

Títol del treball: Efecte de diferents tipus de pertorbacions en l'estructura de xarxes de comunitats aquàtiques:

Estudiant: Francesc Xavier Reverté Baró

Grau en: Ciències ambientals

Correu electrònic: u1934690@campus.udg.edu

Tutor: Stéphanie Gascón Garcia

Cotutor*:

Empresa / Institució: Universitat de Girona

Vistiplau tutor (i cotutor*):

Nom del tutor: Stéphanie Gascón Garcia

Nom del cotutor*:

Empresa / institució: Universitat de Girona

Correu(s) electrònic(s): stephanie.gascon@udg.edu

*Si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 6/7/2021

Abstract

This work has been carried out with data obtained in an experiment developed by the EcoAqua research group (EcoAqua (SGR 548), 2017), with the purpose of evaluating the effect of different types of disturbances (press vs. pulse), in the zoo-planktonic community of a Mediterranean coastal lagoon; in La Pletera. The complete project evaluates different aspects related to the effects of these disturbances (from enzymatic efficiencies, to how nutrient content or phytoplankton change), but in this work I focus only on the study of the response of zooplankton according to the type of disturbance. This response will be studied by analysing changes in the abundance and composition of zooplankton.

To simulate these disturbances, water samples from the lagoon were manipulated according to different treatments. The pulse type (P), in which a large amount of nutrients was added on the first day of sampling. The continuous type (C), being a small injection of nutrients daily, for 24 days. Mix type, combining Pulse + continuous (PC), in which half of the nutrient concentration of the treatment (P) was injected on the first day of sampling, and half of the (C) during 24 days. And the control (O), in which no nutrients were injected.

The composition of the zooplankton community has been analyzed through a Principal Component Analysis, from which I found three groups of samples, which have differences in the composition of zooplankton between them. The initial samples had higher biomass of nauplius cyclopodia, nauplius harpacticoida, *Synchaeta spp.*, copepoda calanoida, and ostracoda. The final samples in which there are nutrients injected had higher biomass of larva ostracoda, scuticociliata, larva chironomidae, *Brachionus plicatilis*, and copepoda cyclopodia. Finally, the final samples of the treatment (C) had higher biomass of copepoda cyclopodia + ous, copepoda calanoida + ous, ciliat mixotrof and *Gammarus aequicauda*.

The structure of the community has been evaluated using a set of multifactorial ANOVA, to analyze whether variations in abundance and taxonomic richness and diversity are different depending on the treatment used and the date of sampling. Both, richness and diversity, presented a significant interaction between treatment and date. Low biodiversity is observed in the initial samples, as well as an abnormal increase in the final control samples for all three ANOVA, probably due to the existence of a period of flooding, shortly before the preparation of the experiment, which has affected the results obtained in each treatment.

Resum

Aquest treball s'ha realitzat a partir de les dades obtingudes en un experiment desenvolupat pel grup de recerca EcoAqua (EcoAqua (SGR 548), 2017), amb l'objectiu d'avaluar l'efecte que produeix diferents tipus de pertorbacions (pulsàtils vs. contínues), en la comunitat zooplànctonica d'una llacuna costanera mediterrània, a la Pletera. El projecte complet avalua diferents aspectes relacionats amb els efectes de les pertorbacions (des d'eficiències enzimàtiques, a com canvia el contingut en nutrients o el fitoplàncton), però en aquest treball ens centrem només en l'estudi de la resposta del zooplàncton segons el tipus de pertorbació. Dita resposta s'estudiarà mitjançant l'anàlisi de canvis en l'abundància i composició del zooplàncton.

Per simular aquestes pertorbacions es van manipular mostres d'aigua de la llacuna segons diferents tractaments. El pulsàtil (P), en el que es va addicionar una gran quantitat de nutrients el primer dia de mostreig. El continu (C), tractant-se d'una petita injecció de nutrients diària, durant 24 dies. El pulsàtil + continu (PC), en el qual s'injectava la meitat de la concentració de nutrients del tractament (P) el primer dia de mostreig, i la meitat del (C) durant 24 dies. I el control (O), en el que no s'injectaven nutrients.

La composició de la comunitat de zooplàncton l'hem estudiat mitjançant un Anàlisi de Components Principals, a partir del qual descobrim tres grups de mostres, que presenten diferències en la composició de zooplàncton entre ells. Les mostres inicials presenten major biomassa de nauplius cyclopodia, nauplius harpacticoida, *Synchaeta spp.*, copepoda calanoida, i ostràcoda. Les mostres finals en les quals se'ls hi ha addicionat nutrients presenten major biomassa de larva ostracoda, scuticociliata, larva chironomidae, *Brachionus plicatilis*, i copepoda cyclopodia. I les mostres finals del tractament continu presenten major biomassa de copepoda cyclopodia + ous, copepoda calanoida + ous, ciliat mixotrof i *Gammarus aequicauda*.

L'estructura de la comunitat s'ha avaluat mitjançant un conjunt d'ANOVA multifactorials, per analitzar si les variacions en l'abundància d'individus i la riquesa i diversitat taxonòmica són diferents segons el tractament emprat i la data de mostreig. Tant la riquesa com la diversitat presenten una interacció significativa entre tractament i data. S'observa una baixa diversitat en les mostres inicials, així com un increment anormal en les mostres finals del control per als tres ANOVA, probablement degut a l'existència d'un període d'inundació, poc abans de la preparació de l'experiment, que ha afectat als resultats obtinguts en cada tractament.

Resumen

Este trabajo se ha realizado a partir de los datos obtenidos en un experimento desarrollado por el grupo de investigación EcoAqua (EcoAqua (SGR 548), 2017), con el objetivo de evaluar el efecto que producen diferentes tipos de perturbaciones (pulsátiles vs. continuas), en la comunidad zoo-planctónica de una laguna costera mediterránea, en La Pleta. El proyecto completo evalúa diferentes aspectos relacionados con los efectos de estas perturbaciones (desde las eficiencias enzimáticas, a cómo cambia el contenido en nutrientes o el fitoplancton), pero en este trabajo nos centramos sólo en el estudio de la respuesta del zooplancton según el tipo de perturbación. Esta respuesta se estudiará mediante el análisis de cambios en la abundancia y composición del zooplancton.

Para simular estas perturbaciones se manipularon muestras de agua de la laguna según distintos tratamientos. El pulsátil (P), en el que se le adicionó una gran cantidad de nutrientes el primer día de muestreo. El continuo (C), tratándose de una pequeña inyección de nutrientes diaria, durante 24 días. El pulsátil + continuo (PC), en el que se inyectaba la mitad de la concentración de nutrientes del tratamiento (P) el primer día de muestreo, y la mitad del (C) durante 24 días. Y el control (O), en el que no se le inyectaban nutrientes.

La composición de la comunidad de zooplancton la hemos estudiado mediante un Análisis de Componentes Principales, a partir del cual descubrimos tres grupos de muestras, relacionadas entre sí, que presentan diferencias en la composición de zooplancton entre ellos. Las muestras iniciales presentan mayor biomasa de (nauplius cyclopodia, nauplius harpacticoida, *Synchaeta spp.*, copepoda calanoida, y ostracoda). Las muestras finales en las que se les ha inyectado nutrientes (larva ostracoda, scuticociliata, larva chironomidae, *Brachionus plicatilis*, y copepoda cyclopodia). Y las muestras finales del tratamiento (C), (copepoda cyclopodia + ous, copepoda calanoida + ous, ciliat mixotrof y *Gammarus aequicauda*).

La estructura de la comunidad se ha evaluado mediante un conjunto de ANOVA multifactoriales, para analizar si las variaciones en la abundancia y la riqueza y diversidad taxonómica son distintas según el tratamiento empleado y la fecha de muestreo. Tanto la riqueza como la diversidad presentan una interacción significativa entre tratamiento y fecha. Se observa una baja biodiversidad en las muestras iniciales, así como un incremento anormal en las muestras finales de control para los tres ANOVA, probablemente debido a la existencia de un período de inundaciones, poco antes de la preparación del experimento, que ha afectado a los resultados obtenidos en cada tratamiento.

Índex

Introducció	1
Objectives.....	4
Material i mètodes	5
Àrea d'estudi	5
Disseny experimental.....	6
Anàlisis i tractament de dades	9
Preparació de dades.....	9
Anàlisi de la composició de la comunitat (PCA).....	9
Anàlisi de l'estructura de la comunitat (ANOVA)	10
Resultats.....	11
Anàlisi de la composició de la comunitat (PCA)	11
Anàlisi de l'estructura de la comunitat	12
ANOVA de l'abundància d'individus.....	12
ANOVA de la riquesa taxonòmica	13
ANOVA de la diversitat taxonòmica	14
Discussió	15
Criteri ètics i de sostenibilitat.....	17
Conclusions	18
Bibliografia	19

Introducció

Les llacunes litorals són ambients fràgils i apreciats pels ecologistes, ja que ofereixen uns recursos ecològics únics, i es troben en risc elevat degut a l'elevat grau de sensibilitat d'aquests espais (Simas *et al.*, 2001). Qualsevol petit canvi en les condicions de les llacunes (hidrologia, salinitat, concentració de nutrients, temperatura, etc.), pot traduir-se fàcilment en canvis greus en la composició i diversitat de les comunitats biològiques (Simas *et al.*, 2001).

El canvi climàtic, a més, actua en fort detriment d'aquest tipus d'hàbitats. A trets molt generals, descrivim dos grans fenòmens: l'augment del nivell del mar, que condueix a la pèrdua d'extensió dels ecosistemes litorals i a l'augment de la salinitat de les llacunes; i l'increment de la temperatura, que afavoreix l'allotjament d'aquelles espècies més termòfiles, i la consegüent pèrdua de biodiversitat al desplaçar les autòctones (Ibáñez, 2009). Doncs, aquests tipus d'ecosistemes litorals, es troben en risc elevat i progressivament més amenaçats, per la qual cosa la Directiva d'Hàbitats ha definit les llacunes litorals com un hàbitat d'interès comunitari prioritari. (Life Pletera, 2021; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.d.-b).

Existeixen un sense-fi de tipologies diferents de perturbacions en els ecosistemes naturals, però totes elles es podrien catalogar, segons la seva intensitat i perdurabilitat en el temps, en dos grans grups: aquelles que són sobtades, puntuals i de gran intensitat, anomenades perturbacions pulsàtils; i les conegudes com a contínues, que solen ser menys intenses, però més constants, són estables i perduren en el temps (Quintana, 2016). Per exemple, les inundacions, que poden carregar les llacunes de diferents impropis que arrossega l'aigua fins a elles, sovint nutrients, són un exemple comú de perturbació natural de tipus pulsàtil. Pel que fa a les contínues, moltes activitats antropogèniques acostumen a produir-les, com els abocaments de productes químics, de residus de processos industrials i d'aigües residuals, etc. (Quintana, 2016).

L'efecte d'aquestes perturbacions és molt heterogeni, depenent del tipus de pressions que exerceixen (siguin físiques o químiques, és evident que algunes seran més impactants que altres depenent, per exemple, del grau de toxicitat d'un compost en el medi en qüestió). A més, les conseqüències poden variar molt en funció del grau de resiliència¹ que presenta l'ecosistema enfront una perturbació, que acostuma a ser directament proporcional a la seva complexitat: com major sigui la riquesa d'espècies i biodiversitat, l'estructura de la comunitat serà més complexa i estable, i més mecanismes reguladors tindrà (Angelis *et al.*, 1989; Corry *et al.*, 2010). En el cas de les perturbacions pulsàtils, els seus efectes també divergeixen segons l'estacionalitat que presenta: hem comentat que aquestes perturbacions són sobtades i intenses, però també poden ser estacionals si es repeteixen successivament en intervals de temps similars. En aquest cas, en repetir-se estacionalment, la comunitat en el seu conjunt s'adapta més fàcilment a elles (Damschen *et al.*, 2006; Kominoski *et al.*, 2018; Quintana, 2016). Aquest mateix concepte és descrit com "paradigma polsar" o "estabilitat polsada" que es defineix com a un mecanisme que assegura la persistència dels ecosistemes: les perturbacions pulsàtils regulars actuen com a motors estabilitzadors dels ecosistemes durant el desenvolupament d'aquests (Odum *et al.*, 1995).

¹ Resiliència: definida com la velocitat en la qual un sistema retorna a l'equilibri després d'una perturbació (Angelis *et al.*, 1989)

En les llacunes dels ecosistemes de l'Alt Empordà sovint s'observen períodes d'inundació i confinament, que comporten un augment del nivell de l'aigua i de nutrients i una reducció de la concentració de sals en els períodes d'inundació, i tot el contrari en els períodes de confinament. En les seves llacunes temporànies es pot trobar una relació entre aquests períodes d'inundació i confinament i la composició de l'estructura comunitària, que s'ha de tenir en compte en els resultats d'aquest informe (Quintana *et al.*, 1998; Quintana *et al.*, 2004). És una pertorbació pulsàtil que, si es tracta d'una llacuna confinada, sòl provocar un patró de successions ecològiques a quatre nivells: el medi experimenta un ràpid increment de nutrients que facilitarà la proliferació d'organismes com *Synchaeta spp.* (organismes petits amb una elevada taxa de reproducció si les condicions, com ara la disponibilitat de nutrients, són favorables; primer nivell de successió). Amb el temps, a mesura que els organismes vagin esgotant aquests nutrients, les espècies dominants de l'hàbitat comencen a ser substituïdes, primer per ciclopoïdes, que mantindran la dominància si existeix un cert flux de nutrients continu i de baixa intensitat (segon nivell). Després per calanoides que dominaran l'hàbitat en les llacunes confinades que no presentin aquest flux de nutrients. Només les llacunes molt confinades arriben al quart nivell de successió en el que, depenent de si les condicions de la llacuna són d'eutròfia, oligotròfia o intermèdies, els calanoides són substituïts per *Brachionus plicatilis*, *Odessia maeotica* i *Gammarus aequicauda*, respectivament (Colom, 2016; Quintana *et al.*, 2004; Quintana, 2016). En la **figura 1** es pot observar els 4 nivells de successió planctònica mencionats.

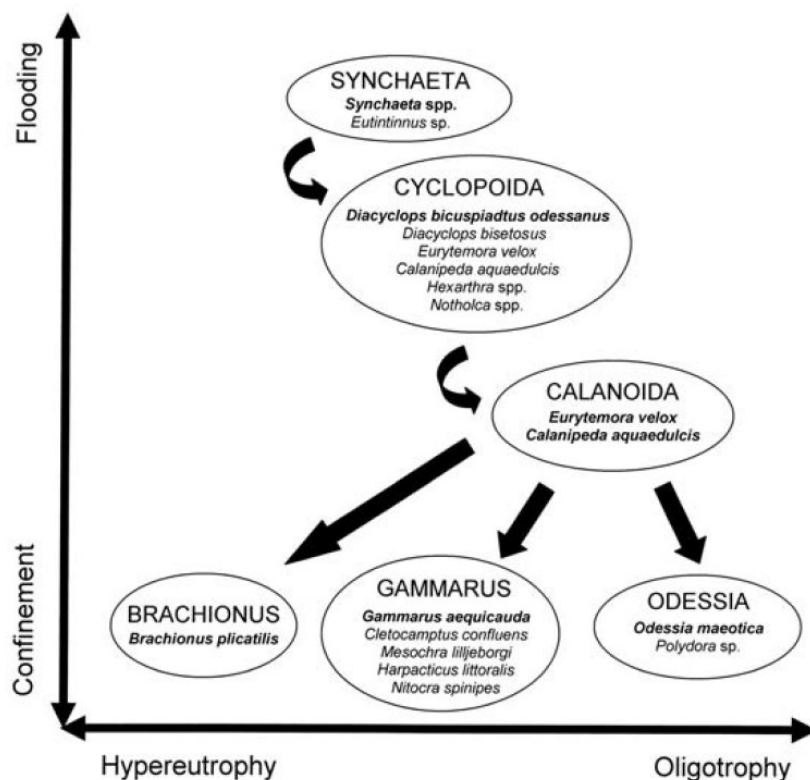


Figura 1: model conceptual del patró de successions planctòniques en els ecosistemes dels aiguamolls confinats de l'Empordà. Font: figura extreta de (Quintana *et al.*, 2006).

Si l'estructura de la comunitat és prou complexa, l'ecosistema disposaria dels suficients mecanismes autoregulators per presentar resiliència a pertorbacions sobtades i puntuals (Quintana, 2016). Encara que intenses, si aquestes pertorbacions són estacionals i no massa properes en el temps entre elles, encara que algunes espècies puguin resultar molt impactades, amb el pas del temps la comunitat en el seu conjunt no es veurà greument perjudicada, de fet s'espera que augmenti la seva biodiversitat. Les pertorbacions pulsàtils en aiguamolls costaners milloren la productivitat dels organismes autòtrofs i la biomassa reduint l'estrès salí i augmentant el subministrament de nutrients i sediments (Kominoski *et al.*, 2018).

En canvi, en el cas de pertorbacions contínues, encara que dèbils, si són prou persistents, poden canviar completament l'estructura de la comunitat (Quintana, 2016). El medi no experimenta una disminució de la disponibilitat de nutrients, al contrari, la concentració base de nutrients al medi augmenta tant que acostuma a provocar un increment del grau d'eutròfia de les llacunes receptores, propiciant l'establiment d'espècies oportunistes, que desplaçaran a les autòctones i s'observarà una pèrdua de biodiversitat de la comunitat (Kominoski *et al.*, 2018; Quintana *et al.*, 2004).

La zona d'aiguamolls de la Pletera, a l'Alt Empordà, el componen un conjunt de llacunes salabroses i poc profundes de l'àrea mediterrània, en la que es produeixen aquests dos tipus de pertorbacions. És en una d'aquestes llacunes en la que es realitza l'experiment.

Objectives

The main objective is to evaluate the effect produced by pulsed disturbance (punctual but intense), press (low intensity but maintained over time), and a combination of the two simultaneously, in the composition and structure of the aquatic community network of zooplankton in a lagoon, brackish and shallow, of the Mediterranean coast.

This will allow to know better the structure of the zoo-planctonic community of the wetlands of La Pletera and their vulnerabilities and trajectories facing these types of disturbances, providing information that can be used to develop, in a future, more precise conservation strategies for these types of habitats and their communities against disturbances that may occur.

Material i mètodes

Aquest treball es desenvolupa a partir d'un experiment del grup de recerca EcoAqua (EcoAqua (SGR 548), 2017), el qual pretén avaluar la resposta de la xarxa de comunitats aquàtica del zooplàncton d'una llacuna costanera mediterrània, davant les pressions causades per pertorbacions contínues, pulsàtils i una combinació de les dues simultàniament.

Per fer-ho es van establir diferents tractaments: El control (O), en el que no se li afegeix cap mena de nutrients, per poder valorar les diferències entre tractament amb nutrients i sense. El continu (C), en el que se li afegeixen nutrients diàriament a l'aigua per valorar les pertorbacions del tipus contínues o "press". El pulsàtil (P), a partir del qual s'estudien les pertorbacions del tipus pulsàtils o "pulse" segons una única addició de nutrients, al dia d'inici de l'experiment (dia 0 del mostreig). Per últim també es va realitzar un tractament que combinava una pertorbació pulsàtil de menor magnitud amb una de contínua, també de menor concentració (PC); en aquest tractament s'afegia la meitat de la concentració total al dia 0 de mostreig, i l'altra meitat es repartia entre els diferents dies que dura el mostreig.

L'estudi avalua diferents paràmetres en les mostres d'aigua, com els ions, nutrients inorgànics, alcalinitat, isòtops de l'aigua, entre d'altres, però en aquest treball ens centrem només en l'anàlisi de la resposta del zooplàncton als diferents tipus de pertorbacions. Dita resposta s'estudiarà mitjançant l'anàlisi de canvis en l'abundància i composició del zooplàncton.

Àrea d'estudi

La zona d'estudi es situa a la Pletera (l'Estartit), un espai litoral que s'ha beneficiat d'un ambiciós projecte de restauració ambiental, conegut com el (Projecte LIFE Pletera, 2014)², que ha permès una desurbanització del territori amb l'objectiu de recuperar la funcionalitat ecològica, serveis eco-sistèmics, i qualitat ambiental que oferia el maresme antigament. Ens ubiquem entre l'Estartit i la desembocadura del riu Ter, un espai que forma part del Parc Natural del Montgrí, de la Xarxa Natura 2000, el PEIN i els aiguamolls del Baix Ter (*Gamero et al.*, 2018). La zona de mostreig s'ubica en una de les llacunes costaneres de l'espai d'aiguamolls. Concretament es troba entre la bassa de Fra Ramón i el Mirador de la Pletera (**figura 2**).

² Life: Programa de Medi Ambient i Acció pel Clima de la Unió Europea. És un instrument financer, gestionat per la Comissió Europea, que impulsa polítiques i desenvolupaments sostenibles, amb l'objectiu del compliment de fites mediambientals i climàtiques. (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.d.-a).

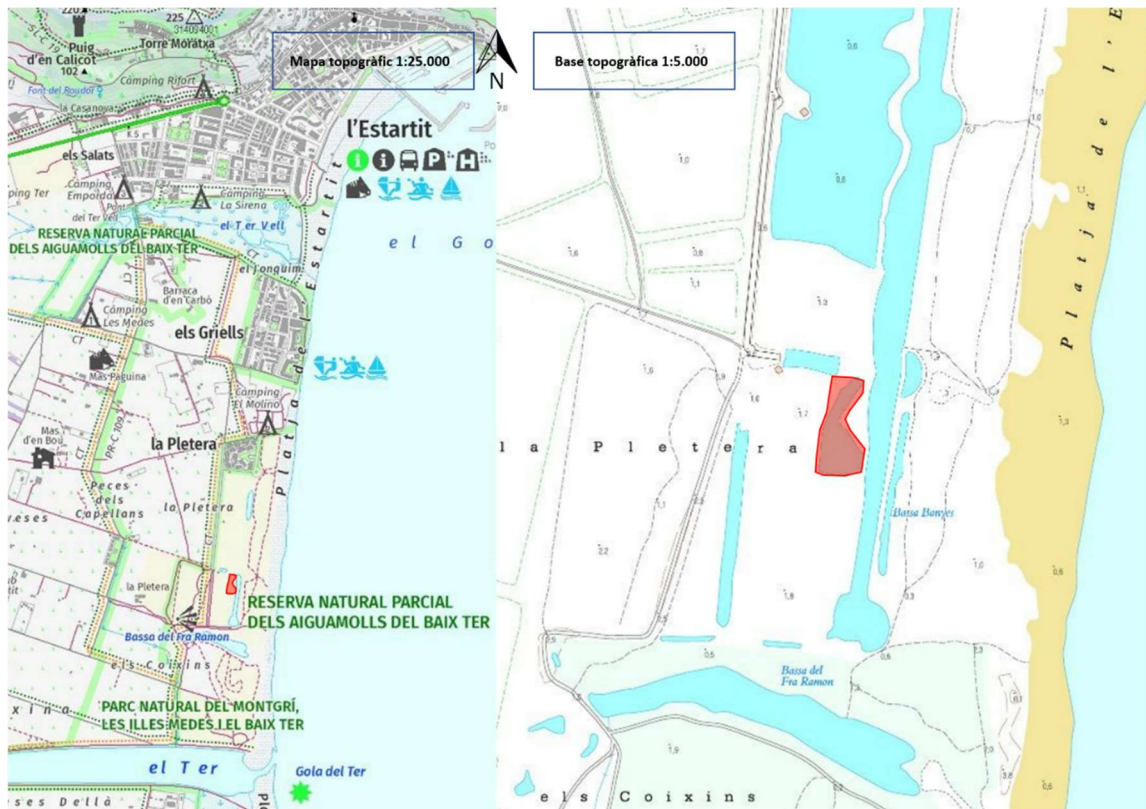


Figura 2: Ubicació de la zona d'instal·lació dels meso-cosmos, en la que es va dur a terme el mostreig, marcada en els mapes en vermell. A l'esquerra un mapa topogràfic a escala 1:25000, per ubicar la zona d'estudi, a la dreta un a escala 1:5000, per ubicar concretament l'àrea de mostreig. Font: mapes topogràfics derivats de l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC). (ICGC, s.d.).

Disseny experimental

Per avaluar l'efecte simulat de perturbacions tipus contínues i pulsàtils es va realitzar un experiment amb meso-cosmos (8 L de capacitat) amb els 4 tipus de tractaments esmentats anteriorment: control (O), continu (C), pulsàtil (P) i continu + pulsàtil (CP). Els meso-cosmos es van col·locar a la llacuna per replicar les condicions de temperatura i de variació de la llum que es donen en les llacunes (**figura 2**).

L'experiment es va estendre al llarg de gairebé 1 mes, i es va mostrejar periòdicament els dies: -3 (un cop instal·lats els meso-cosmos i tres dies abans de la primera addició de nutrients), 0 (primer dia d'addició de nutrients), 1, 5, 11, 18 i 24. Cal mencionar que, en un principi, el procediment estava pensat per arribar fins al dia 28, però es va haver d'acabar 4 dies abans d'hora degut a les restriccions de la COVID.

- **Dia -3:** Instal·lació i preparació de l'experiment: es van col·locar 4 meso-cosmos de 8 L cadascun (un per cada tractament), agrupats dins d'una caixa. Cada caixa disposava d'un sistema de flotació que consistia en 4 ampolles de 1,5 L plenes d'aire, per garantir que els meso-cosmos no s'enfonsessin per complet. Els meso-cosmos eren recoberts per una malla d'aproximadament 1 cm de porus per evitar l'entrada de cossos externs. Es van preparar 5 caixes com aquesta per disposar de 5 rèpliques.

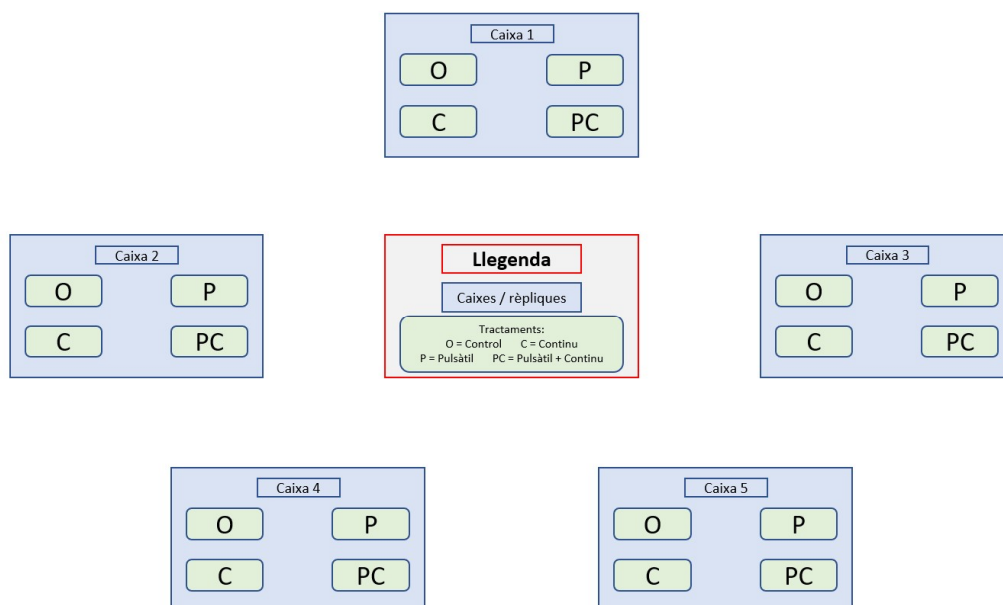


Figura 3: representació gràfica de la instal·lació de mostreig.

Instal·lació del sistema de politges: aquestes caixes es van col·locar al centre de la llacuna de manera que, per evitar crear perturbacions addicionals a l'accedir a elles per fer el mostreig (com crear terbolesa en l'aigua en trepitjar els sediments de la llacuna), va ser necessari un sistema de politges per apropar les caixes a la llera de la llacuna sense entrar-hi físicament. El sistema de politges consistia en 5 jocs de 2 varetes de ferro (un joc per cada gàbia). D'aquestes dues varetes, una es va ubicar al centre de la bassa, on es troba la gàbia, i l'altra a la riba de la llacuna, separades entre elles entre 5 i 10 m, depenent de cada gàbia. Una corda lligada a la caixa i passava a través de les dues varetes de ferro per actuar com a sistema de politges.

Preparació dels meso-cosmos³: es va mostrejar aigua des del centre de la llacuna, extreta a una profunditat d'entre 20 i 30 cm des de la superfície amb un caiac. L'aigua es va col·locar en recipients de 20 L, llavors era homogeneïtzada i es repartia per igual entre els meso-cosmos fins a aconseguir emplenar tots els meso-cosmos amb 8 L d'aigua de la llacuna. Finalment es van retirar 3 L de cada meso-cosmos per filtrar el zooplàncton i prendre les mostres inicials (-3), de manera que els contenidors es van quedar amb 5 L des del dia -3 fins al 0. Es va repetir aquest procediment per a cadascuna de les 5 rèpliques.

- **Dia 0:** es van afegir 2 L d'aigua de mar simulada a cada contenidor de mostreig (de manera que passarien de 5 a 7 L). Aquesta aigua de mar simulada era aigua destil·lada (per evitar contaminants i nutrients extres que puguin afectar a l'experiment) amb una concentració de sal de 3,5%. Posteriorment, es va iniciar el procediment d'addició de nutrients detallat (**taula 1**):
 - **Control (O):** com es tracta del control, no se li va afegir cap mena de nutrients, només es va addicionar 10 mL d'aigua destil·lada diàriament (perquè presenti el mateix volum que els altres tractaments).

³ Meso-cosmos: en aquest cas, cada una de les rèpliques de cada contenidor de mostreig. Més endavant també ens referirem al meso-cosmos com a una variable de tractament de dades (pàgina 14)

- **Pulsàtil (P):** es va afegir a cada meso-cosmos d'aquest tractament la concentració màxima de nutrients ([P]), en un únic dia (dia 0). S'afegiren 10 mL d'aigua destil·lada amb una concentració de 32,66 mg (NaNO₃)/mL, i una concentració de 4,18 mg (K₂HPO₄)/mL a cada rèplica del tractament P. Les concentracions van ser escollides com la màxima concentració trobada en les llacunes després d'una pertorbació.
- **Contínua (C):** es va crear una solució d'aigua destil·lada amb una concentració de 0,583 mg (NaNO₃)/mL, i 0,075 mg (K₂HPO₄)/mL. D'aquesta solució s'afegeixen 10 mL diàriament (24 dies) a cada contenidor de mostreig. Correspon a la meitat de la concentració màxima dividida entre 28 (degut als 28 dies que havia de durar el tractament de mostres).
- **Pulsàtil + contínua (PC):**
 - **Part pulsàtil:** igual que tractament pulsàtil (P), però reduint la concentració de nutrients a la meitat. Es decideix afegir la meitat de la concentració per facilitar la lectura de les contribucions diàries de la injecció contínua de 24 dies.
 - **Part contínua:** 1 L de la mateixa solució C es va diluir afegint 1 L d'aigua destil·lada (obtenint així una nova solució amb la meitat de la concentració de l'original). 10 mL d'aquesta solució van ser afegits diàriament.

Taula 1: detall de les addicions de nutrients en cada tractament.

Tractaments	Concentració de nutrients	mL	Concentració relativa	Addicions
Control (O)	-	-	-	-
Pulsàtil (P)	(32,66 mg(NaNO ₃) + 4,18 mg(K ₂ HPO ₄))/mL	10	[P]	1
Contínua (C)	(0,583 mg(NaNO ₃) + 0,075 mg(K ₂ HPO ₄))/mL	10	$\frac{1}{2} * [P] / 28$	24
Continu + pulsàtil (PC)	P (16,33 mg(NaNO ₃) + 2,09 mg(K ₂ HPO ₄))/mL	10	$\frac{1}{2} * [P]$	1
	C (0,2915 mg(NaNO ₃) + 0,0375 mg(K ₂ HPO ₄))/mL	10	$\frac{1}{4} * [P] / 28$	24

- **Dies 1, 5, 11, 18:** es van mostrejar els meso-cosmos en cada un d'aquests dies, analitzant concentració de nutrients inorgànics (NO₃, NO₂, NH₄, PO₄), ions majoritaris, activitats enzimàtiques i contingut de clorofil·la. En el nostre cas d'estudi no s'utilitza cap de les dades mostrejades en aquests dies.
- **Dia 24:** no es van afegir nutrients (tot i això, comptant amb què es van afegir al dia 0, van ser un total de 24 addicions), només es va fer el mostreig final, en el que es filtrava la totalitat de la mostra per estudiar l'abundància i distribució de zooplàncton. També es varen analitzar la resta de paràmetres.

Les addicions de nutrients diàries es van donar al voltant de les 12 del migdia. Es van utilitzar pipetes de vidre de 25 ml per extreure mostres i pipetes de 10 ml per a les addicions de nutrients. Es van barrejar els continguts després de cada addició amb una pipeta de vidre. Els estris que haguessin d'entrar en contacte amb la mostra es van esbandir amb aigua destil·lada i es van assecat abans i després de cada ús. Cada estri es va marcar amb un codi, expressant l'addició adequada, per minimitzar la contaminació creuada. Els nutrients s'emmagatzemaven en recipients ambre i es mantenien refrigerats.

A causa de l'avançament del dia de mostreig final per les restriccions de la COVID, aquells tractaments que s'havia d'afegir nutrients diàriament (C) i (PC), acaben tenint una concentració final 4/28 menor al tractament (P).

Anàlisis i tractament de dades

El treball en si s'ha centrat en l'anàlisi i processament de dades obtingudes de l'experiment, que s'han dut a terme mitjançant el llenguatge R (R Core Team, 2020). S'han emprat diferents paquets estadístics: *dyplr*, *reshape2*, *ade4*, *vegan*, *gclus*, *cluster*, *RColorBrewer*, *labdsv*, *ape*, *car* i *effects*, respectivament: (Wickham *et al.*, 2021; Wickham, 2007; Thioulouse *et al.*, 2018; Oksanen *et al.*, 2020; Hurley, 2019; Maechler *et al.*, 2021; Neuwirth, 2014; Roberts, 2019; Paradis & Schliep, 2019; Fox & Weisberg, 2019a; Fox & Weisberg, 2019b).

Preparació de dades

Primer de tot cal balancejar les dades: en el nostre cas significa assegurar-se que cada mesocosmos⁴ disposi de les observacions inicial (02/03/2020) i final (29/03/2020). En altres paraules, cal cerciorar-se que el conjunt de dades siguin aparellades segons la data⁵ de mostreig. En tenir en compte això, les rèpliques que complien amb l'aparellament de dades, i per tant les útils per al tractament de dades són: les 1, 2, 3, 4 i 5 del tractament O; les 1, 2 i 4 del C; 1, 2, 4 i 5 del P; i 3, 4 i 5 del CP.

Calculem la biomassa de cada individu mesurat mitjançant un conjunt de fórmules que varien en funció del grup taxonòmic mesurat, en base la longitud "A" i/o l'amplada "B" de cada individu. Per a més informació consultar Quintana (1995).

De tots els individus recomptats en l'experiment, només es van mesurar uns pocs, i per això cal extrapol·lar els valors dels individus mesurats a cada comptatge no mesurat. També és necessari estandarditzar les dades en les mateixes proporcions, ja que cada mesura s'ha pres a partir de uns volums de mostres i dilucions diferents.

Anàlisis de la composició de la comunitat (PCA)

L'Anàlisi de Components Principals permet una reducció del nombre de variables estudiades perdent la menor quantitat de variabilitat possible, facilitant així la interpretació de les dades. Es genera un conjunt de variables, anomenades components principals, que resulten de la combinació lineal de les variables originals. Aquestes components principals són independents entre si (o ortogonals), de manera que no ofereixen informació redundant. El procediment permet simplificar l'anàlisi emprant aquella combinació de variables que ofereixi la major variabilitat explicada possible (Casas-Ruiz & Gascón, 2020; Gil, 2018; MathWorks, s.d.).

Com que la taula de dades presenta molts valors nuls (zeros), corresponents a aquells taxons dels quals no s'han trobat individus, el conjunt de valors és molt diferent entre si, per la qual cosa cal transformar les dades a través de Hellinger per estandarditzar-les (Legendre & Gallagher, 2001).

Ja tenim el conjunt de dades apropiat per elaborar l'Anàlisi de Components Principals. L'anàlisi PCA ens permetrà transposar tota la informació d'aquesta matriu, que en un principi es troba explicada per 17 dimensions (els diferents taxons identificats), en un nou espai de poques

⁴ Meso-cosmos: variable que engloba el tractament i la rèplica. Tindrà per defecte 20 observacions (5 per cada tractament). Per exemple: "P4" fa referència al tractament pulsàtil, rèplica 4.

⁵ Data: variable que ordena les dades segons si es tracta del mostreig inicial (02/03/2020) o final (29/03/2020).

dimensions, que farà molt més senzilla la seva interpretació i estudi. (Casas-Ruiz & Gascón, 2020).

Trobem dues tipologies de gràfics diferents de PCA, que analitzen el conjunt de dades de manera lleugerament diferent: el PCA Scalling 1, que és indicat per a l'estudi dels objectes (en el nostre cas meso-cosmos) i el Scalling 2, indicat per a l'estudi de la relació entre variables (espècies). Hem triat el Scalling 1 que prioritza respectar les distàncies euclidianes dels objectes respecte a la matriu original i perd exactitud en els angles de les variables representades com a fletxes. (Casas-Ruiz & Gascón, 2020).

Anàlisis de l'estructura de la comunitat (ANOVA)

Per a estudiar l'estructura de la comunitat de zooplàncton, caldrà un conjunt d'anàlisis de la variància (ANOVA) multifactorials, per valorar si l'abundància (nombre d'individus), riquesa i diversitat taxonòmica varien en funció dels tractaments emprats i de la data de mostreig (inicial i final).

L'ANOVA estudia la influència d'un o més factors (variables categòriques) sobre una variable resposta (variable contínua); (Aguilar *et al.*, 2014). Permet analitzar les diferències entre les mitjanes de la variable resposta respecte cadascun dels factors (o grups). L'anàlisi ha de complir amb els supòsits de normalitat, homoscedasticitat i aleatorietat (Compte *et al.*, 2020).

La "abundància" l'obtenim recomptant el nombre total d'individus de cada taxó per "Meso-cosmos i dia" (o, més aviat, combinacions de tractament, rèplica i data). La "riquesa" de forma similar, però sumant les presències de cada taxó, sense importar si s'han advertit molts o pocs individus de cada un d'ells. Pel que fa a la diversitat, és el càlcul de la diversitat taxonòmica de Shannon-Weaver, segons l'expressió $H' = -\sum p_i \ln(p_i)$, en el que " p_i " representa l'abundància proporcional del taxó " i " (Shannon & Weaver, 1949).

L'últim pas abans de poder fer l'ANOVA és crear un model lineal per analitzar els diferents paràmetres segons al tractament i data, i comprovar que compleixin els supòsits d'homogeneïtat i normalitat, amb els tests de Levene i Shapiro-Wilk, respectivament. En els casos de l'abundància i riquesa va ser necessari transformar les dades per logaritme neperà per tal que aconseguissin la normalitat de dades (**taula 2**).

Taula 2: resultats dels tests estadístics de Levene i Shapiro-Wilk per als models lineals de l'abundància, riquesa i diversitat taxonòmica segons al tractament i data de mostreig.

Model lineal	Test	Graus de llibertat		F-valor	W	P-valor
		1	2			
Abundància	Levene	7	22	0,5602	-	0,7797
	Shapiro-Wilk	-		-	0,86547	0,00133
LN(Abundància)	Levene	7	22	1,2049		0,3411
	Shapiro-Wilk	-		-	0,94702	0,1406
Riquesa	Levene	7	22	0,3513		0,9205
	Shapiro-Wilk	-		-	0,8861	0,003904
LN(Riquesa)	Levene	7	22	0,557		0,7822
	Shapiro-Wilk	-		-	0,93631	0,0724
Diversitat	Levene	7	22	0,2959	-	0,9482
	Shapiro-Wilk	-		-	0,97295	0,6227

Resultats

Anàlisi de la composició de la comunitat (PCA)

En fer l'anàlisi de PCA el primer eix (PC1), explica el 23,9% de la variabilitat total, i el PC2 el 15,7%, explicant quasi el 40% de la variabilitat total (un 39,6% en conjunt; **figura 4**).

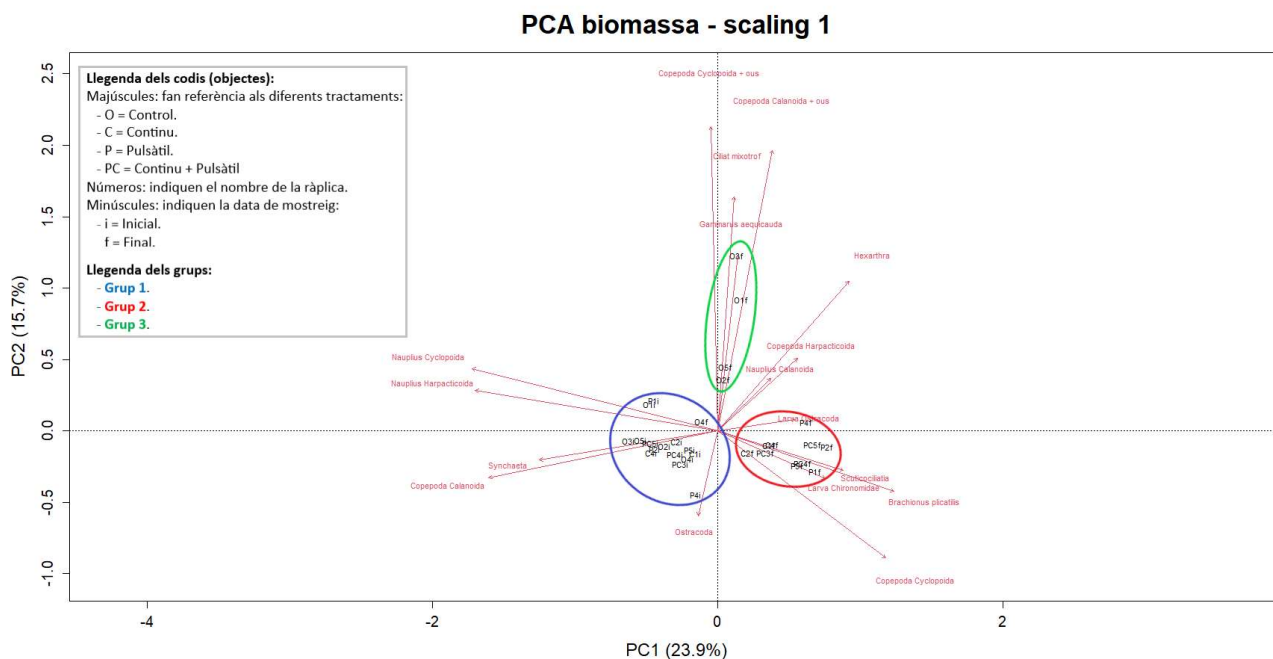


Figura 4: biplot tipus scaling 1, que gràfica els dos primers eixos (PC1 I PC2) del PCA de la biomassa. En vermell trobem les diferents variables (o taxons) i en negre els objectes (o "SampleID").

A partir del gràfic, podríem delimitar 3 grans grups d'objectes que es troben estretament relacionats entre si i entre determinades variables segons la interpretació de l'anàlisi del primer parell d'eixos de components principals:

- El primer gran grup (en blau al gràfic), el conforma totes les observacions inicials i una de final (O4f). Aquests objectes es troben relacionats entre si i majoritàriament hi trobem nauplius cyclopodia, nauplius harpacticoida, *Synchaeta* spp., copepoda calanoida, i ostràcada.
- El segon gran grup (en vermell), és compost pels tractaments amb addició de nutrients, sigui pulsàtils, com continus o com la seva combinació. En altres paraules, totes les observacions finals que no pertanyin al tractament O. En aquests tractaments s'observa major biomassa de larva ostracoda, scuticociliata, larva chironomidae, *Brachionus plicatilis*, i copepoda cyclopodia. El grup també s'ubica relativament a prop dels taxons *Hexarthra* spp., copepoda harpacticoida i nauplius calanoida, i per això, encara que no tant com els primers 5 taxons mencionats, aquestes mostres també contenen gran abundància d'aquests últims.
- Les mostres del tercer grup (verd al gràfic) es caracteritzen per presentar major biomassa de copepoda cyclopodia + ous, copepoda calanoida + ous, ciliat mixotrof i *Gammarus aequicauda*. Com en el grup anterior, aquestes mostres també es troben relativament a prop dels taxons *Hexarthra* spp., copepoda harpacticoida i nauplius calanoida, així que també hi haurà una certa abundància d'aquests taxons. Bàsicament corresponen al tractament Control (O) mostrejats al final de l'experiment.

Anàlisi de l'estructura de la comunitat

ANOVA de l'abundància d'individus

S'ha observat una interacció significativa pel que fa al logaritme neperià de l'abundància d'individus en funció del tractament emprat i també de la data de mostreig, indicant que l'abundància varia depenent del tractament i de la data. El fet, però, que la interacció (tractament : data) no sigui significativa, implica que l'abundància d'individus no varia de manera diferent entre els mostreigs inicials i finals de l'experiment en funció del tractament aplicat (**taula 3**). Com podem veure en l'anàlisi gràfica, és evident que l'abundància varia en funció de la data, i és perceptible que varia també en funció del tractament, però no sembla que les variacions d'abundància de les mostres inicials respecte de les finals siguin diferents en funció del tractament (**figura 5**).

Taula 3: resultats de l'anàlisi de la variància de l'abundància respecte al tractament, la data i la interacció "tractament : data". En ella es detallen els graus de llibertat, la suma dels quadrats dels residus, la mitjana d'aquests, el F-valor i el P-valor.

ANOVA de LN(Abundància)	Graus de llibertat	Suma dels quadrats	Mitjana dels quadrats	F-valor	P-valor
Tractament	3	10,0318	3,3439	5,0758	0,00831
Data	1	22,1738	22,1738	33,658	7,70E-07
Tractament : data	3	4,7693	1,5898	2,4131	0,09391
Residuals	22	14,4936	0,6588		

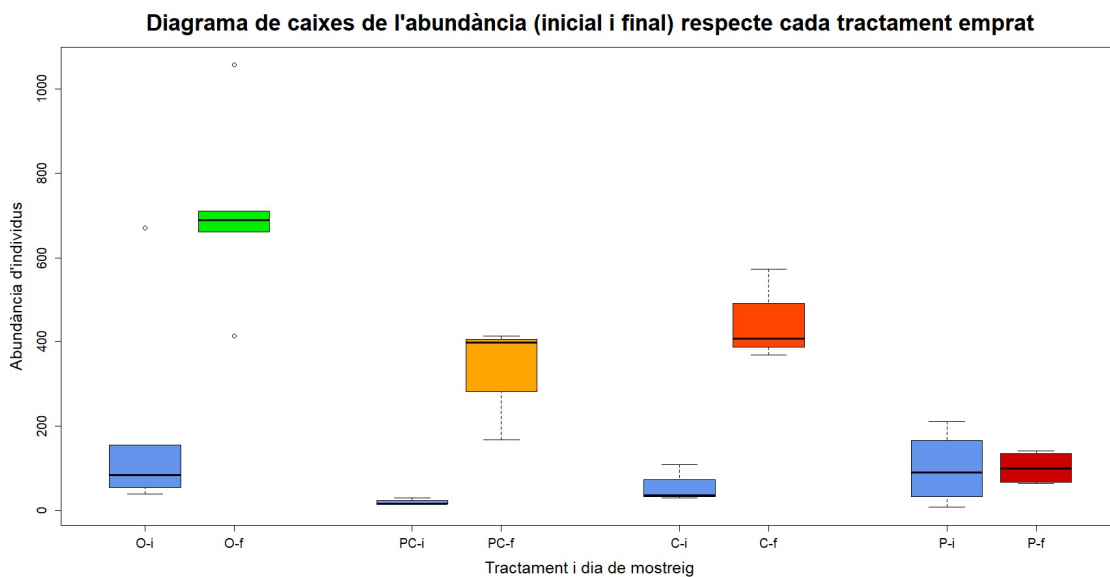


Figura 5: diagrama de caixes comparant les abundàncies d'individus de cada tractament en funció de la data de mostreig. S'ha intentat respectar els colors dels grups formats en l'anàlisi de PCA (**figura 5**), de manera que les mostres inicials són les blaves (grup 1 al PCA); les finals del control són verdes (grup 3); i la resta de mostres són les equivalents al grup 2.

ANOVA de la riquesa taxonòmica

S'ha observat una interacció significativa pel que fa al logaritme neperià de la riquesa taxonòmica entre tractament i data (**taula 4**), el que indica que riquesa varia de manera diferent entre els mostreigs inicials i finals de l'experiment en funció del tractament aplicat (**figura 6**).

Taula 4: resultats de l'anàlisi de la variància de la riquesa respecte al tractament, la data i la interacció "tractament : data". En ella es detallen els graus de llibertat, la suma dels quadrats dels residus, la mitjana d'aquests, el F-valor i el P-valor.

ANOVA de LN(Riquesa)	Graus de llibertat	Suma dels quadrats	Mitjana dels quadrats	F-valor	P-valor
Tractament	3	1,3619	0,45397	5,9776	0,00386
Data	1	2,5603	2,56029	33,712	7,62E-06
Tractament : data	3	1,1505	0,38351	5,0498	0,00821
Residuals	22	1,6708	0,07595		

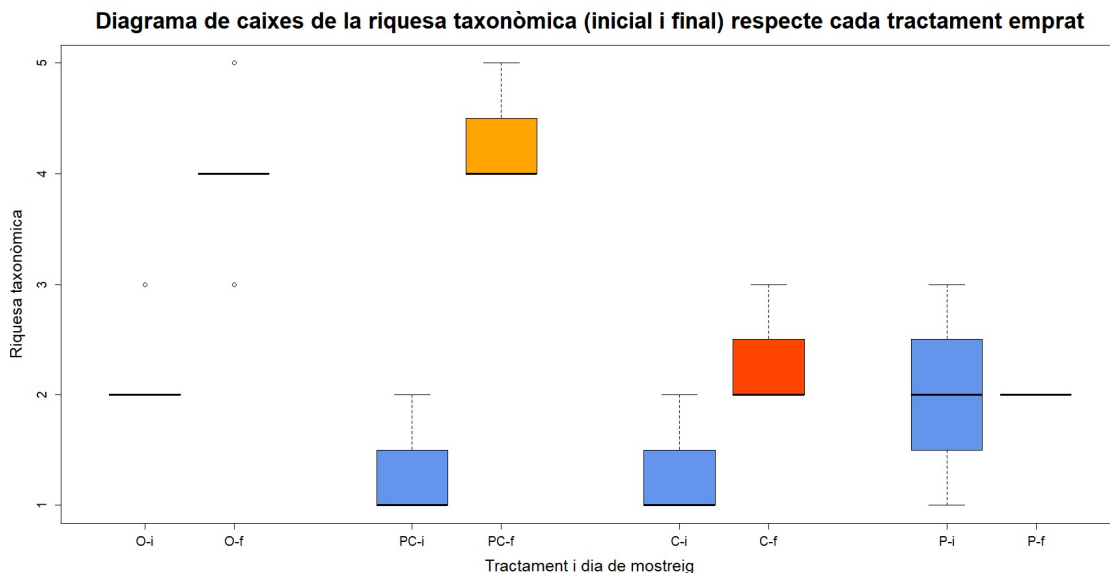


Figura 6: diagrama de caixes comparant la riquesa taxonòmica de cada tractament en funció de la data de mostreig. S'ha intentat respectar els colors dels grups formats en l'anàlisi de PCA (**figura 5**), de manera que les mostres inicials són les blaves (grup 1 al PCA); les finals del control serien verdes si es pogués apreciar (grup 3); i la resta de mostres són les equivalents al grup 2.

ANOVA de la diversitat taxonòmica

S'ha observat una interacció significativa pel que fa a diversitat taxonòmica entre tractament i data (taula 5), reflectint que la diversitat d'individus també va canviar de manera diferent entre els mostreigs inicials i finals de l'experiment en funció del tractament aplicat (figura 7).

Taula 5: resultats de l'anàlisi de la variància de biodiversitat taxonòmica ("Shannon") respecte al tractament, la data i la interacció "tractament : data". En ella es detallen els graus de llibertat, la suma dels quadrats dels residus, la mitjana d'aquests, el F-valor i el P-valor.

ANOVA de Shannon	Graus de llibertat	Suma dels quadrats	Mitjana dels quadrats	F-valor	P-valor
Tractament	3	0,67843	0,22614	6,0825	0,00355
Data	1	1,31826	1,31826	35,457	5,41E-06
Tractament : data	3	0,57283	0,19094	5,1358	0,00764
Residuals	22	0,81794	0,03718		

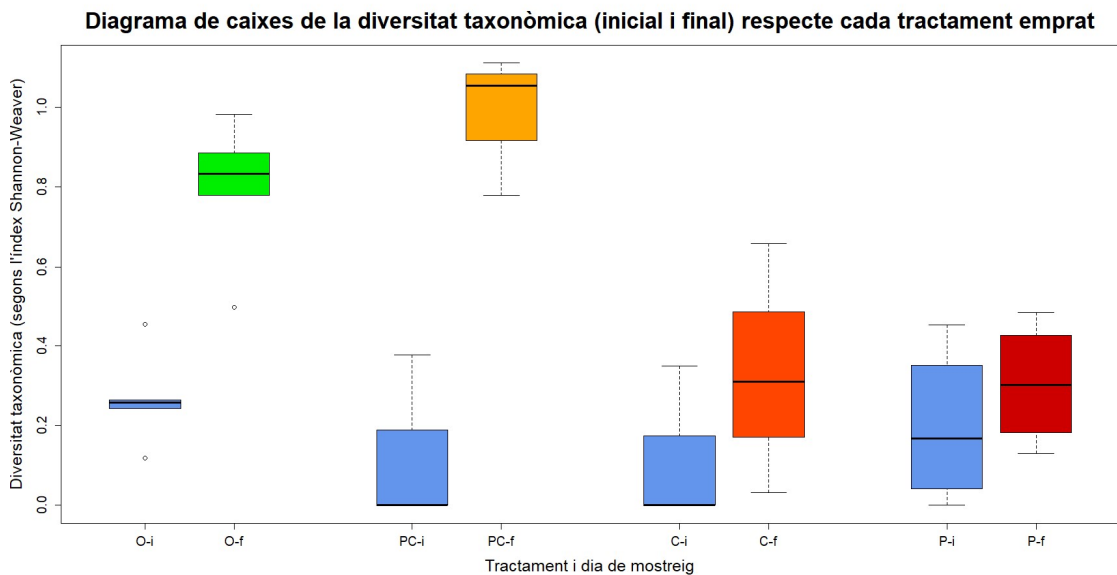


Figura 7: diagrama de caixes comparant la diversitat taxonòmica de cada tractament en funció de la data de mostreig. S'ha intentat respectar els colors dels grups formats en l'anàlisi de PCA (figura 5), de manera que les mostres inicials són blaves (grup 1 al PCA); les finals del control són verdes (grup 3); i la resta de mostres són les equivalents al grup 2.

Discussió

Els resultats indiquen que la diversitat taxonòmica de les mostres inicials, abans d'aplicar cap tractament, les anomenades "grup 1", era anormalment baixa. Un estudi de la Composició i dinàmica de nutrients i zooplàncton en relació amb el patró hidrològic, en una llacuna salina mediterrània confinada de La Pletera (Badosa *et al.*, 2006), troba que la comunitat de zooplàncton s'estructura en 6 fílums, ordenats de major a menor representació: ciliats, rotífers, artròpodes, nematodes, anèl·lids i Plathelminths, i que la diversitat específica segons l'índex Shannon-Weaver (H) és de 0,96. Que difereix molt de les nostres mostres inicials obtingudes, $H = 0,19$, en les que només hi trobem dos fílums, artròpodes i rotífers. Els taxons que presentaven més abundància de biomassa eren nauplius cyclopodia, nauplius harpacticoida, *Synchaeta spp.*, copepoda calanoida, i ostràcoda.

Aquelles mostres finals els tractaments de les quals se'ls hi hagi injectat nutrients, és a dir, els tractaments continu, pulsàtil i continu + pulsàtil, presenten diferències quant a les biomasses de taxons observades: principalment trobem larva ostracoda, scuticociliata, larva chironomidae, *Brachionus plicatilis*, i copepoda cyclopodia. Aquest conjunt (grup 2, de color vermell al gràfic de l'anàlisi de PCA), s'ubica oposat al primer, en blau, així que són inversament proporcionals: les biomasses taxonòmiques més abundants en el primer grup són precisament les menys abundants en el segon, i a la inversa. Doncs, sembla que qualsevol injecció de nutrients afecta la direcció que prendria l'estructura de la comunitat en condicions normals. (Angelis *et al.*, 1989).

Aquesta direcció la podem conèixer estudiant les mostres finals del tractament control (O), en les que no se'ls hi ha injectat cap mena de nutrients (són les del grup 3, de color verd al gràfic de PCA), s'ubiquen de manera ortogonal als altres dos grups. Això indica poca relació del tractament (O) amb les biomasses més abundants dels taxons de la resta de grups, és a dir: si bé aquestes mostres finals tenen major abundància en els taxons propis d'aquest grup, això no indica que hi hagi absència de taxons propis d'altres grups. De fet, analitzant només l'estudi gràfic del PCA, pot semblar que aquest es tracti del grup amb major riquesa taxonòmica. Els taxons més representatius del grup són copepoda cyclopodia + ous, copepoda calanoida + ous, ciliat mixotrof i *Gammarus aequicauda*.

El fet que l'estructura de la comunitat variï sense emprar cap tractament (diferències entre les mostres inicials i les finals del control), fa pensar que ha d'existir algun element regulador d'aquesta, que no s'ha tingut en compte en l'experiment. És probable que aquest element es tracti del patró de successions planctòniques, que sovint es produeix en les llacunes confinades d'aquests tipus d'hàbitats a l'Empordà (Colom, 2016; Quintana, 2016). El fet que els mostres inicials indiquin una molt baixa diversitat; que presentin organismes de cadascun dels quatre nivells de successió descrits en aquests dos estudis (*Synchaeta*, cyclopodia, calanoida i harpacticoida, respectivament); i que en les mostres finals del control s'observi un gran augment de la biodiversitat, i només presentin organismes dels tres últims estats de successió (cyclopodia, calanoida i *Gammarus aequicauda*, respectivament), són bons indicadors que relativament poc abans de la preparació de l'experiment havia tingut lloc un període d'inundació, causant d'una gran pertorbació pulsàtil que va desencadenar el patró de successions comentat.

Precisament, entre el 19 i el 23 de gener, va incidir sobre la costa mediterrània catalana, com a la resta del país, el temporal Glòria. Un episodi meteorològicament molt destacable, no només

per la seva magnitud: un temporal hivernal molt complet, amb molt mala mar i forts vents, pluges persistents i nombroses descàrregues elèctriques, que va trencar rècords històrics de tota mena (AEMET, 2020). Sinó també per les dates en les quals va succeir, al gener, un mes en el qual no són freqüents temporals amb grans intensitats (Blay & Àvila, 2020). Doncs, la magnitud i temporalitat característiques del fenomen van trencar amb l'estabilitat polsada de les pertorbacions produïdes pels períodes d'inundació, podent perjudicar greument l'estructura de la comunitat (Kominoski *et al.*, 2018).

En general les mostres del control tendeix a créixer respecte a les mostres inicials, un resultat esperable si, com hipotetitzàvem recentment, ens trobem en mig del període de successions esmentat. El patró de successió planctònic que es produeix en aquests ecosistemes, es caracteritza per presentar una alta abundància de poques espècies oportunistes (*Synchaeta spp.*), que dominen l'hàbitat, i una molt baixa riquesa i diversitat just després de la pertorbació pulsàtil, causada per l'aportació de nutrients pel període d'inundació. Amb el pas del temps, la comunitat és cada cop més bio-diversa i estratificada⁶. (Colom, 2016; Quintana, 2016). Aquesta tendència afecta també a les mostres finals amb injecció de nutrients, que presenten índexs d'abundància, riquesa i diversitat més elevats dels esperats.

El tractament pulsàtil és el que més ha afectat la xarxa de comunitats aquàtica. Es tracta d'un tipus d'injecció de nutrients que ha impedit el creixement d'abundància, riquesa i diversitat taxonòmica, de fet, pràcticament no ha variat aquests paràmetres respecte a les mostres inicials, en contra de la tendència a créixer dels altres tractaments. Aquest fet, però, fa crear la sospita que els 24 dies transcorreguts entre les mostres inicials i finals, han pogut no ser suficients per avaluar correctament l'evolució de l'estructura de la comunitat per aquest tractament.

Ens trobem en mig d'un període de successió planctònic, i per això la biodiversitat de les mostres no és prou gran, ni l'estructura de la comunitat prou complexa i estratificada per presentar la resiliència suficient per suportar aquestes pertorbacions pulsàtils. Que en les mostres inicials i finals del tractament pulsàtil no s'observi variació en cap dels factors analitzats, s'explica pel fet que l'aplicació d'aquest tractament pot haver fet reiniciar la cadena de successions, en lloc de permetre la seva continuïtat, com ha succeït en els altres tractaments, resultant en una situació molt similar a la de les mostres inicials.

El tractament continu també ha comportat una reducció de l'increment de l'abundància d'individus i la riquesa i diversitat taxonòmica respecte al control. No tan exagerat com el cas del tractament (P), però és el segon tractament amb més repercussió en l'estructura de la comunitat. Tenint en compte l'existència d'un període d'inundació poc abans de la preparació de l'experiment, presenta uns resultats esperables.

No és el mateix cas per al tractament pulsàtil + continu, en el que s'aprecien uns augments anormals de riquesa i diversitat taxonòmica, majors fins i tot que els del control. Això es pot haver degut al fet que la concentració de la part pulsàtil del tractament ($\frac{1}{2}$ de la concentració de (P)), no ha estat suficient per reiniciar la cadena de successions (com ha succeït en el tractament (P)); i que la concentració de la part contínua ($\frac{1}{2}$ de la concentració de C) ha pogut suposar una petita entrada d'aliment per a sustentar a la diversitat d'organismes sense perjudicar l'estructura de la comunitat (Angelis *et al.*, 1989).

⁶ Estratificada: entès com a l'existència de diferents nivells en la xarxa de cadenes tròfiques.

Criteri ètics i de sostenibilitat

Aquest es tracta d'un treball desenvolupat a partir de dades ja existents, i per això, al no involucrar-se en l'apartat experimental, no s'ha tingut l'oportunitat de tenir en compte massa criteris ètics ni de sostenibilitat durant l'elaboració del projecte. Tot i això es destaquen els següents:

La confecció de la memòria ha seguit els criteris ètics acadèmics en citar adequadament les fonts consultades per no cometre plagi ni desmeritar la propietat intel·lectual. També els ha seguit en consultar fonts apropiades i contrastar la informació obtinguda per no desinformar a aquell qui el llegeixi.

Si bé és cert que no es poden atribuir massa criteris de sostenibilitat durant l'elaboració de l'informe a causa de la seva idiosincràsia, sí que és cert que el medi ambient es pot veure beneficiat de la seva elaboració. Aquest treball ha ajudat a conèixer millor l'estructura de la comunitat zoo-planctònica dels aiguamolls de la Pletera i les seves vulnerabilitats i trajectòries davant alguns tipus de pertorbacions. Informació que servirà per elaborar en un futur estratègies de conservació més precises per a aquests tipus d'hàbitats i les seves comunitats enfront de les pertorbacions que si puguin donar.

Conclusions

The communities studied have presented low biodiversity values with respect to what is expected on this type of environment. It is likely due to the existence of a period of flooding shortly before the preparation of mesocosm sampling.

There is a tendency to increase, with respect to the initial samples, of the three parameters studied, obtaining higher values of abundance of individuals and taxonomic richness and diversity than expected in each treatment. Probably due to the beginning of a chain of planktonic successions derived from the flood period.

The final control's samples present changes in the zoo-planktonic structure and composition with respect to the initials, reinforcing the possibility of the existence of the planktonic successions.

The most abundant taxon in the initial samples differ greatly from those of the final samples to which some type of disturbance has been applied, so we can conclude that any type of disturbance, whether pulse, press or a combination of both, causes changes in the planktonic composition. So, the planktonic communities that have suffered some type of disturbance, are characterized by presenting greater biomass of ostracod larva, scuticociliate, chironomidae larva, *Brachionus plicatilis*, and copepoda cyclopodia

Finally, the abundance of individuals has not presented significant differences in the variation of the initial and final samplings depending on the treatment used.

In addition, it is possible that not enough time has been allowed to run, between the initial and final samplings, in order to correctly evaluate the evolution of communities, especially in the case of pulse treatment. A note that could be taken into account when carrying out similar experiments in the future.

Bibliografia

- AEMET. (2020). La borrasca «Gloria» es el tercer temporal mediterráneo en nueve meses que bate récords históricos. En *Agencia Estatal de Meteorología*.
http://www.aemet.es/es/noticias/2020/01/Tres_temporales_mediterraneos_en_nueve_meses
- Aguilar, M. I., Cruces, E., & Díaz, B. (2014). *Análisis de la varianza (ANOVA)*. Universidad de Málaga.
https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/10372/15_PIE_ANOVA.pdf?sequence=1
- Angelis, D. L., Bartell, S. M., & Brenkert, A. L. (1989). *Effects of nutrient recycling and food-chain length on resilience*. 134, 778-805.
- Badosa, A., Boix, D., Brucet, S., López-Flores, R., & Quintana, X. D. (2006). Nutrients and zooplankton composition and dynamics in relation to the hydrological pattern in a confined Mediterranean salt marsh (NE Iberian Peninsula). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(3), 513-522.
- Blay, J., & Àvila, A. (2020). Els efectes del temporal Glòria: una mostra de la necessitat d'actuació urgent al delta de l'Ebre. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, 2190, 163-189. <https://doi.org/10.2436/20.3002.01.195>
- Casas-Ruiz, J. P., & Gascón, S. (2020). Anàlisi de components principals (PCA). En *Guia bàsica d'ús d'R amb Rstudio*.
https://bookdown.org/stephi_gascon/bookdown-demo-master_-_multivariant/_book/
- Colom, P. (2016). *Composició i estructura de la comunitat de zooplàncton de les llacunes de La Pletera*. https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/12865/TFG_Colom_Montojo_Pau.pdf?sequence=1
- Compte, J., Muñoz-Mas, R., Antón-Pardo, M., & Gascón, S. (2020). Com podem fer una ANOVA. En *Guia bàsica d'ús d'R amb Rstudio*. https://bookdown.org/stephi_gascon/Guia-AAD-UdG/
- Corry, R. C., Laforteza, R., & Brown, R. D. (2010). Ecological functionality of landscapes with alternative rehabilitations of depleted aggregate sites. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 24(3), 216-232.
- Damschen, E., Rosenfeld, K., Wyer, M., Murphy-Medley, D., Wentworth, T., & Haddad, N. (2006). Pulsing sheetflow and wetland integrity. *The Ecological Society of America*.
https://www.academia.edu/1304821/Pulsing_sheetflow_and_wetland_integrity
- EcoAqua (SGR 548). (2017). *Grup de recerca Eco Aqua*. Universitat de Girona.
<https://www.udg.edu/ca/grupsrecerca/ecoaqua>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019a). *An {R} Companion to Applied Regression, Third Edition*. Thousand Oaks CA: Sage.
<https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>
- Fox, J., & Weisberg, S. (2019b). *An R Companion to Applied Regression, 3rd Edition*. Thousand Oaks, CA.
<https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/index.html>
- Gamero, J., Punsola, J., Colomer, À., & Quintana, X. (2018). Re [fer] el paisatge. *Life Pletera*.
- Gil, C. (2018). *Análisis de Componentes Principales (PCA)*. Rpubs by RStudio.
[https://rpubs.com/Cristina_Gil/PCA#:~:text=El análisis de componentes principales %28 principal component,como parte del análisis exploratorio de los datos.](https://rpubs.com/Cristina_Gil/PCA#:~:text=El%20análisis%20de%20componentes%20principales,como%20parte%20del%20análisis%20exploratorio%20de%20los%20datos.)
- Hurley, C. (2019). *gclus: Clustering Graphics. R package version 1.3.2*. <https://cran.r-project.org/package=gclus>
- Ibáñez, C. (2009). Ecosistemes amb risc elevat: els deltes i les llacunes litorals. En *Aigua i canvi climàtic. Diagnosi dels impactes previstos a Catalunya* (p. 249-253). Agència Catalana de l'Aigua. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries. http://aca.gencat.cat/web/.content/10_ACA/J_Publicacions/07-estudis-informes/01_aigua_canvi_climatic_2009.pdf
- ICGC. (s.d.). *ICGC. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya*. <http://www.icc.cat/vissir3/>
- Kominoski, J., Gaiser, E., & Baer, S. (2018). Advancing theories of ecosystem development through long-term ecological research. *BioScience*, 68(8), 554-562. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy070>
- Legendre, P., & Gallagher, E. D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, 129(2), 271-280. <https://doi.org/10.1007/s004420100716>
- Life Pletera. (2021). Hàbitats d'interès comunitari. *Projecte Life Pletera*. <http://lifepletera.com/entorn/#maresma>

- Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., & Hornik, K. (2021). *cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 2.1.2*. <https://cran.r-project.org/package=cluster>
- MathWorks. (s.d.). *Análisis de componentes principales (PCA)*. <https://es.mathworks.com/help/stats/principal-component-analysis-pca.html>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.d.-a). *El Programa LIFE de la Unión Europea*. Gobierno de España. <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/servicios/ayudas-subsvenciones/programa-life/que-es-life/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.d.-b). *Tipos de hábitat de interés comunitario*. Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_tipos_habitat_IC.aspx
- Neuwirth, E. (2014). *RColorBrewer: ColorBrewer Palettes. R package version 1.1-2*. <https://cran.r-project.org/package=RColorBrewer>
- Odum, W., Odum, E., & Odum, H. (1995). Nature's pulsing paradigm. *Estuaries*, 18, 547–555.
- Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O'Hara, R., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2020). *vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7*. <https://cran.r-project.org/package=vegan>
- Paradis, E., & Schliep, K. (2019). *ape 5.0: an environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. Bioinformatics* 35: 526-528 (p. 526-528).
- Quintana, X. (1995). *Fluctuacions a la maresma dels Aiguamolls de l'Empordà i estructura de la comunitat biològica* [Universitat de Girona]. <http://hdl.handle.net/10803/96339>
- Quintana, X. (2016). *The response of aquatic communities to disturbances in Mediterranean shallow lakes*. Institut d'Ecologia Aquàtica de la Universitat de Girona. <https://limnolam.org/comedi/>
- Quintana, X., Baix, D., Badosa, A., Brucet, S., Gascón, S., Gestí, J., López-Flores, R., Pou-Rovira, Q., Trobajo, R., & Moreno-Amich, R. (2004). Limnología de los humedales costeros mediterráneos. El caso de Aiguamolls de l'Empordà. *Ecosistemas*, 13 (2), 30-36. <https://www.studocu.com/ca-es/document/universitat-de-girona/microbiologia/exercicis-obligatoris/laguna-fra-ramon-1ra-avaluacio/3365630/view>
- Quintana, X., Boix, D., Badosa, A., Brucet, S., Compte, J., Gascón, S., López-Flores, R., Sala, J., & Moreno-Amich, R. (2006). Community structure in mediterranean shallow lentic ecosystems: size-based vs. taxon-based approaches. *Limnetica*, 2006, 25, 303-320.
- Quintana, X., Comín, F., & Moreno-Amich, R. (1998). Nutrient and plankton dynamics in a Mediterranean salt marsh dominated by incidents of flooding. Part 2: Response of the zooplankton community to disturbances. *Journal of Plankton Research*, 20(11), 2109-2127.
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. <https://www.r-project.org/>
- Roberts, D. (2019). *labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 2.0-1*. <https://cran.r-project.org/package=labdsv>
- Shannon, C., & Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. *University of Illinois Press, Urbana*, 117.
- Simas, T., Nunes, J. P., & Ferreira, J. G. (2001). *Effects of global climate change on coastal salt marshes. Ecological Modelling*. 139(1), 1-15.
- Thioulouse, J., Dray, S., Dufour, A., Siberchicot, A., Jombart, T., & Pavoine, S. (2018). *Multivariate Analysis of Ecological Data with ade4*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8850-1>
- Wickham, H. (2007). *Reshaping Data with the reshape Package. Journal of Statistical Software*, 21(12) (p. 1-20). <http://www.jstatsoft.org/v21/i12/>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Müller, K. (2021). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 1.0.3*. <https://cran.r-project.org/package=dplyr>