERA) de los ríos mediterráneos. Versión 1 – Diciembre 2014. Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management). Universitat de Barcelona. 29 pp. (F.E.M. Guies. Vol. 3).
- Prat, N.; Gallart, F.; Von Schiller, D.; Polesello, S.; García-Roger, E.M.; Latron, J.; Rieradevall, M.; Llorens, P.; Barberá, G.G.; Brito, D.; De Girolamo, A.M.; Dieter, D.; Lo Porto, A.; Buffagni, A.; Erba, S.; Nikolaidis, N.P.; Querner, E.P.; Tournoud, M.G.; Tzoraki, O.; Skoulikidis, N.; Gómez, R.; Sánchez-Montoya, M.M.; Tockner, K. & Froebrich, J. (2014). The MIRAGE toolbox: an integrated assessment tool for temporary streams. *River Research and Applications*, 30: 1318–1334.
- Puntí, T.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2007). Chironomidae assemblages in reference condition Mediterranean streams: environmental factors, seasonal variability and ecotypes. *Fundamental and Applied Limnology*, 170(2): 149-165.
- Puntí, T.; Rieradevall, M. & Prat, N. (2009). Environmental factors, spatial variation, and specific requirements of Chironomidae in Mediterranean reference streams. *Journal of the North American Benthological Society*, 28(1): 247–265.
- Raunio, J., Heino, J., & Paasivirta, L. (2011). Non-biting midges in biodiversity conservation and environmental assessment: findings from boreal freshwater ecosystems. *Ecological Indicators*, 11(5): 1057-1064.

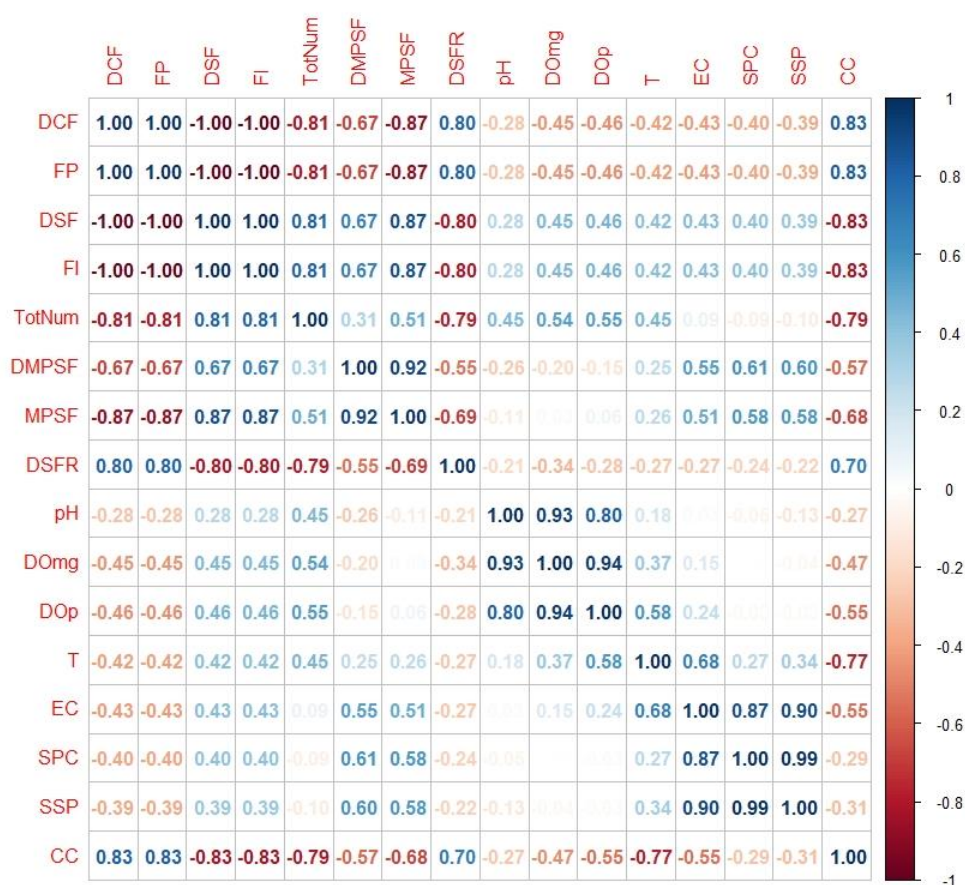
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>
- Reid, A. J.; Carlson, A.K.; Creed, I.F.; Eliason, E.J.; Gell, P.A.; Johnson, P.T.; Kidd, K.A.; MacCormack, T.J.; Olden, J.D.; Ormerod, S.J.; Smol, J.P.; Taylor, W.W.; Tockner, K.; Vermaire, J.C.; Dudgeon, D. & Cooke, S.J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94(3): 849-873.
- Rieradevall, M.; Bonada, N. & Prat, N. (1999). Community structure and water quality in the Mediterranean streams of a natural park (St. Llorenç del Munt, NE Spain). *Limnetica*, 17(4): 45-46.
- Sauquet, E.; Shanafield, M.; Hammond, J.C.; Sefton, C.; Leigh, C. & Datry, T. (2021). Classification and trends in intermittent river flow regimes in Australia, northwestern Europe and USA: A global perspective. *Journal of Hydrology*, 597: 126170.
- Serra, S.R.; Graça, M.A.; Dolédec, S. & Feio, M.J. (2017). Chironomidae traits and life history strategies as indicators of anthropogenic disturbance. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189(7): 326.
- Smith, H. & Wood, P.J. (2002). Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia*, 487(1): 45–58.
- Soria, M.; Leigh, C.; Datry, T.; Bini, L.M. & Bonada, N. (2017). Biodiversity in perennial and intermittent rivers: a meta-analysis. *Oikos*, 126(8): 1078–1089.
- Wei, T. & Simko, V. (2021). R package 'corrplot': Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.92). URL: <https://github.com/taiyun/corrplot>
- Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. URL: <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wilding, N.A.; White, J.C.; Chadd, R.P.; House, A. & Wood, P.J. (2018). The influence of flow permanence and drying pattern on macroinvertebrate biomonitoring tools used in the assessment of riverine ecosystems. *Ecological Indicators*, 85(3-4): 548-555.

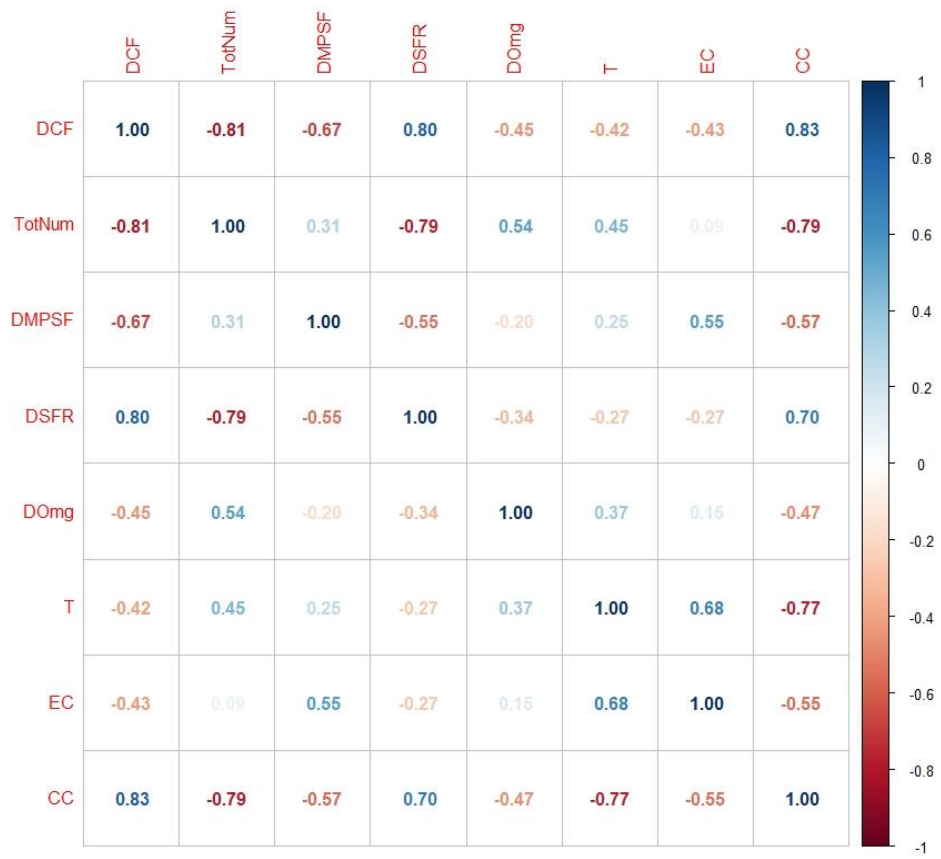


Wonglersak, R.; Fenberg, P.B.; Langdon, P.G.; Brooks, S.J. & Price, B.W. (2021).  
Insect body size changes under future warming projections: a case study of  
Chironomidae (Insecta: Diptera). *Hydrobiologia*, 848: 2785–2796.

## 8. ANNEXOS

8.1. **Annex I:** Correlació de les variables ambientals (físicoquímiques i hidrològiques). En la primera imatge trobem l'anàlisi de correlació amb totes les variables ambientals i a la segona trobem la correlació de les variables ambientals utilitzades per l'anàlisi RDA. DCF: Dies amb flux; FP: flux permanent; DSF: Dies sense flux; FI: flux intermitent; TotNum: nombre de períodes de sequera; DMPSF: Duració mitjana de períodes sense flux; MPSF: Període màxim sense flux; DSFR: Dies des de la represa del flux; pH: pH; DOmg: Oxigen dissolt en mg; DOp: Oxigen dissolt en percentatge; T: Temperatura (en °C); EC: Conductivitat elèctrica; SPC: conductància específica (conductivitat a 25°C); SSP: sòlids en suspensió; CC: Cobertura d'arbres. La correlació positiva es representa en blau i la correlació negativa en vermell. La intensitat del color és proporcional al coeficient de correlació.

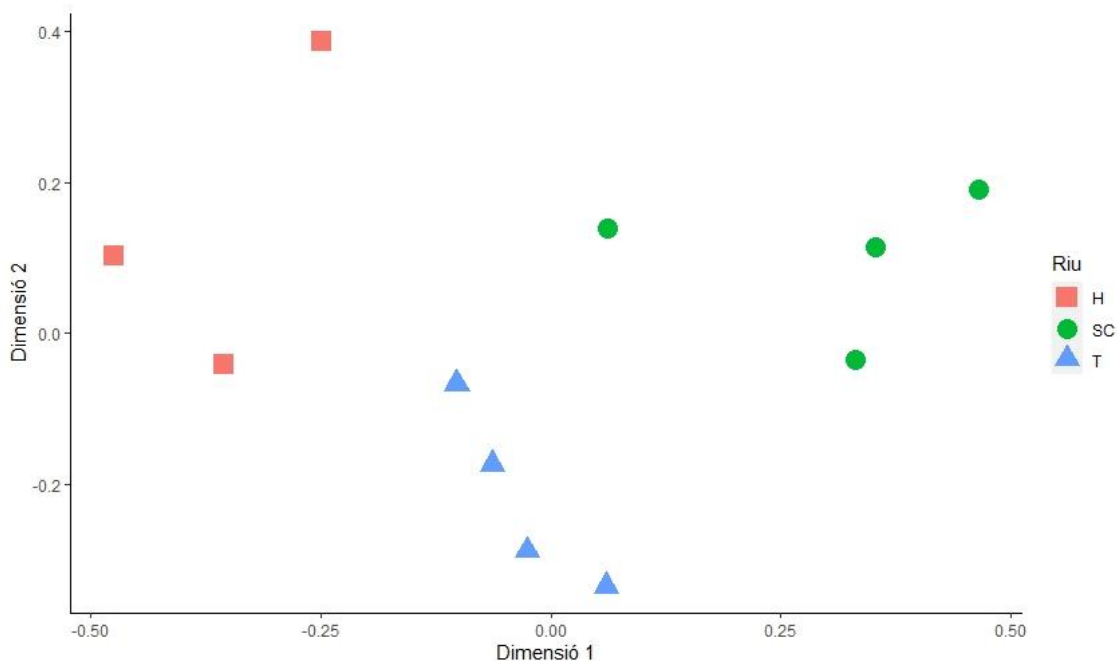




**8.2. Annex II: Matriu d'abundàncies de quironòmids amb el llistat i nombre de gèneres trobats per cada punt de cada riu.**

Riu			Vall d'Horta			Talamanca				Santa Creu			
Gènere	Subfamília	Tribu	H1	H2	H5	T1	T2	T3	T4	SC1	SC2	SC3	SC4
<i>Macropelopia</i>		Macropelopini	1	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Procladius</i>			34	0	0	7	13	2	1	6	0	18	5
<i>Ablabesmyia</i>	Tanypodinae	Pentaneurini	0	0	0	4	10	5	6	0	0	0	5
<i>Conchapelopia</i>			2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Larsia</i>			0	0	0	2	10	2	2	0	0	8	2
<i>Thienemannimyia</i>			0	0	0	2	11	4	0	0	1	7	0
<i>Zavrelimyia</i>			15	20	47	0	0	0	14	0	0	0	12
<i>Prodiamesa</i>	Prodiamesinae		2	11	1	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Brillia</i>	Orthoclaadiinae		2	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Corynoneura</i>			5	0	13	1	0	5	12	0	0	0	25
<i>Cricotopus</i>			0	13	4	6	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eukiefferiella</i>			5	8	5	0	2	16	2	0	0	0	0
<i>Orthocladus</i>			0	0	2	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>Heleniella</i>			0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parametriochnemus</i>			2	15	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Psectrocladius</i>			0	0	0	0	0	0	0	7	10	16	34
<i>Rheocricotopus</i>			2	5	25	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Thienemanniella</i>			0	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomus</i>			7	18	1	0	0	0	1	3	0	3	28
<i>Endochironomus</i>			0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dicrotendipes</i>			6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Microtendipes</i>	Chironomini		13	7	0	11	36	13	3	1	0	0	5
<i>Paracladopelma</i>			0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Paratendipes</i>			0	2	0	9	0	3	3	0	0	0	0
<i>Polypedilum</i>			8	0	11	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Stictochironomus</i>			65	17	0	37	20	13	3	0	0	0	0
<i>Cladotanytarsus</i>	Tanytarsini		0	0	0	0	24	32	0	0	0	0	
<i>Micropsectra</i>			0	20	25	0	0	6	0	0	0	2	
<i>Paratanytarsus</i>			0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
<i>Rheotanytarsus</i>			2	0	0	0	0	2	0	1	0	0	6
<i>Tanytarsus</i>			8	5	0	13	10	0	24	0	0	5	0

**8.3. Annex III:** MDS amb espècies “rars”. Es pot observar que les espècies considerades rares per la seva poca aflluència, no tenen influència.



**8.4. Annex IV:** Valors de l'IHF per cada punt de mostreig i la seva interpretació.

Punt de mostreig	Valor IHF	Interpretació
H1	65	>60 Hàbitat ben constituït. Excel·lent per al desenvolupament de les comunitats de macroinvertebrats.
H2	78	
H5	67	
T1	55	40 - 60 Hàbitat que pot suportar una bona comunitat macroinvertebrada però en la qual, per causes naturals (per exemple, riudes) o antròpiques, alguns elements no estan ben representats.
T2	55	
T3	54	
T4	59	
SC1	53	
SC2	41	
SC3	53	
SC4	45	

Classificació e interpretació basada en l'informe CARIMED<sup>3</sup> 2021 (Fortuño *et al.*, 2022).

<sup>3</sup> Efectes del Canvi Ambiental en les comunitats d'organismes dels Rlus MEDiterranis.

**8.5. Annex V:** Significat dels acrònims de la figura 7.

<b>Acrònim</b>	<b>Gènere</b>	<b>Acrònim</b>	<b>Gènere</b>
ABL	<i>Ablabesmyia</i>	PCL	<i>Paracladopelma</i>
BRI	<i>Brillia</i>	PMT	<i>Parametrioctenus</i>
CHI	<i>Chironomus</i>	PRT	<i>Paratanytarsus</i>
CLA	<i>Cladotanytarsus</i>	PRD	<i>Paratendipes</i>
CON	<i>Conchapelopia</i>	POL	<i>Polypedilum</i>
COR	<i>Corynoneura</i>	PRC	<i>Procladius</i>
CRI	<i>Cricotopus</i>	PRO	<i>Prodiamesa</i>
DIC	<i>Dicrotendipes</i>	PSE	<i>Psectrocladius</i>
END	<i>Endochironomus</i>	RHC	<i>Rheocricotopus</i>
EUK	<i>Eukiefferiella</i>	RHT	<i>Rheotanytarsus</i>
HEL	<i>Heleniella</i>	STI	<i>Stictochironomus</i>
LAR	<i>Larsia</i>	TAN	<i>Tanytarsus</i>
MAC	<i>Macropelopia</i>	THL	<i>Thienemanniella</i>
MIP	<i>Micropsectra</i>	THM	<i>Thienemannimyia</i>
MIT	<i>Microtendipes</i>	ZAV	<i>Zavreliomyia</i>
ORT	<i>Orthocladius</i>		