

ESTUDI DE L'ECOLOGIA DE LA TORTUGA D'ESTANY (EMYS ORBICULARIS) A LA PROVÍNCIA DE GIRONA:



**CARACTERITZACIÓ DE L'HÀBITAT, ESTUDI
DELS REQUERIMENTS ECOLÒGICS I
LOCALITZACIÓ DE ZONES DE RECLUTAMENT**



INFORME FINAL

Realitzat per **Miguel Àngel Fuentes Rosúa**, en col·laboració amb:



Amb el suport de:



Beca Antoni Jonch



13 de setembre de 2018

* Fotografia de portada: © Miguel Ángel Fuentes

RESUM

El present estudi descriu l'estat actual i les característiques de la població de tortuga d'estany *Emys orbicularis* de cinc localitats de La Selva i quatre de Menorca al 2017. S'ha caracteritzat l'hàbitat i la comunitat animal aquàtica i s'ha estudiat quines d'aquestes variables regulen la demografia (probabilitat de captura, densitat) i la morfometria (longitud, diversitat de mides, condició física i pes) d'*E. orbicularis*. Les variables estudiades han estat físiques i químiques de l'aigua (temperatura, pH, conductivitat, oxigen dissolt, nitrit, nitrat, amoni, fosfat, nitrogen total, fòsfor total, carboni inorgànic total, carboni orgànic total i clorofil-la-*a* planctònica), el percentatge d'ombra, la qualitat de l'hàbitat (ECELS), la riquesa de la comunitat animal aquàtica i la biomassa de macroinvertebrats, microcrustacis i amfibis com a aproximació a la quantitat i de recurs tròfic. Els resultats indiquen que la biomassa de la comunitat està relacionada positivament amb la longitud de la closca d'*E. orbicularis*, i que la riquesa de la comunitat està relacionada negativament amb la diversitat de mides, degut a que les localitats amb valors baixos de riquesa tenen biomasses elevades de larves de dípters i oligoquets, factor que s'ha relacionat positivament amb la diversitat de mides. No s'han trobat variables ambientals o de qualitat de l'hàbitat que expliquin les característiques poblacionals d'*E. orbicularis*, però s'ha observat que les tortugues poden assolir mides més grans i estructures d'edat més equilibrades en masses d'aigua de qualitat deficient. També s'han observat indicis de que alguns dels nuclis històrics de la població de La Selva estan envellits i en regressió respecte de l'any 2002, a causa de la seva reduïda superfície i a la manca de connectivitat amb d'altres hàbitats idonis que provoca problemes de dispersió i mobilitat i excés de competència intraespecífica, provocant una disminució dels efectius una estructura d'edats esbiaixada a femelles adultes. D'altres nuclis han desaparegut o la presència de tortugues és puntual degut a transformacions de l'hàbitat o sequeres perllongades.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ	5
La tortuga d'estany <i>Emys orbicularis</i>	5
Biologia de l'espècie	6
Caracteritzar l'hàbitat per a la conservació de l'espècie	6
Objectius de l'estudi	9
Àmbit d'estudi	9
METODOLOGÍA	12
Estudi poblacional d' <i>Emys orbicularis</i>	12
Qualitat de l'hàbitat	15
Variables ambientals: Caracterització de l'aigua	15
Caracterització de la comunitat animal	16
Mesures de prevenció de malalties	17
Anàlisi de dades	17
Planificació dels treballs	18
RESULTATS	19
Caracterització de l'hàbitat	19
Caracterització de la comunitat animal aquàtica	21
Estudi poblacional d' <i>Emys orbicularis</i>	25
Relació entre les característiques poblacionals amb les variables ambientals i la composició de la comunitat	27
DISCUSSIÓ	29
Mida corporal i estructura de les poblacions	29
Factors de l'hàbitat determinant les variables poblacionals	31
Factors de la comunitat animal aquàtica determinant les variables poblacionals	32
Conclusions finals i mesures de gestió	33
AGRAÏMENTS	35
BIBLIOGRAFÍA	35

INTRODUCCIÓ

La tortuga d'estany *Emys orbicularis*

La tortuga d'estany *Emys orbicularis* (Linnaeus 1758) és la tortuga semi-aquàtica més àmpliament distribuïda al Paleàrtic Oest (Fritz i Andreas 2000), habitant des de Letònia al nord, fins a la serralada de l'Atlas Marroquí i els aiguamolls de Tunísia al sud, i des de Portugal a l'oest fins al Kazakhstan a l'est (Podloucky 1997). A la península Ibèrica, és una de les dues espècies de tortugues semi-aquàtiques autòctones, juntament amb la tortuga de rierol *Mauremys leprosa*, amb la qual viu en simpatria en diferents ambients (Keller et al. 1997) però a diferència d'aquesta, *E. orbicularis* presenta una distribució discontinua i fragmentada. Les poblacions naturals més ben conservades són les del centre i sud-oest de la península Ibèrica, especialment a la província de Huelva (Keller i Andreu 2002) tot i que existeixen poblacions naturals aïllades al Massís Cantàbric a Galícia, Euskadi i Navarra, a Catalunya i a la costa de València (Ayres 2015). La resta de poblacions semblen provenir de reintroduccions (Fritz 2001), incloses les poblacions insulars de les Illes Balears de Mallorca i Menorca, on es creu que van ser introduïdes en temps de l'Imperi Romà (Lehmann 1980; Braitmayer et al. 1998). A Catalunya, les úniques poblacions naturals d'*E. orbicularis* considerades autòctones es localitzen a la província de Girona (Mascort 1998; Ramos et al. 2002; Vilardell et al. 2013) i a la Sèquia Major (Martínez-Martínez, 2014). S'ha re-introduït en temps recents al Delta de l'Ebre (Bertolero 1998), al Baix Ter, a l'Estany de Banyoles, als Aiguamolls de l'Empordà, a l'Estany d'Ivars i Vila-sana (Vilardell et al. 2013) i els darrers anys a diversos punts del tram mig del riu Ter (J. Budó com. pers.).

Malgrat ser *E. orbicularis* una de les espècies de més àmplia distribució (Fritz i Andreas 2000), és generalment escassa i és ben conegut que les seves poblacions han experimentat una disminució a nivell global al igual que la majoria de poblacions d'amfibis i rèptils (Wyman 1990; Gibbons et al. 2000), tot i que les causes d'aquesta disminució encara són objecte de debat. Com a causes principals, s'han descrit la caça d'exemplars per consum humà, la destrucció de l'hàbitat, la contaminació de les aigües i la introducció d'espècies exòtiques (Keller i Andreu 2002; Ficetola et al. 2004). Per exemple, s'estima que el 46-57% de les tortugues d'aigua dolça estan amenaçades a causa de la destrucció de l'hàbitat (Böhm et al. 2013).

A Espanya, *E. orbicularis* és considerada escassa i amenaçada (Andreu i López-Jurado 1998) i en declivi a la major part de la seva àrea de distribució (Mascort 1998; Gómez-Cantarino i

Lizana 2000). A Doñana, s'han estimat abundàncies relatives entre 0,3 i 3,3 individus per trampa i dia en masses d'aigua entre 0,02 i 18 ha (Gómez-Mestre i Keller, 2003). A Catalunya, les poblacions es troben molt fragmentades i amb pocs efectius poblacionals (Llorente et al. 1995) amb casos ben documentats de desaparició de poblacions naturals per la destrucció de l'hàbitat a Girona (Mascort 1998; Mascort i Budó 2017).

Biologia de l'espècie

E. orbicularis és una espècie de dieta oportunista, majoritàriament carnívora encara que també s'alimenta de vegetals (Fritz 2001). S'ha comprovat que la dieta pot variar estacionalment, basant-se en invertebrats a la primavera i consumint més vegetals a l'estiu en funció de la disponibilitat d'aliment (Ottonello et al. 2005). Entre les seves preses abunden els macroinvertebrats aquàtics com dípters, heteròpters, odonats, himenòpters, coleòpters, anèl·lids, així com larves d'amfibis, peixos i crustacis, inclosos cladòcers (M.A. Fuentes; D. Boix com. pers.) i cranc vermell americà *Procambarus clarkii* (Pérez-Santigosa et al. 2011).

E. orbicularis és una espècie longeva que pot trigar fins a 10 anys en assolir la maduresa sexual, amb una elevada taxa de supervivència adulta, una elevada taxa de mortalitat juvenil i en conseqüència, una taxa de creixement poblacional molt baixa (Keller 1997). Recentment s'ha comprovat que els individus amb un creixement més ràpid i més grans presenten coloracions més intenses (Ibàñez et al. 2017) el que podria servir com a indicador de la qualitat de l'hàbitat de les poblacions.

La reproducció ocorre habitualment a la primavera, i durant la posta les femelles mostren un caràcter colonial (Mayol 1993) a diferència de *M. leprosa* (Keller 1997), i poden realitzar desplaçaments de més d'un quilòmetre per medi terrestre fins a la zona de posta, per la que mostren fidelitat, i que sol tenir un substrat sorrenc, amb escassa cobertura vegetal i orientada al sud o amb una bona insolació (Rovero i Chelazzi 1996; Schneeweiss i Steinhauer 1998). Les llargues distàncies recorregudes per les femelles gràvides destaquen la importància d'establir una zona de protegida al voltant dels ambients aquàtics on viuen les tortugues, que ha demostrat ser molt important per a la seva supervivència (Ficetola et al. 2004).

Caracteritzar l'hàbitat per a la conservació de l'espècie

E. orbicularis és una espècie propera a l'amenaça (NT) a nivell mundial segons la UICN, catalogada en perill (EN) a Espanya i en perill d'extinció a Catalunya, on la majoria de poblacions naturals d'aquesta tortuga a Catalunya van desaparèixer, restant la més important a la comarca de La Selva (Girona), una de les poblacions més ben conservades del llevant espanyol i una de les dues úniques considerades naturals de Catalunya (Ramos et al. 2002;

Vilardell et al. 2013; Martínez-Martínez, 2014), on hi ha nuclis estables a set localitats i presència de individus a unes poques localitats més, i on es fa un seguiment més o menys constant des de fa vint-i-cinc anys per part de la Fundació Emys. Tot i això, i hi ha zones molt grans com l'Estany de Sils, que no estan prospectades els darrers anys i on no hi ha cap informació de l'estat de la població, així com d'altres punts en els que no s'observen indicis de reproducció en els darrers anys i per tant la viabilitat d'alguns nuclis podria estar en risc (Fundació Emys 2017). Tanmateix, cal tenir en compte que la baixa detecció de reclutament és una característica habitual en les poblacions de tortugues i ha estat descrita en la majoria de poblacions d'*E. orbicularis* estudiades (Keller 1997).

L'hàbitat preferent d'*E. orbicularis* ha estat descrit com a tot tipus d'ambients aquàtics lenítics, d'aigües dolces o salobres i amb abundant vegetació aquàtica i perimetral (Keller i Andreu 2002; Ayres 2015). A la part occidental de la península Ibèrica habiten majoritàriament en rius i rieres, mentre que a la zona del llevant es troben preferentment en aiguamolls costaners (marjals), basses, llacunes, sèquies o embassaments (Keller i Andreu 2002; Albert i Gómez 2000). Tot i ser *E. orbicularis* una espècie de gran interès per a la conservació, encara avui dia se sap poc sobre els factors ambientals que determinen les característiques de les seves poblacions. A banda de les ja àmpliament comentades i conegudes causes històriques de desaparició de poblacions naturals (destrucció o degradació de l'hàbitat, extracció d'individus etc.), una de les variables que expliquen la seva presència és l'abundància de cobertura vegetal, havent-se descrit com a factors limitadors de la dispersió: la manca de connectivitat entre masses d'aigua i l'absència de corredors biològics amb elevada cobertura vegetal (Mieza-Páez et al. 2016). Segons la majoria d'autors, depèn d'hàbitats poc alterats i amb escassa presència humana, i no tolera la contaminació ni l'eutròfia (Da Silva 1993; Keller 1997; Gómez-Cantarino i Lizana 2000; Keller i Andreu 2002; Segurado i Araújo, 2004), tot i que en un estudi recent es va observar una relació positiva entre el nivell d'eutròfia de l'aigua la distribució d'*E. orbicularis*, i una relació negativa amb el contingut en fòsfats que es va interpretar com a indicador de poca tolerància a ambients contaminats (Mieza-Páez et al. 2016). Observacions pròpies indiquen que alguns dels nuclis més importants d'*E. orbicularis* de La Selva es troben en hàbitats humanitzats i amb aigües visiblement contaminades o eutròfiques. L'alta sensibilitat a la degradació de l'hàbitat descrita per a *E. orbicularis*, així com la seva raresa i baixa densitat natural observada en relació amb altres espècies de tortugues d'aigua dolça com *M. leprosa*, s'ha atribuït a la baixa freqüència reproductiva interanual, al major cost energètic associat a la reproducció (Keller et al. 1998) i més recentment al seu caràcter colonial i a la seva fidelitat als llocs de posta, que fa que l'èxit reproductor depengui de les bones condicions d'aquest (Mieza-Páez et al. 2016).

Una altre factor que s'ha estudiat és la competència amb altres espècies de tortugues, en el cas de *M. leprosa* (autòctona), no només no s'han trobat relacions negatives de competència, sinó que fins i tot s'ha descrit la seva presència com a indicadora de la presència d'*E. orbicularis* (Mieza-Páez et al. 2016). Pel que fa a l'efecte negatiu de competència amb tortugues exòtiques invasores, s'ha comprovat amb la tortuga d'orelles vermelles *Trachemys scripta* ssp. *elegans* (Schneeweiss et al. 1998; Ballasina i Lopez-Nunes 2000; Keller i Andreu 2002; Cordero i Ayres 2004). Finalment, també s'han documentat els efectes negatius de la competència intraespecífica en hàbitats molt reduïts, que pot afavorir la dispersió i desaparició de poblacions petites i fragmentades (Boussekey 1988), probablement a causa de que *E. orbicularis* presenta un comportament territorial i agressiu, tendint a la dispersió quan hi ha un elevat nombre d'individus per bassa (Mascort 1992).

Pel que fa a la disponibilitat de recurs, s'ha relacionat positivament l'abundància de cranc vermell americà *Procambarus clarkii* amb la densitat d'*E. orbicularis* a la Sèquia Major (Mieza-Páez et al. 2016). També s'han observat taxes de consum de larves d'amfibis més altes en *E. orbicularis* que a *M. leprosa* així com depredació sobre larves de mides més petites (Gómez-Mestre i Keller 2003), fet que podria indicar que l'abundància de larves d'amfibi podria ser un factor important.

Per tant, tot i que s'han estudiat diferents factors que afecten a la distribució i la densitat d'*E. orbicularis*, encara manca un estudi multivariant que caracteritzi i analitzi en conjunt totes les variables d'hàbitat que poden influir en les seves poblacions (variables fisicoquímiques de l'aigua, percentatge d'ombra, qualitat de l'hàbitat tenint en compte la vegetació, diversitat de la comunitat animal aquàtica i quantitat de recurs disponible) i que determini quines d'aquestes variables regulen la morfometria, l'estructura i la dinàmica poblacionals d'*E. orbicularis*.

Finalment, esmentar que diversos projectes *Life+Natura* realitzats recentment a la Província de Girona, als espais naturals del Baix Ter (LIFE04 NAT/ES/000059), a l'Estany de Banyoles (LIFE08 NAT/E/000078) i al curs mig del riu Ter (LIFE12 NAT/ES/001091) han portat a terme programes cria en captivitat i re-introducció en col·laboració amb el Centre de Reproducció de Tortugues de l'Albera (C.R.T.) (Mascort i Budó 2017). En alguns casos s'han creat basses noves i en d'altres s'han aprofitat els hàbitats actuals en bon estat i en els que no hi podrien arribar les tortugues a causa de la manca de poblacions properes i la fragmentació del territori. En aquests casos de reintroducció, és vital tenir un coneixement profund dels requeriments ambientals de l'espècie en tots els moments del seu cicle vital, coneixement que actualment és insuficient i que cal obtenir per tal de realitzar una gestió adequada dels hàbitats i garantir la viabilitat d'aquest tipus de projectes i la supervivència de l'espècie a llarg termini.

Objectius de l'estudi

Aquest treball, pretén aportar nou coneixement sobre els requeriments d'hàbitat de les poblacions naturals d'*E. orbicularis* al nord de Catalunya i a l'illa de Menorca, on ha quedat patent que hi ha encara un dèficit important de coneixement, especialment en les poblacions mediterrànies que per altra banda són les més amenaçades de la península Ibèrica (Keller i Andreu 2002). Els objectius principals de l'estudi són:

1. Caracteritzar la comunitat animal aquàtica (recurs tròfic) de les localitats estudiades i determinar si la comunitat explica, en part, característiques poblacionals d'*E. Orbicularis*. Com a hipòtesis principals: que les localitats amb major biomassa total de recurs tindran tortugues més grans, i que aquelles localitats amb més diversitat de recurs tindran tortugues amb més diversitat de mides i per tant més cohorts i una estructura poblacional més natural.
2. Estudiar quines variables ambientals permeten caracteritzar millor l'hàbitat de les localitats estudiades i determinar si estan relacionades amb les característiques poblacionals d'*E. orbicularis*. En aquest cas la hipòtesi principal es basaria en el fet que la qualitat de l'hàbitat i les condicions ambientals locals per si soles, no impliquen millors densitats de tortugues o tortugues més grans.
3. Analitzar l'estat de conservació actual de la població d'*E. orbicularis* de La Selva, i comprovar si existeixen nuclis estables en hàbitats de mala qualitat (aigües amb altes càrregues de nutrients i amb presència de contaminació d'origen humà, amb un baix índex d'estat de conservació de l'ecosistema ECELS), amb millors característiques poblacionals que d'altres nuclis.

Àmbit d'estudi

La zona d'estudi principal és la comarca de La Selva, al sud de la província de Girona. Es caracteritza per un clima mediterrani continental o prelitoral a l'interior, i litoral a la costa, i per presentar una gran heterogeneïtat orogràfica i paisatgística, amb costa mediterrània, plana interior i zones muntanyoses de la serralada prelitoral i transversal que ofereixen una gran diversitat d'hàbitats i contenen una alta biodiversitat. La Selva es caracteritza també per tenir una gran varietat de cursos fluvials, zones humides i basses, tant naturals com artificials, que la converteixen en una zona d'alt interès pel que fa a la fauna aquàtica. Entre aquests element

d'interès destaca el fet que és la zona on es concentren totes les localitats conegudes de nuclis naturals d'*E. orbicularis* de Catalunya.

Es coneixen un mínim de set nuclis amb presència d'*E. orbicularis* a La Selva: cinc estan al terme municipal de Riudarenes, en petites basses permanents naturalitzades properes a masies habitades i a una bassa de reg (Can Cunill, Can Cunill petita, Can Calçada, Mas Vern i Can Barrot); un cinquè nucli està a Caldes de Malavella, a la Riera de Santa Maria. El darrer nucli es localitza a l' Estany de Sils, a on trobem la major superfície aquàtica. El nucli de Can Cunill, està localitzat en dues basses situades a menys de cent metres: una petita bassa permanent a l'ombra d'una roureda, mancada de vegetació perimetral i submergida, coberta de lleties d'aigua *Lemna* sp. i d'aigües tèrboles plenes de fullaraca, i una bassa temporània més petita, d'aigües clares, amb abundant vegetació hidrofítica i menys ombrejada. La localitat de Can Calçada, consta d'una bassa de característiques similars a Can Cunill, mentre que la de Can Barrot és una bassa molt més gran i fonda, d'aigües clares i abundant vegetació hidrofítica a les zones més somes però que s'utilitza per a regadiu i en conseqüència, està totalment desproveïda de vegetació perimetral degut a que les contínues oscil·lacions del nivell d'aigua no ho permeten. Finalment, la població de la Riera de Santa Maria ocupa un tram d'aigües permanents d'uns dos-cents cinquanta metres lineals de la Riera de Santa Maria, a prop de l'Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR) de Caldes de Malavella. Aquest tram de riera presenta bosc de ribera i total cobertura de vegetació perimetral (sovint ruderal o secundària) però absència de vegetació hidrofítica i una qualitat de l'aigua evidentment dolenta. Malauradament, no es va poder incloure a l'estudi els nuclis de Mas Vern i l'Estany de Sils, per manca d'acord entre propietaris i gestors. Això va suposar un problema a l'hora de fer els anàlisis estadístics multivariants que es pretenien, donat l'escàs nombre de localitats disponibles a La Selva. Per pal·liar aquesta mancança, el disseny va incloure també quatre localitats de l'illa de Menorca gràcies a la col·laboració entre la Fundació Emys i el GOB Menorca en el marc del projecte *Territori Emys*. Així, es van incrementar el número de localitats fins a nou i l'heterogeneïtat d'ambients inclosos a l'estudi.

Menorca és l'illa més oriental de l'Arxipèlag Balear (Figura 1), caracteritzada per un clima mediterrani litoral, amb hiverns suaus, i per tenir un relleu suau amb domini de la plana i dominància de les màquies mediterrànies i del mosaic agroforestal. Tot i la seva petita superfície, Menorca presenta una gran diversitat d'hàbitats mediterranis i nombrosos ambients humits com aiguamolls, basses i torrents, on hi ha una població molt important d'*E. orbicularis* que va ser introduïda en temps de l'Imperi Romà a partir d'exemplars de Còrcega, Sardenya i centre i sud-est d'Europa (Viada 2006), ara naturalitzada.

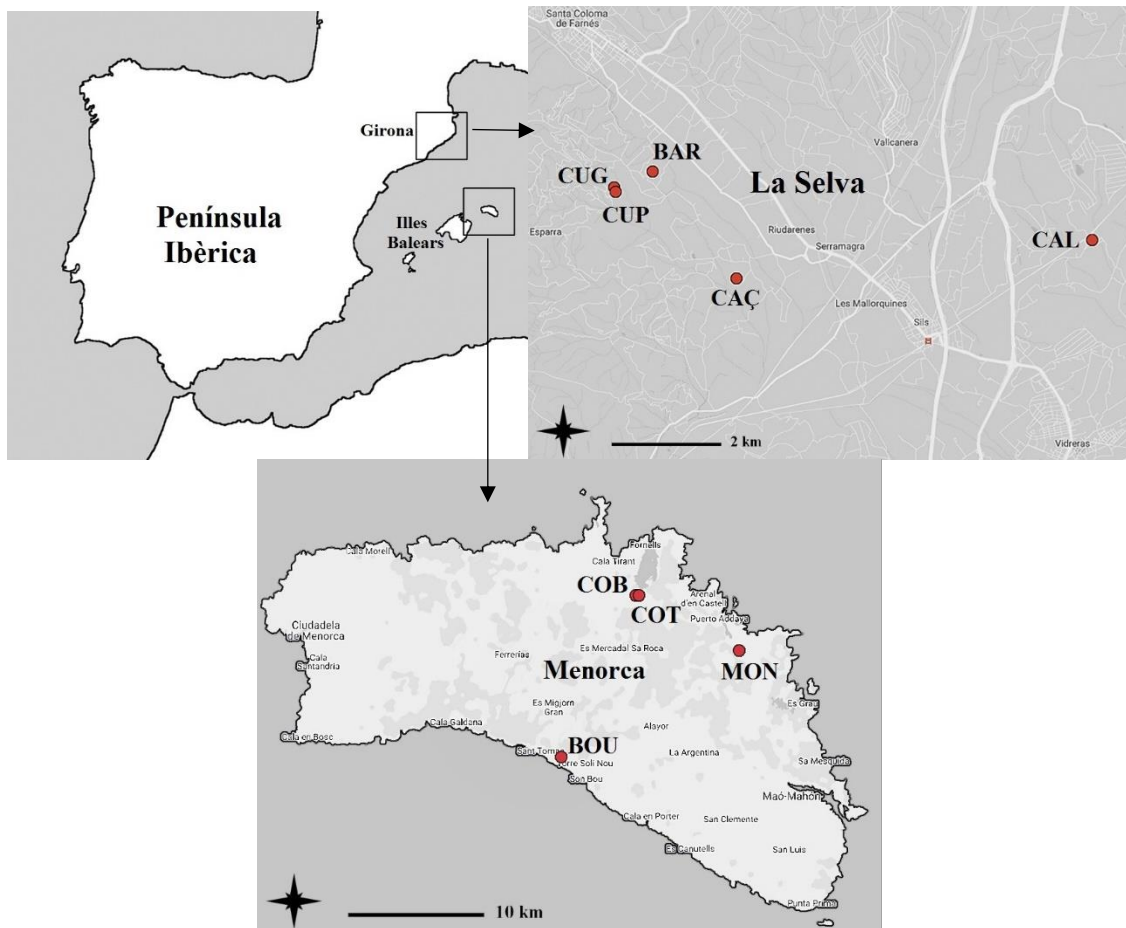


Figura 1. Mapa de les localitats estudiades, Can Barrot (BAR), Can Calçada (CAÇ), Can Cunill gran (CUG), Can Cunill petit (CUP), Riera de Santa Maria (CAL), La Concepció (COB), Torrent La Concepció (COT), Torrent de Mongofra (MON) i Torrent de Son Boter (BOU).

Les característiques generals i la superfície de les localitats escollides estan resumides a la Taula 1, i la seva situació geogràfica representada a la Figura 1. Tanmateix, es van visitar altres punts durant l'estudi, concretament un cinquè punt a Menorca (maresma salobrosa de Son Bou) i quatre llacunes de l'entorn de l'Estany de Banyoles (Artiga, Casa Nostra, Margarit i Amaradors) de característiques diferents (a on s'ha reintroduït *E. orbicularis* i s'ha comprovat la reproducció) i on es va realitzar el mostreig de caracterització ambiental, de la comunitat animal i de qualitat de l'hàbitat. Finalment, no s'han inclòs aquestes localitats a l'estudi perquè les entitats responsables del seguiment d'*E. orbicularis* no van poder realitzar el mostreig de tortugues i no s'ha disposat de les dades poblacionals durant el mateix any de realització de la caracterització de l'hàbitat. A més, en el cas de Banyoles, al tractar-se de nuclis introduïts recentment en creixement, s'ha estimat oportú no comparar-los amb nuclis naturals madurs.

Localitat	Regió	Tipus de massa d'aigua	Hidrologia	Coordenades geogràfiques		Superfície màxima (Ha)
Can Barrot (BAR)	La Selva	Bassa	Permanent	41°50'N	2°40'E	0,132
Can Calçada (CAÇ)	La Selva	Bassa	Permanent	41°49'N	2°42'E	0,024
Can Cunill gran (CUG)	La Selva	Bassa	Permanent	41°50'N	2°40'E	0,0218
Can Cunill petita (CUP)	La Selva	Bassa	Temporània	41°49'N	2°40'E	0,0075
Riera de Santa Maria (CAL)	La Selva	Riera	Permanent	41°49'N	2°46'E	0,065
La Concepció (COB)	Menorca	Bassa	Temporània	40°01'N	4°07'E	0,046
Torrent La Concepció (COT)	Menorca	Torrent	Temporània	40°01'N	4°07'E	0,05
Torrent de Mongofra (MON)	Menorca	Torrent	Temporània	39°59'N	4°12'E	0,045
Torrent de Son Boter (BOU)	Menorca	Aiguamoll	Permanent	39°54'N	4°03'E	0,38

Taula 1. Característiques de les localitats estudiades.

METODOLOGIA

Per al present estudi de les poblacions d'*Emys orbicularis* s'ha aplicat un protocol d'elaboració pròpia que consisteix en la realització d'un sol mostreig a cada localitat durant el mes de maig amb l'objectiu de caracteritzar la població de tortugues, determinar l'estat ecològic de les basses, caracteritzar l'aigua i caracteritzar la comunitat animal de les basses.

Estudi poblacional d'*Emys orbicularis*

La caracterització dels nuclis d'*E. orbicularis* es va basar en la obtenció de dades poblacionals que permetin estimar la densitat d'individus (captures per unitat d'esforç, densitat d'individus per hectàrea) i la proporció de sexes, així com la obtenció de dades morfomètriques que permetin estimar la mida mitjana de les tortugues (longitud de la closca i pes) així com la condició física i la diversitat de mides. Per això, durant el mes de maig de 2017, es va realitzar una campanya de captura de tortugues utilitzant un protocol de disseny propi, basat en la utilització de nanses cilíndriques plegables de doble embut (Figura 2) de 50 cm de diàmetre, 110 cm de longitud i 17,5 mm de llum de malla, escades amb peix mort i usant dues ampolles de plàstic plenes amb aire a mode de flotador. Són trapes de funcionament semblant a les utilitzades en diversos estudis (e.g., Pérez et al. 1979; Keller 1997) però amb un disseny diferent i presentant molts avantatges. Aquestes diferències consisteixen en que són més fàcils de transportar al ser plegables, més resistents al estar fetes de niló gruixut, més lleugeres però

encara rígides un cop desplegadas gràcies a tenir una molla d'acer, més fàcils d'instal·lar ja que no requereixen tensors (a més permeten no haver d'accedir a la bassa i evitar aixecar el sediment en suspensió), més versàtils ja que capturen tortugues de totes les mides, més selectives ja no capturen organismes no desitjats (serps, capgrossos, peixos petits, grans invertebrats) gràcies a la llum de malla gran, més efectives al tenir doble entrada en forma d'embut de gran diàmetre i finalment són més segures per a les tortugues ja que les clàssiques nanses anguileres són perilloses en cas de canvis de nivell de l'aigua i es poden arribar a ofegar individus encara que es tingui cura de que una part de la trampa estigui sempre a l'aire.



Figura 2. Nanses utilitzades en el present estudi.

El número de nanses utilitzades a cada localitat es va determinar de la següent manera:

- basses de 100 m² (o menys) 1 única nansa
- basses mitjanes (100-1000m²): 5 nanses a l'atzar
- basses grans (1000-30.000m²): 10 nanses a l'atzar
- masses d'aigua molt grans (p.e. >10.000m²) s'instal·laran 20 nanses a l'atzar
- canals, regs o rieres : 1 nansa cada 100 m lineals. Així es necessitaria:

Durant el trampeig, es van recollir les següents dades:

- Dia (dia i horari del trampeig)
- Localitat (topònim, municipi, coordenada)
- Espècie
- Sexe (M/F/JUV)
- Pes

- NCL: Longitud de la closca mesurada en vertical des de la placa nugal a la sutura entre les dues caudals.
- CH: Alçada
- PCL: Longitud precloacal de la cua, des de la sutura del plastró a l'anús.
- Amplada de la closca
- Longitud i amplada del plastró.
- Recaptura = (S/N)
- Notes = deformitats, ferides, etc
- Absència = no tortugues capturades

Les mesures es van prendre amb un peu de rei digital calibrat (0,01 mm precisió) i el pes amb una balança digital d'1 g de precisió. Cada tortuga es va marcar amb una marca individualitzada, utilitzant el marcatge clàssic: fer osques amb una serra a les plaques marginals per tal d'obtenir combinacions numèriques segons un codi establert (modificat de Servan 1986). No es marcaren tortugues petites, de menys de 40 – 50 mm de nCl (longitud de la closca).

Per a l'anàlisi de les variables morfomètriques s'han classificat les captures en tres classes d'edat-sexe: femelles adultes, mascles adults i juvenils, considerant juvenils els individus sense caràcters sexuals desenvolupats, les femelles amb $NCL < 103,70\text{mm}$, i els mascles amb $NCL < 88,90\text{mm}$ (Ramos et al. 2009). S'han calculat les mitjanes de TW NCL per a mascles adults i femelles adultes, no així dels exemplars juvenils ja que representaven un número massa baix. També s'ha calculat la diversitat de mides (Quintana et al. 2016) i la condició física (K) en base a l'índex de Fulton (Ricker 1975).

Les variables poblacionals que s'han calculat per a cada localitat són: les captures per unitat d'esforç (CPUE) com a aproximació de la probabilitat de captura (individus capturats en funció del nombre de trampes i el nombre de dies), la densitat (total d'individus diferents capturats per hectàrea), la ràtio de sexes (F:M) i l'estimació de la mida poblacional mitjançant l'estima poblacional de Lincoln-Petersen (Lincoln 1930). Aquest darrer no s'ha tingut en compte en l'anàlisi ja que el nombre de captures d'algunes localitats era massa baix per a poder calcular-lo i no permetia comparar el seu valor entre les diferents localitats.

Qualitat de l'hàbitat

Per determinar l'estat de conservació de cada localitat, es calculà l'índex ECELS1 basat en la puntuació de diferents característiques de la massa d'aigua referents a:

- Morfologia litoral
- Activitats humanes presents (construccions, transport, infraestructures hidràuliques)
- Aspecte de l'aigua (terbolesa sense episodis de pluja, color de l'aigua, olor)
- Vegetació emergent
- Vegetació submergida

Variables ambientals: Caracterització de l'aigua

A cada massa d'aigua estudiada es van mesurar les següents variables:

- Propietats fisicoquímiques de l'aigua: temperatura, oxigen dissolt, pH, conductivitat elèctrica. Aquestes mesures es van prendre in situ, utilitzant sondes portàtils específiques.



Figura 3. Mesura de variables fisicoquímiques de l'aigua.

- Presència de nutrients a l'aigua (Nitrogen total, Fòsfor total) i nutrients inorgànics dissolts en mostra filtrada (Amoni, Nitrit, Nitrat, Fosfat). Per a determinar els nutrients, es van prendre mostres d'aigua tant filtrada com sense filtrar, que posteriorment es van enviar a analitzar a un laboratori especialitzat de l'ICRA.

- Presència de clorofil·la. Per obtenir la mostra es va fer passar aigua del punt de mostreig a través d'un filtre (on queda retinguda la clorofil·la) aplicant pressió negativa per facilitar el pas de l'aigua a través del filtre sense trencar les cèl·lules dels organismes fito-planctònics.



Figura 4. Filtració de l'aigua per obtenir mostra de clorofil·la i de nutrients.

Caracterització de la comunitat animal

Es va realitzar un mostreig específic d'animals aquàtics (macroinvertebrats, microcrustacis i amfibis) mitjançant la realització de 20 escombrades de salabre (recorregut amb el salabre que consisteix en una immersió, un desplaçament de 0.5 m i una emersió (tal i com es detalla a Agència Catalana de l'Aigua 2006) a cada localitat, cobrint tots els microhàbitats de la massa d'aigua amb un salabre de llum de malla de 250 μm , un diàmetre de 25 cm i un mànec de 120 cm de longitud (Figura 5). Cada mostra es va netejar, eixugar i fixar amb Etanol 70% *in situ*, per posteriorment ser processada al laboratori. Al laboratori les mostres es van netejar de matèria vegetal, després es van extreure els organismes grans, i finalment es van realitzar fraccions homogènies de cada mostra (1/8, 1/16, 1/64, 1/128) mitjançant un submostrejador manual. Utilitzant la lupa binocular (ZEISS Stemi 305), es van identificar els macroinvertebrats a nivell de família (Tachet et al. 2000), els amfibis a nivell d'espècie (Nöllert i Nöllert 1995) i els microcrustacis a nivell de Classe, i es van comptar tots els individus de cada mostra, tot mesurant 25 individus de cada taxó i mostra per tal de poder realitzar el càlcul de la biomassa. Per a cada localitat, s'ha calculat la Riquesa de taxons (S) i per a cada grup d'organismes s'ha calculat la biomassa ($\mu\text{g/L}$), utilitzant fórmules específiques de la bibliografia. Aquesta feina és la que ha consumit la major part de les hores dedicades al projecte.



Figura 5. Neteja d'una mostra de macro-invertebrats aquàtics per a la seva fixació.

Mesures de prevenció de malalties

Durant els mostrejos es va ser molt curós amb el material per tal d'evitar contagis o propagació de malalties entre basses i entre tortugues, desinfectant botes, salabrets, trampes, piquetes i qualsevol altra cosa en contacte amb els animals o l'aigua de l'estany.

Anàlisi de dades

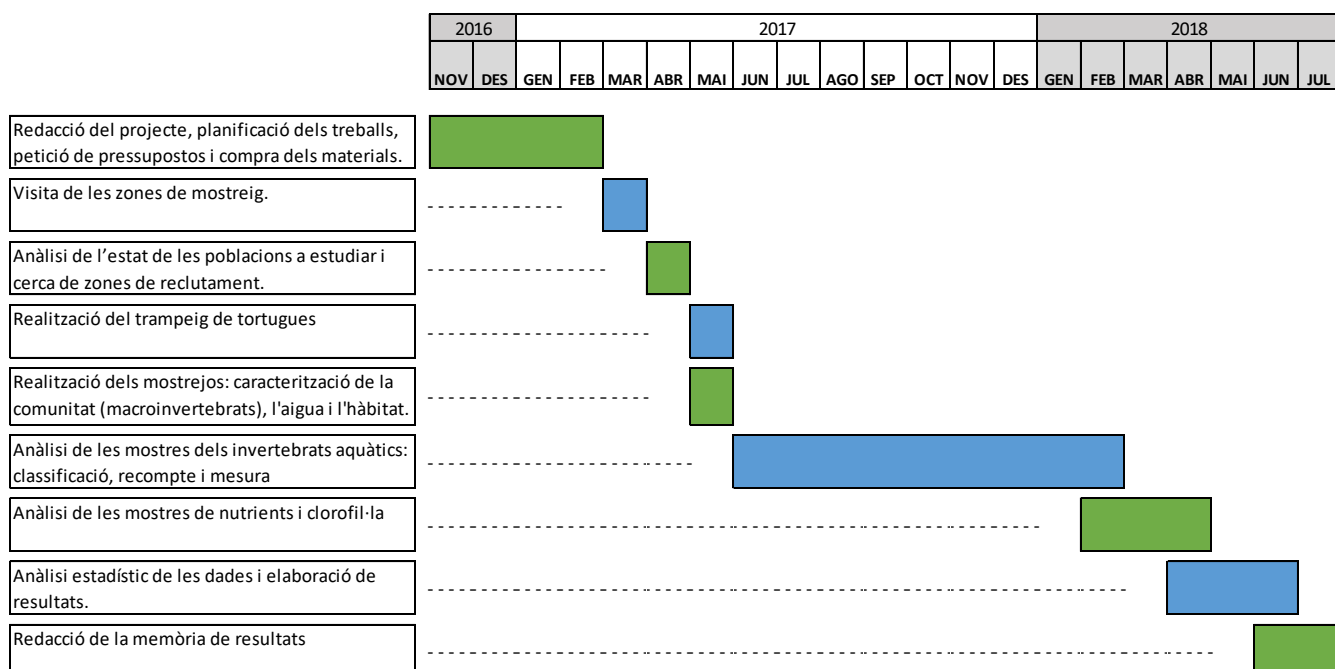
Tenint en compte l'elevat número de variables ambientals, de comunitat animal i poblacionals d'*E. orbicularis* es va decidir utilitzar mètodes d'estadística multivariant per resumir-les, tot mantenint la màxima variabilitat possible continguda en les matrius de les variables ambientals i de composició de la comunitat.

Per resumir la variabilitat de la matriu de les dades de la comunitat animal aquàtica (biomassa total de cada taxó identificat a cada mostra), s'ha fet servir una Anàlisi de Correspondències (CA) tenint en compte totes les localitats, i s'ha utilitzat una Anàlisi de Components Principals (PCA) per resumir la variabilitat de les dades ambientals. Així, per a cada grup de variables (ambientals i comunitat) es va seleccionar únicament la primera (comunitat) o les dues primeres dimensions (ambientals) obtingudes a partir de les anàlisis multivariades. En una segona fase es van realitzar Regressions Múltiples amb les diferents variables poblacionals d'*E. orbicularis*. Per a aquesta aproximació s'han considerat totes les localitats com a independents, tot i estar algunes situades a menys de cent metres (com Can Cunill gran i Can Cunill petita, i com la bassa de La Concepció i el torrent de La Concepció) degut al baix nombre de localitats disponibles.

Totes les variables, excepte el pH i la diversitat de mides, s'han normalitzat abans de l'aplicació de la PCA i la CA mitjançant transformació logarítmica, i tots els anàlisis s'han realitzat amb el software RSTUDIO. La correspondència del primer eix del CA (CA1) amb la riquesa d'espècies s'ha testat mitjançant una anàlisi de Correlació de Spearman. Per altra banda, donat que tractar per separat masses d'aigua tant properes com les dues de Can Cunill i les dues de La Concepció pot causar algun tipus de distorsió a l'anàlisi comentat (probablement les tortugues de basses tant properes formen part del mateix nucli poblacional), s'ha realitzat una validació dels resultats mitjançant un nou anàlisi amb només set localitats, després de la unió de les masses d'aigua properes, fent mitjanes de totes les variables. Degut a la reducció del nombre de localitats, s'ha cregut adient canviar l'aproximació estadística, realitzant en aquest cas una anàlisi més simple, Correlació de Pearson entre cadascuna de les variables explicatives i les variables poblacionals. Finalment, s'han realitzat anàlisis de Correlació de Spearman per confirmar la relació entre el primer eix de la CA i la riquesa de la comunitat, així com la relació entre la diversitat de mides d'*E. orbicularis* i el sumatori de la biomassa de dípters i anèl·lids en cada localitat.

Planificació dels treballs

Diagrama de Gantt de les tasques realitzades durant el projecte, de les quals només resten pendents de finalitzar les dues darreres, durant el present mes de juliol:



RESULTATS

Caracterització de l'hàbitat

Els diferents nuclis poblacionals de tortuga d'estany monitoritzats es troben en hàbitats molt heterogenis, i tant les característiques físiques i químiques de l'aigua, com l'estat de conservació dels mateixos difereixen notablement. Es confirma que la Riera de Santa Maria, a Caldes de Malavella, presenta la pitjor qualitat de l'aigua i també de l'hàbitat, amb el valor d'ECELS més baix de les nou localitats (deficient), i també presenta nivells de nitrats, amoni i fosfats molt més elevats que la resta de localitats. En general les localitats de La Selva tenen una qualitat de l'hàbitat més baixa que les de Menorca, però les causes són diferents per cada massa d'aigua. Per exemple Can Barrot té qualitat deficient a causa de la manca de vegetació emergent i perimetral mentre que a la Riera de Santa Maria pesa més l'absència de vegetació hidrofítica i la presència d'activitats humanes (Taula 2).

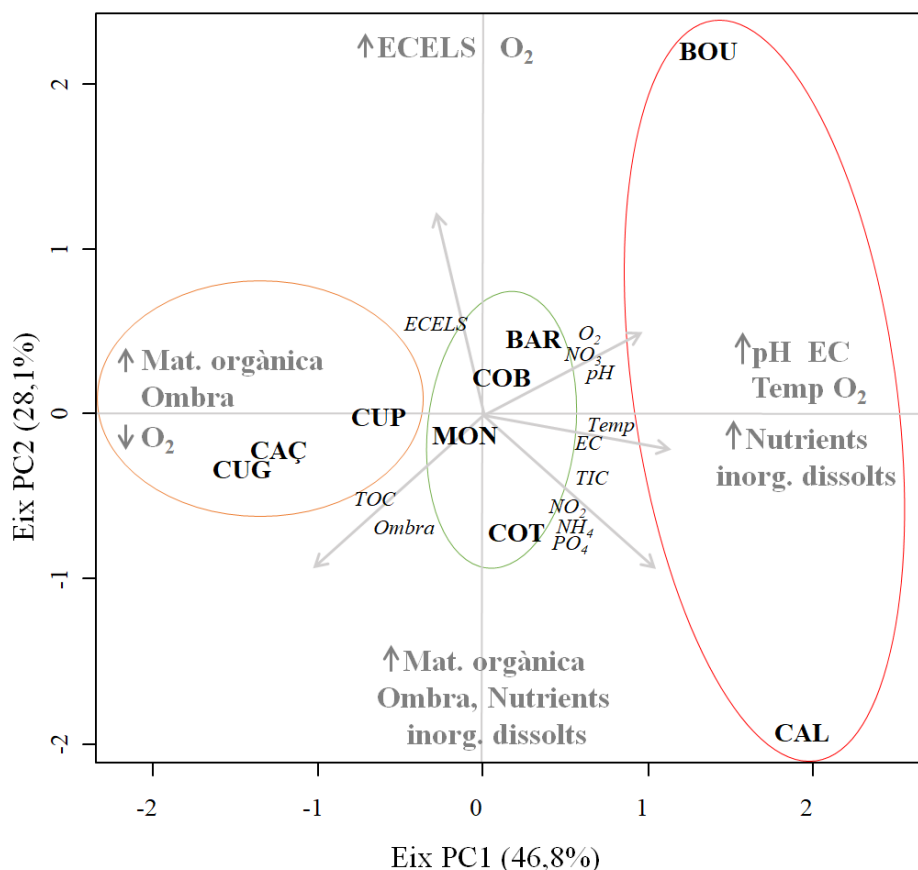


Figura 6. Representació gràfica dels dos eixos principals de la PCA, utilitzant les variables ambientals. Conductivitat elèctrica (EC), temperatura (Temp), oxigen dissolt (O₂), amoni (NH₄), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), fosfat (PO₄⁻³), carboni orgànic total (TOC), carboni inorgànic total (TIC) i la qualitat de l'hàbitat (ECELS).

Localitat	Can Barrot (BAR)	Can Calçada (CAÇ)	Can Cunill gran (CUG)	Can Cunill petita (CUP)	Riera de Santa Maria (CAL)	La Concepció (COB)	Torrent La Concepció (COT)	Torrent de Mongofra (MON)	Torrent de Son Boter (BOU)
Data de mostreig	Maig 2017	Maig 2017	Maig 2017	Maig 2017	Maig 2017	Maig 2017	Maig 2017	Maig 2017	Maig 2017
Ombra (%)	10	40	70	50	20	10	70	40	0
pH	7,99	6,83	6,59	7,53	8,07	8,4	8,11	7,76	8,96
EC (µS/cm)	393	132	84,2	315	2530	4280	3190	1299	1005
Temp (°C)	20,5	14,8	12,2	14,9	22,9	17,7	13,8	14,6	18,3
Oxigen dissolt (mg/L)	8,16	0,43	0,75	4,18	3,55	2,53	4,71	2,82	15,91
NH ₄ (mgN/L)	0,044	<LOQ	<LOQ	0,006	2,068	0,020	0,034	0,334	0,067
NO ₂ (mgN/L)	<LOQ	0,003	0,003	<LOQ	1,148	<LOQ	<LOQ	0,038	0,045
NO ₃ (mgN/L)	0,007	<LOQ	0,011	0,004	1,078	<LOQ	0,003	0,149	4,119
NTotal (mgN/L)	0,625	-	1,484	2,421	10,164	1,723	1,326	2,546	5,579
PO ₄ (mgP/L)	0,006	0,037	0,026	0,031	0,842	0,015	0,486	0,071	0,013
PTotal (mgP/L)	0,022	-	0,119	0,106	1,099	0,126	0,524	0,191	0,055
TIC (mgC/L)	21,28	9,17	7,66	32,32	144,90	42,72	86,20	85,72	30,770
TOC (mgC/L)	7,52	37,33	30,85	41,55	12,027	32,22	20,22	23,77	2,021
Clorofil·la-a planctònica (µg/L)	0,336	-	-	0,371	0,507	2,149	-	-	-
Qualitat de l'hàbitat (ECELS)	45	68	60	70	40	68	49	83	83
Morfologia (ECELS 1)	5	10	10	5	5	10	0	20	20
Activitat humana (ECELS 2)	18	18	20	15	3	18	9	18	20
Aigua (ECELS 3)	10	10	10	10	7	5	10	10	10
Veget. emergent (ECELS 4)	2	30	20	30	25	20	30	20	25
Veget. hidrofítica (ECELS 5)	10	0	0	10	0	15	0	15	8
Qualitat de l'hàbitat (ECELS)	DEFICIENT	MEDIOCRE	MEDIOCRE	BO	DEFICIENT	BO	MEDIOCRE	BO	MOLT BO

Taula 2. Resum de les característiques físiques i químiques i estat de conservació de les masses d'aigua estudiades.

<LOQ indica valor per sota del límit de detecció de la tècnica analítica emprada.

Els resultats de la PCA mostren que el primer eix (PC1) explica el 46,8% de la variabilitat de les mostres, mentre que el segon (PC2) explica el 28,1% (Figura 6). L'eix PC1 es pot relacionar amb l'estat tròfic de l'aigua, ja que separa les localitats amb elevat contingut de nutrients inorgànics dissolts (CAL i BOU) de les localitats (CUG, CAÇ, CUP) amb menors

concentracions. Ambdós grups de localitats també es diferencien per valors més alts de Temp, EC, pH i O₂, les primeres, mentre que les segones presenten un percentatge major d'ombra i major concentració de carboni orgànic total (TOC). La resta de localitats (BAR, COB, COT, MON) resten poc allunyades del centre de l'eix pel que representarien localitats amb cert equilibri entre les variables. Per altra banda, l'eix PC2 està especialment relacionat amb el nivell de conservació de l'hàbitat (ECELS), a més de la concentració d'oxigen i de nutrients inorgànics dissolts, diferenciant el Torrent de Son Boter (BOU) de la Riera de Santa Maria (CAL) que tenen característiques úniques i molt allunyades de la resta de masses d'aigua que queden situades al centre de l'eix.

Caracterització de la comunitat animal aquàtica

Els resultats del mostreig de la comunitat animal aquàtica també mostren una gran diferència pel que fa a la riquesa de tàxons i a la biomassa existent en les localitats estudiades. Les basses de Can Cunill i Can Calçada, així com la Riera de Santa Maria i l'aiguamoll del Torrent de Son Boter, mostren una riquesa de taxons molt baixa, entre 8 i 11 taxons identificats, mentre que en els altres punts d'aigua s'han identificat entre 17 i 20 taxons (Taula 3).

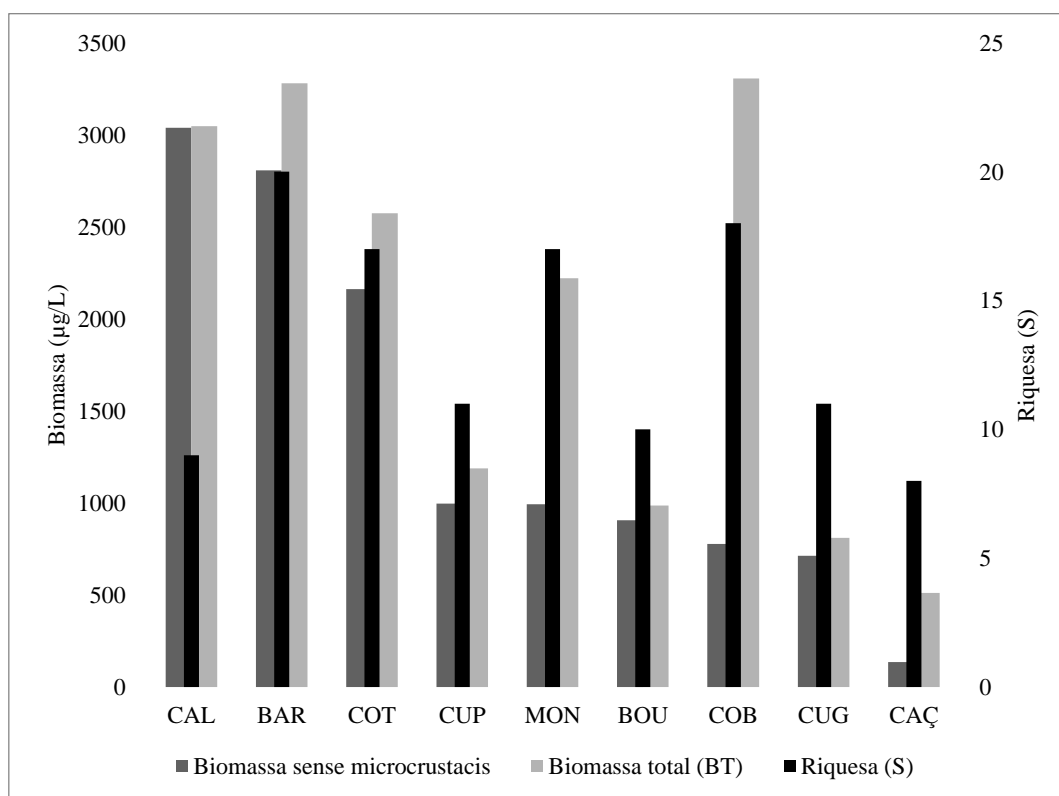


Figura 7. Riquesa de taxons i biomassa total de la comunitat animal aquàtica de les localitats, sense incloure microcrustacis, i inclouent microcrustacis.

TAXONS	BAR	CAÇ	CUG	CUP	CAL	COB	COT	MON	BOU
<i>Hyla meridionalis</i>	0	0	0	0	0	139,79	160,48	0	0
<i>Lissotriton helveticus</i>	521,18	0	0	157,27	0	0	0	0	0
<i>Pelobates cultripes</i>	121,85	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pelophilax perezi</i>	3,49	0	0	4,69	0	0	0	0	0
<i>Procambarus clarckii</i>	0	0	0	0	854,18	0	0	0	0
Baetidae	145,58	0	0,38	0	0	77,67	0,78	111,77	50,25
Chaoboridae	257,99	0	0,00	24,21	0	0	0	0	0
Chironomidae	37,92	52,29	2,11	126,24	1847,19	77,67	75,60	70,94	23,33
Coenagrionidae	197,94	0	0	0	0	0	0	0	0
Corixidae	14,83	0	0	0	2,61	128,22	24,31	181,50	123,05
Culicidae	2,84	0	0,06	0,52	300,11	0,60	7,32	0,32	0
Dytiscidae	79,23	0	5,70	19,02	0	100,37	7,03	10,70	0
Gerridae	0,00	0	0	0	0	11,73	0,05	0	0
Hirudinidae	0,00	0	0	0	0	0,00	0	0	388,00
Helophoridae	0,00	0	0	0	0	1,03	0,99	39,19	0
Hydracar	0,18	0	0	0	0	0,00	0	0	0
Hydraenidae	0	0	0	0	0	0,23	0,27	0,19	0
Hydridae	238,85	0	0	0	0	14,53	19,98	0	0
Hydrophilidae	7,10	39,41	8,04	0	0	7,67	0,40	14,44	0
Hygrobiidae	22,60	0	0	0	0	0	0	0	0
Lestidae	1007,87	16,64	0	424,73	0	70,78	984,08	503,08	0
Libellulidae	0	0	0	29,69	0	0	0	11,63	311,19
Lumbriculidae	0	0	290,20	0	0,11	0	0	0	0
Notonectidae	122,00	0,84	0,00	210,26	0,16	77,95	0,00	33,20	0
Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0,23
Physidae	25,64	0	32,21	0	0	63,85	877,33	16,17	10,37
Pleidae	0	0	0	0	0	0	0	0,50	0
Planorbidae	0	0	0	0	0	5,06	0	0,00	0
Scirtidae	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0
Tubificidae	0	27,24	375,09	0	34,28	0	2,75	0	0
Cladocera	381,15	48,31	42,64	151,82	0	1565,96	386,77	945,53	10,59
Ostracoda	68,82	260,13	48,54	17,98	6,19	938,20	5,40	226,36	61,59
Copepoda	22,50	65,66	6,05	20,72	3,09	25,21	21,17	54,83	6,85
Riquesa de taxons (n)	20	8	11	11	9	18	17	17	10
Biomassa sense crustacis	2807,08	136,42	713,79	996,62	3038,64	777,15	2161,35	993,74	993,42
Biomassa Total	3279,60	510,52	811,01	1187,14	3047,92	3306,50	2574,70	2220,50	985,44

Taula 3. Biomassa (μg de pes sec / L d'aigua) de tots els taxons identificats a la comunitat animal aquàtica de les localitats.

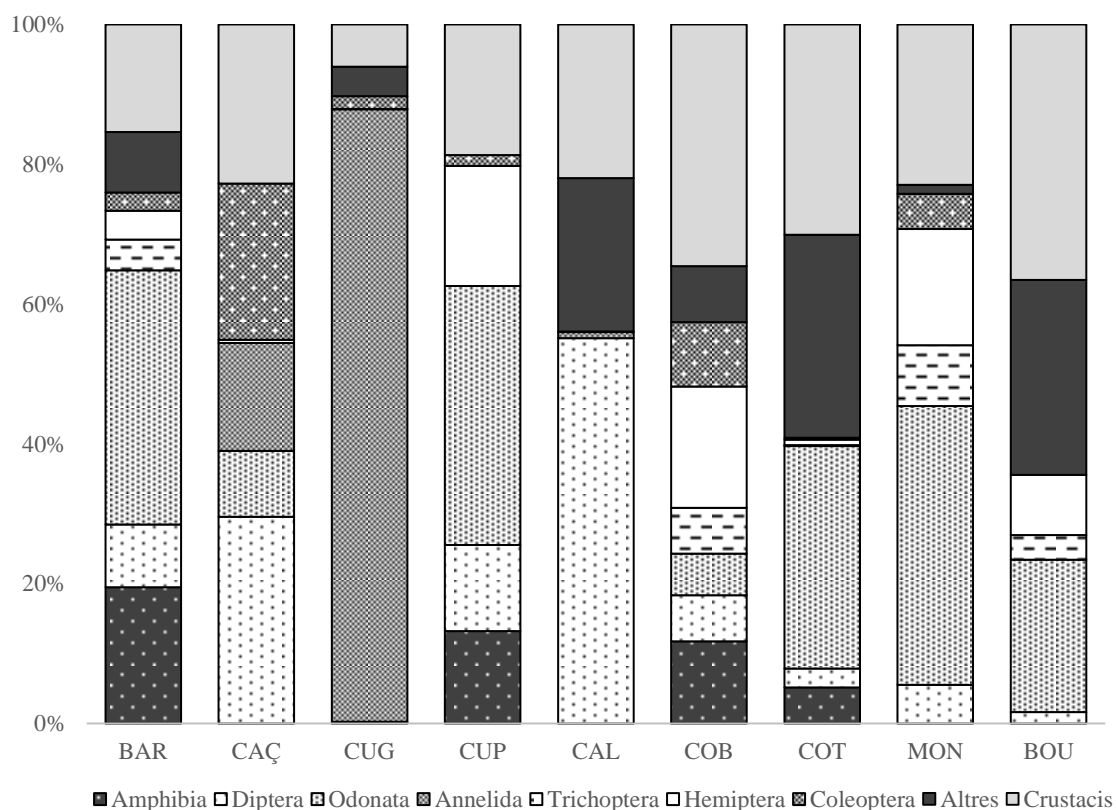


Figura 8. Abundància relativa de la biomassa dels diferents grups de macroinvertebrats (amfibis, dípters, odonats, anèl·lids, tricòpters, hemípters, coleòpters, crustacis i altres) en les localitats estudiades.

La biomassa total de la comunitat, aproximació a la quantitat de recurs disponible, difereix entre localitats i no té relació directa ni amb la qualitat de l'hàbitat ni amb la riquesa d'espècies, ja que de les tres localitats amb major biomassa d'animals (més de 3.000 µg de pes sec per litre d'aigua), la Riera de Santa Maria és la segona localitat amb menys riquesa i Can Barrot és la localitat amb major riquesa. La bassa de La Concepció, tot i tenir la major biomassa total, està totalment dominada per l'abundància de microcrustacis, de manera que quan es representa la biomassa de la comunitat excloent-los, passa a ser una de les tres localitats amb menys biomassa, i el mateix passa amb el Torrent de Mongofra, tot i que en menor mesura (Figura 7). Aquestes diferències queden encara més patents quan s'observa l'abundància relativa de la biomassa dels diferents grups d'organismes a cada localitat (Figura 8). Hi ha localitats dominades per anèl·lids (Can Cunill gran), dominades per larves de dípters (Riera de Santa Maria), amb molta presència de larves d'odonats (Can Barrot, Torrent de Mongofra i Can Cunill Petita) o amb una proporció alta de microcrustacis (Bassa i Torrent de La Concepció). Aquesta variabilitat il·lustra la gran diversitat de recursos alimentaris que poden estar disponibles per a les tortugues en funció del nucli analitzat.

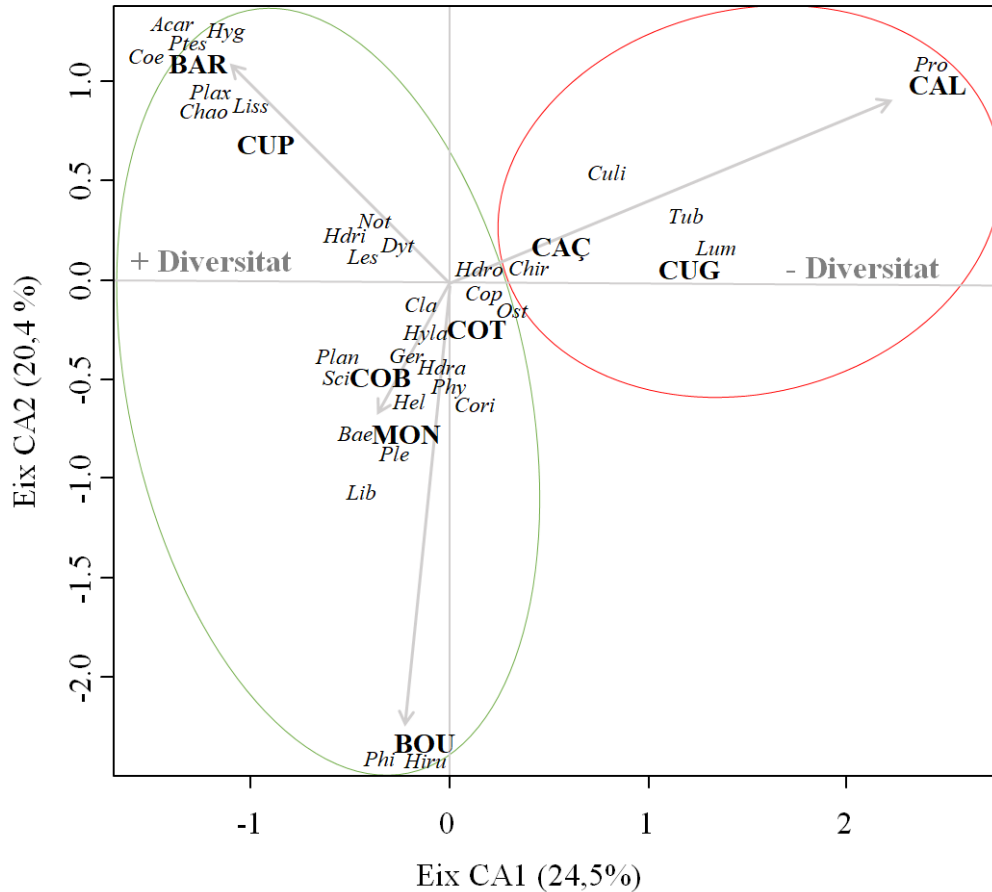


Figura 9. Representació gràfica dels dos eixos principals de la CA, utilitzant la biomassa de cada família identificada a la comunitat animal de les basses estudiades. El significat dels codis de les localitats apareixen a la Taula 1. *Hyla meridionalis* (Hyl), *Lissotriton helveticus* (Lis), *Pelobates cultripipes* (Ptes), *Pelophilax perezi* (Plax), *Procambarus clarkii* (Pro), Baetidae (Bae), Chaoborus (Chao), Chironomidae (Chir), Coenagrionidae (Coe), Corixidae (Cori), Culicidae (Culi), Dytiscidae (Dyt), Gerridae (Ger), Hirudinidae (Hir), Helophoridae (Hel), Hydracar (acar), Hydraenidae (Hdra), Hydridae (Hdri), Hydrophilidae (Hdro), Hygrobiidae (Hgro), Lestidae (Les), Libellulidae (Lib), Lumbriculidae (Lum), Notonectidae (Not), Philopotamidae (Phi), Physidae (Phy), Pleidae (Ple), Planorbidae (Plan), Scirtidae (Sci), Tubificidae (Tub), Cladocera (Cla), Ostracoda (Ost) i Copepoda (Cop).

Els resultats de la CA mostren que el primer eix (CA1) explica el 24,5% de la variabilitat de les mostres, mentre que el segon (CA2) explica el 20,4% (Figura 9). L'eix CA1 separa les localitats en funció de la diversitat o riquesa de taxons, diferenciant les localitats amb menys taxons a la comunitat (CAL, CUG i CAC) de les localitats amb més taxons (BAR i CUP), quedant al centre de l'eix la resta de localitats. Per comprovar-ho, s'ha realitzat una anàlisi de Correlació de Spearman entre l'eix CA1 i la riquesa (S) que ha resultat significativa (p -valor = 0,033*; ρ = -0,706). Mitjançant una regressió simple, s'ha determinat que l'eix CA1 està relacionat negativament amb la riquesa (S). L'eix CA2 no s'ha tingut en compte en l'anàlisi final ja que explica les diferències entre només quatre localitats caracteritzades per taxons específics i no s'ha sabut trobar un sentit ecològic clar a aquesta agrupació que separa el Torrent de Son Boter

(caracteritzat per Hirudinidae i Philopotamidae) de les basses de Can Barrot i Can Cunill petita (amb diversos taxons exclusius) i la Riera de Santa Maria (l'únic punt a on s' *P. clarkii*).

Estudi poblacional d'*Emys orbicularis*

Es van capturar un total de 68 exemplars d'*E. orbicularis* a La Selva i 94 a Menorca (Taula 5). Les CPUE i densitats més elevades s'han observat a la de La Selva a la Riera de Santa Maria i a les basses de Can Cunill, i Menorca, al Torrent de Mongofra i a al torrent de La Concepció, mentre que la diversitat de mides és màxima a la riera de Caldes i a Can Calçada (Figura 8).

LOCALITAT	LA SELVA					MENORCA			
	BAR	CAÇ	CUG	CUP	CAL	COB	COT	MON	BOU
Trampes emprades (n)	5	2	1	1	4	2	3	2	5
Temps de mostreig (dies)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Captures Totals (n)	2	12	10	7	36	3	40	53	22
Captures Totals per Regió (n)	68					94			
Captures femelles (n)	1	8	6	2	8	1	10	30	11
Captures mascles (n)	1	3	0	4	21	2	13	12	8
Captures juvenils (n)	0	1	4	1	2	0	3	1	3
Juvenils nounats capturats a mà	0	2	0	0	5	0	0	0	0
CPUE (ind/ trampa*dia)	0,13	2,00	3,33	2,33	3,00	0,50	4,44	8,83	1,47
Densitat (ind /Ha)	15	500	459	933	554	65	800	1178	58
Estima poblacional de Lincoln-Petersen (n)	-	23 ± 6	47 ± 11	-	224 ± 97	-	-	-	-
Ràtio de sexes (femelles:mascles)	1:1	1:0,4	1:0	1:2	1:2,6	1:2	1:1,3	1:0,4	1:0,7
Proporció juvenils (%)	0,0	8,3	40,0	16,7	6,5	0,0	11,5	2,3	13,6
Proporció juvenils per Regió (%)	13,1					7,4			
Proporció juvenils + nounats per Regió (%)	24,6					7,4			
Diversitat de mides NCL	-2,3	1,9	0,8	0,7	1,9	0,0	0,5	0,1	0,6
Longitud NCL femelles (cm)	131,8	125,8	108,0	115,1	141,3	130,0	124,8	131,5	112,3
Longitud NCL mascles (cm)	127,5	109,5	94,8	106,3	127,5	108,0	110,6	115,3	103,6
Pes TW (g)	351,0 (8)	309,4 (46)	205,1 (43)	245,7 (49)	327,1 (36)	251,3 (43)	299,9 (34)	373,2 (30)	236,4 (38)
Condicció física (K)	2,7 (5)	2,5 (30)	1,9 (29)	2,1 (35)	2,8 (26)	2,1 (31)	2,5 (24)	2,9 (23)	2,1 (28)

Taula 5. Resum de les variables poblacionals obtingudes mitjançant el mostreig d'*E. orbicularis*. Les mitjanes presenten el coeficient de variació (%) entre parèntesis. Els codis de les localitats figuren a la Taula 1.

Les tortugues adultes amb una mitjana de la longitud de la closca (NCL) més gran, tant mascles com femelles, es troben a la Riera de Santa Maria, Can Barrot i el Torrent de Mongofra. En canvi, les tortugues amb una mitjana menor de la NCL es localitzen a Can Cunill gran, Can Cunill petita i el Torrent de Son Boter (Figura 9). S'observen variabilitats molt diferents entre

localitats, amb valors extremadament baixos a Can Barrot (degut al baix nombre de captures) i molt alts als Torrents de Son Bou, Son Boter i Montgofra. Els nuclis de La Selva han presentat valors de diversitat de mides més alts que els de Menorca a excepció de Can Barrot. Els valors màxims s'han observat a la riera de Caldes i a Can Calçada, les dues úniques localitats on s'ha confirmat la reproducció durant l'any d'estudi (Taula 5), essent baixa a la resta de localitats, i mínima a Can Barrot, la bassa de La Concepció i el Torrent de Montgofre.

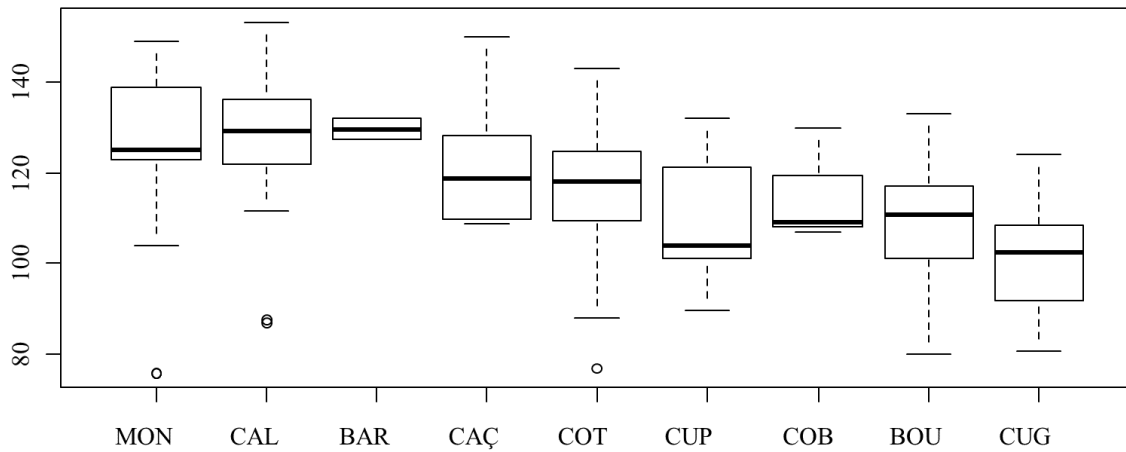


Figura 9. Gràfics de caixa que mostren la variabilitat de la longitud de la closca (NCL) d'*E. orbicularis* en les diferents localitats.

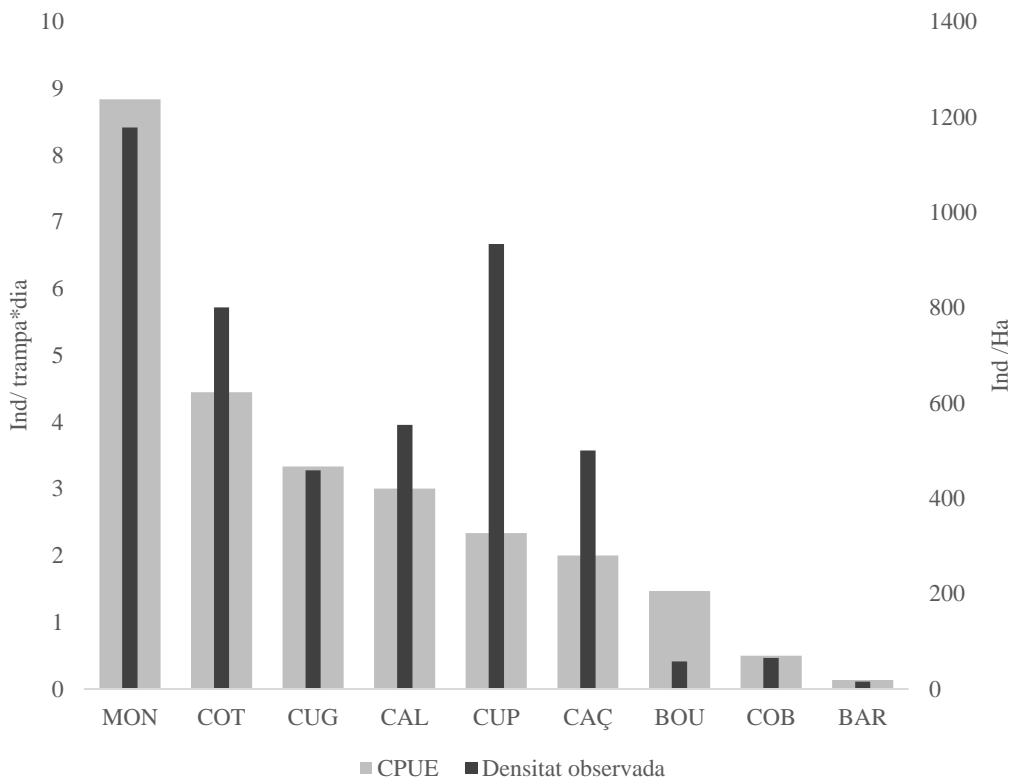


Figura 8. CPUE i densitat observada d'*E. orbicularis* a les localitats estudiades.

Pel que fa a la ràtio de sexes, a La Selva dominen les femelles a tots els nuclis consolidats (considerant Can Cunill com a un sol nucli amb una ràtio mitjana de 1:0,5) excepte a la Riera de Santa Maria, on s'inverteix el patró, dominant els mascles de manera molt clara (1:2,6). A Menorca dominen els mascles a les dues localitats de La Concepció, amb més proporció de femelles a la resta de nuclis (Taula 5).

La presència de juvenils de l'any (nounsats) només va ser detectada a les localitats de la Riera de Santa Maria i Can Calçada, a més d'altres localitats no incloses en l'estudi, com l'Estany de Sils i els Prats de Mas Vern (Figura 11). El percentatge mitjà de juvenils observat a la població de La Selva és del 13,1%, arribant al 24,6% quan es sumen els juvenils de l'any capturats a mà durant els mostrejos, valor superior al de Menorca, amb només un 7,4% i on no es van detectar individus juvenils nounsats durant el mostreig. A nivell de localitat, a La Selva, només hi ha un nucli amb una proporció elevada de juvenils, Can Cunill gran (40,0%), seguit de Can Calçada (8,3%) i de la Riera de Santa Maria (6,5%).

Relació entre les característiques poblacionals amb les variables ambientals i la composició de la comunitat

a) Aproximació a partir de Regressions Múltiples

Els resultats de les anàlisis de Regressions Múltiples mostren que la primera dimensió (CA1) del CA realitzat a partir de la matriu de composició de la comunitat està positivament i significativament relacionada amb la diversitat de mides de la població d'*E. orbicularis*. Per altra banda, la biomassa total de la comunitat animal aquàtica (BT), explica la mitjana de la longitud (NCL) d'*E. orbicularis* de les diferents localitats (Taula 6).

Regressions Múltiples	Variable explicativa	Variable depenent						
		CPUE (ind/trampa* dia)	Densitat (ind /Ha)	Diversitat de mides NCL	Longitud NCL femelles (cm)	Longitud NCL mascles (cm)	Pes (g)	Condicció física (K)
	Bondat d'ajust R^2 (<i>p</i> -valor)	NS	NS	0,50**	NS	NS	NS	NS
CA1 + PCA1+BT	CA1 coeficient (<i>p</i> -valor)	-	-	0,48**	-	-	-	-
	PCA1 coeficient (<i>p</i> -valor)	-	-	NS	-	-	-	-
	BT coeficient (<i>p</i> -valor)	-	-	NS	-	-	-	-
	Bondat d'ajust R^2 (<i>p</i> -valor)	NS	NS	NS	0,39**	0,35*	NS	NS
CA1 + PCA2+BT	CA1 coeficient (<i>p</i> -valor)	-	-	-	NS	NS	-	-
	PCA2 coeficient (<i>p</i> -valor)	-	-	-	NS	NS	-	-
	BT coeficient (<i>p</i> -valor)	-	-	-	0,20**	0,21*	-	-

Taula 6. Resultats de les anàlisis de Regressions Múltiples entre la variable resumida de la comunitat (CA1), les variables ambientals (PCA1 i PCA3) i les variables poblacionals i morfo-mètriques d'*E. orbicularis*. (NS) anàlisi no significativa. (-) indica anàlisi no realitzada. (*) La regressió és marginalment significativa per valors <0,1. (**) La regressió és significativa per valors <0,05.

b) Aproximació a partir de Correlacions

Els resultats de les anàlisis de Correlacions de Pearson, agrupant les localitats a menys de cent metres de distància, confirmen els resultats de l'anàlisi principal de RM, insistint en la relació entre la biomassa total (BT) i la mida dels exemplars adults (NCL), tant mascles (p -valor = 0,058*; R = 0,738) com femelles (p -valor = 0,026** ; R =0,814), i confirmant la relació entre la variable CA1 i la diversitat de mides (p -valor = 0,003***; R = 0,964) dels nuclis d'*E. orbicularis* (Taula 7).

Coefficient de Correlació de Pearson (p -valor)	CA1	PCA1	PCA2	BT
CPUE (ind/ trampa* dia)	-	-	-	-
Densitat (ind /Ha)	-	-	-	-
Diversitat de mides NCL	0,003***	-	-	-
Longitud NCL femelles (cm)	-	-	-	0,058*
Longitud NCL mascles (cm)	-	-	-	0,026**
Pes Mitjana (g)	-	-	-	-
Condicció física (K)	-	-	-	-

Taula 7. Correlacions de Pearson entre la variable resumida de la comunitat (CA1), les variables ambientals (PCA1 i PCA3) i les variables poblacionals i morfomètriques d'*E. orbicularis* de set localitats (agrupant CUG i CUP, COB i COT). Els asteriscs indiquen el nivell de significació de les Correlacions: (*)marginalment significativa al nivell de 0,1. (**); significativa al nivell de 0,05; (***)significativa al nivell de 0,01.

Per altra banda, per tal de comprovar la possible relació entre la diversitat de mides d'*E. orbicularis* observada i el sumatori de la biomassa conjunta de dípters i anèl·lids de la comunitat (incloent Culicidae, Chironomidae, Lumbriculidae i Tubificidae), s'ha realitzat una anàlisi de Correlació de Spearman que ha resultat significativa (p -valor = 0,043*; ρ = 0,70).

DISCUSSIÓ

Mida corporal i estructura de les poblacions

Existeixen nuclis consolidats d'*E. orbicularis* a totes les localitats estudiades amb l'excepció de la bassa de Can Barrot a La Selva, i la bassa de La Concepció a Menorca, en base al baix nombre de captures obtingudes (2 i 3 individus respectivament) i degut a la proximitat d'altres nuclis consolidats d'on probablement són originaris els escassos individus capturats. Els millors nuclis en termes d'elevada probabilitat de captura i densitat, són els de la Riera de Santa Maria i les basses de Can Cunill a La Selva, i els torrents de Mongofra i de La Concepció a Menorca.

En un estudi previ a La Selva a l'any 2002 (Ramos et al. 2009), es van obtenir densitats a Can Cunill el doble d'altres que les observades en el present estudi (1560 ind./Ha respecte dels 696 ind./Ha actuals), mentre que a Can Calçada, la densitat s'ha mantingut estable (583 ind./Ha respecte dels 500 ind./Ha actuals). Cal tenir en compte que les dades de l'estudi previ corresponen a quinze anys de mostreig (1987 a 2002) mentre les del present estudi corresponen a captures d'un sol any (2017). Val a dir, però, que si es compara l'estima poblacional de Lincoln-Petersen, els resultats són pràcticament iguals per a Can Cunill (45 individus el 2002 respecte de 47 el 2017) i Can Calçada (19 respecte de 23), tanmateix, tot indica a que aquestes poblacions tenen problemes de mobilitat i dispersió al haver quedat aïllades en hàbitats reduïts, sense cursos d'aigua que proporcionin connectivitat entre nuclis poblacionals i nous hàbitats potencials.



Figura 10. Adult d'*E. orbicularis* de gran mida fotografiat al maig de 2017 a la Sèquia de Sils.

Per altra banda, crida l'atenció l'elevada estima poblacional obtinguda a la Riera de Santa Maria (224 individus) deguda a la baixa taxa de recaptura de tortugues, ja que suposa, només per a aquest nucli, el doble de l'estima poblacional total obtinguda a les set localitats de La Selva

estudiades el 2002 (112 individus) entre les quals no es va incloure aquesta localitat (Ramos et al. 2009). Aquest fet, sumat a l'alta CPUE i la màxima mitjana i diversitat de mides de totes les localitats, indiquen que la Riera de Santa Maria és amb diferència el millor nucli conegut d'*E. orbicularis* a La Selva. Cal comentar que manca un estudi detallat de l'estat del nucli de l'Estany de Sils, on inspeccions visuals durant l'any 2017, van resultar en la observació directa d'un mínim de 30 individus, incloent adults de gran mida (Figura 10), individus copulant, tres exemplars juvenils i un nounat, en un tram de 500 m de la Sèquia de Sils, fet que sembla indicar que la zona representa un nucli potencialment molt important per a La Selva (M. A. Fuentes com. pers.).



Figura 11. Comportament natural d'un juvenil nounat d'*E. orbicularis* fotografiat en el seu hàbitat a l'abril de 2017 en un rec vegetat, connectat a la bassa dels Prats de Mas Vern.

Els baixos percentatges de juvenils observats a les poblacions de La Selva (24,6%) i Menorca (7,4%) són habituals en poblacions ibèriques, però estan molt per sota del 55,5% de juvenils observats a la població de La Selva al 2002 (Ramos et al. 2009), a excepció de la bassa de Can Cunill gran (40.0%), fet que podria ser causat pel fet que els adults són els més petits del totes les localitats i les femelles es podrien estar reproduint amb mides més petites de les descrites a la bibliografia, tot i que s'hauria de comprovar a l'època de cria amb palpacions inguinals. Aquest fet apunta una certa regressió de la població de La Selva cap a una estructura poblacional envellida i amb poc reclutament a la majoria dels seus nuclis poblacionals, tot i que cal tenir en compte que diferències en la metodologia, el tipus de trampes i la seva ubicació poden afectar els percentatges relatius de captures per grup d'edat, ja que els adults i els joves tendeixen a utilitzar microhàbitats diferents (Zuffi 2000; Mosimann i Cadi 2004). D'entre les possibles causes d'aquest fet, una de les més importants podria ser la degradació o desaparició d'ambients aquàtics petits o de caràcter temporani adequats per a juvenils i associats a masses d'aigua permanents amb presència d'adults, ja que s'ha comprovat que alguns d'aquests hàbitats

a la Pedrera de Mas Vern, a Can Prats o Esplet, han desaparegut a causa de plantacions silvícoles o bé ja no s'inunden a causa del dragat del riu Esplet o de la sobreexplotació dels aqüífers (Fundació Emys et al. 2017). D'altres factors possibles serien la pèrdua de zones de posta, l'increment de la depredació sobre les postes o els juvenils o l'increment de la competència interespecífica amb tortugues exòtiques invasores.

La ràtio de sexes varia entre localitats, com és habitual a les poblacions estudiades a la Península Ibèrica (Ayres 2015). Treballs previs a La Selva (Ramos et al. 2009) van observar ràtios mitjanes oposades a les del present estudi, esbiaixades cap a mascles al nuclis de Can Cunill i Can Calçada (1:2,2), fet que podria ser degut a la pèrdua continuada d'exemplars per l'increment de la dispersió d'individus (sobretot mascles) a causa de la competència intraespecífica en hàbitats petits i fragmentats, descrita en la bibliografia (Boussekey 1988). Aquesta situació, sumada l'aparent disminució del percentatge d'immadurs i a la disminució de la densitat d'individus suposa una regressió als darrers quinze anys i una amenaça important per a la viabilitat de nuclis petits i aïllats com Can Cunill i Can Calçada.

La diversitat de mides només és alta (valors positius majors a 1) a la riera de Caldes i a Can Calçada, indicant poblacions més estructurades amb més diversitat de cohorts, fet que queda reforçat pel fet que a aquestes dues localitats s'han capturat individus immadurs i són els únics nuclis on s'ha confirmat la reproducció efectiva durant l'any d'estudi. Hi ha localitats que presenten una densitat proporcionalment més alta que la CPUE, com les basses de Can Cunill i Can Calçada (Figura 9), i això és degut a que pocs individus capturats per trampa i dia, poden generar densitats elevades en localitats de poca superfície.

Factors de l'hàbitat determinant les variables poblacionals

No s'ha trobat cap relació estadísticament significativa entre les variables ambientals, la qualitat de l'hàbitat (ECLS) i el percentatge d'ombra de les localitats estudiades amb les variables poblacionals i morfomètriques dels nuclis d'*E. orbicularis*. No obstant, s'ha constatat que els millors nuclis de la població de La Selva, es troben en masses d'aigua amb una qualitat de l'hàbitat mediocre o deficient, en mal estat de conservació o amb indicis d'eutròfia. En el cas de la Riera de Santa Maria, el millor nucli d'*E. orbicularis* de La Selva prospera en un hàbitat antropitzat, amb presència d'espècies de fauna i flora exòtiques (entre elles tortugues d'origen americà *Trachemys scripta* ssp.) i a tocar d'una estació depuradora d'aigües residuals (EDAR) que minva sensiblement la qualitat de l'aigua, amb nivells màxims de nutrients inorgànics dissolts (nitrit, nitrat i fosfat) i presència de contaminants d'origen humà (amoni), fet que contradiu la teoria generalitzada de que l'espècie és poc tolerant a l'alteració de l'hàbitat, la

contaminació i l'eutròfia (Da Silva 1993; Keller 1997; Gómez-Cantarino i Lizana 2000; Keller i Andreu 2002; Segurado i Araújo, 2004). Cal tenir en compte que les anàlisis de l'aigua es van realitzar una sola vegada i per tant proporcionen una imatge puntual de cada hàbitat que pot no ser representativa de la variabilitat anual, mentre que els macroinvertebrats aquàtics, definits com a bons bioindicadors de la qualitat de l'aigua (e.g., Arenas, 1993; Alonso et al. 2005), permeten una aproximació a la qualitat de l'aigua durant un cicle anual.

Factors de la comunitat animal aquàtica determinant les variables poblacionals

De l'estudi de la comunitat animal aquàtica es poden extreure dues conclusions: tant la diversitat com la quantitat de recurs (mesurada com a biomassa de la comunitat animal aquàtica) és altament variable entre les localitats estudiades, i aquestes diferències estan relacionades amb la mida de les tortugues. Per una banda, les localitats amb comunitats d'invertebrats amb menor riquesa taxonòmica tenen nuclis d'*E. orbicularis* amb major diversitat de mides (Taula 6). Aquest resultat pot semblar a priori incoherent, però pot ser explicat pel fet que les comunitats amb baixa riquesa de taxons i elevada biomassa són indicadores de masses d'aigua eutròfiques, i el nivell d'eutròfia de l'aigua ja ha estat relacionat positivament amb la distribució d'*E. orbicularis* a una altra població de Catalunya (Mieza-Páez et al. 2016). En aquests tipus d'ambients, habitualment confinats i amb elevada concentració de nutrients o matèria orgànica, acostumen a haver-hi altes densitats d'invertebrats detritívors (oligoquets, especialment de la família Tubificidae, i larves de dípters de les famílies Chironomidae i Culicidae) que s'alimenten de matèria orgànica i toleren baixes concentracions d'oxigen, i es consideren indicadors de mala qualitat de l'aigua (Alonso et al. 2005). S'ha observat aquest patró justament als dos nuclis de La Selva amb major densitat: la Riera de Santa Maria, amb la biomassa dominada per un 55% de dípters (Chironomidae i Culicidae) típica d'ambients lòtics eutròfics, i la bassa de Can Cunill gran, on la biomassa d'anèl·lids (majoritàriament Tubificidae) representa el 90% del total. El fet que la diversitat de mides sigui major en aquests hàbitats indica l'existència d'individus juvenils i exemplars de diferents cohorts, pel que probablement els organismes que dominen en aquests ambients de comunitats poc riques (dípters i anèl·lids) suposen un recurs tròfic clau per als juvenils d'*E. orbicularis*. Aquesta hipòtesi es confirma amb els resultats, en haver-se observat una correlació positiva i estadísticament significativa entre la biomassa de dípters i anèl·lids i la diversitat de mides d'*E. orbicularis*, així com per l'experiència en cria en captivitat de l'espècie al Centre de Reproducció de Tortugues de l'Albera (CRTA), on s'ha pogut comprovar que la millor font d'aliment per a les cries d'*E. orbicularis* en captivitat són les larves de dípters de la família Chironomidae (J. Budó com. pers.).

Per altra banda, les localitats amb més biomassa (BT) alberguen nuclis d'*E. orbicularis* amb adults de longituds mitjanes de la closca (NCL) més grans. Aquest fet s'observa més clarament en cas dels mascles que en el de les femelles. Així doncs, les localitats de La Selva amb tortugues més grans (la Riera de Santa Maria i la bassa de Can Barrot), són també les localitats amb major biomassa de recurs, i per contra, les localitats de La Selva amb tortugues més petites (Can Cunill i Can Calçada), són les que tenen menor biomassa de recurs. L'abundància de recurs tròfic afavoreix el creixement de les tortugues per mitjà de la disminució de la competència intra- i interespecífica i la disminució de la despesa d'energia destinada a trobar aliment. Tanmateix, l'abundància de recurs (mesurat com a biomassa total) no implica necessàriament una comunitat amb major nombre de taxons ni una millor qualitat de l'hàbitat, ni en conseqüència, una població més densa de tortugues. Per exemple, de les dues localitats amb major biomassa de recurs tròfic de La Selva: 1) la Riera de Santa Maria té la millor població d'*E. orbicularis* amb una comunitat aquàtica molt pobre i l'aigua amb una alta càrrega de nutrients, però una bona cobertura vegetal al perímetre de la bassa; 2) en canvi, la bassa de Can Barrot presenta la densitat més baixa d'*E. orbicularis* amb una comunitat aquàtica molt rica, una aigua d'alta qualitat però amb una manca total de cobertura vegetal al seu perímetre (a causa del seu ús per a regadiu). La manca de cobertura vegetal podria ser la causa principal de l'escassetat d'individus, ja que s'ha estat descrita recentment com un dels factors limitants de la distribució de l'espècie a d'altres nuclis poblacionals de Catalunya (Mieza-Páez et al. 2016). En aquest cas es poden considerar secundaris d'altres possibles factors regionals com la manca de connectivitat i la fragmentació de l'hàbitat, donat que la bassa de Can Barrot es troba a només 780 m de nuclis consolidats com Can Cunill, dins del mateix continu forestal i sense presència de infraestructures, construccions o camins asfaltats.

Conclusions finals i mesures de gestió

La longitud de la closca d'*E. orbicularis* a les poblacions de La Selva i Menorca s'ha relacionat positivament amb a la biomassa total de la comunitat animal aquàtica, i per aproximació, a la quantitat de recurs tròfic. Així, els hàbitats amb més densitat de preses tenen tortugues més grans i, per tant, es poden considerar condicions més favorables per a l'espècie. Per altra banda, la riquesa de la comunitat aquàtica s'ha relacionat negativament amb la diversitat de mides d'*E. orbicularis*, degut al fet que les comunitats aquàtiques amb poca riquesa de taxons solen ser indicadores d'hàbitats aquàtics eutròfics amb domini de pocs taxons però molt abundants i tolerants a la mala qualitat de l'aigua com ara Chironomidae, Culicidae i Tubificidae. Aquests taxons són preses especialment adequades per als juvenils de tortuga i la seva biomassa està positivament relacionada amb la diversitat de mides dels nuclis d'*E. orbicularis*.

No s'han trobat variables ambientals o de qualitat de l'hàbitat que expliquin les característiques morfomètriques i poblacionals d'*E. Orbicularis*. Aquest resultat fa pensar que la qualitat de

l'hàbitat i de l'aigua no tan sols no són factors limitants per a la distribució de l'espècie, sinó que els resultats indiquen que en hàbitats amb presència d'espècies d'invertebrats indicadores de mala qualitat de l'aigua, les tortugues poden assolir mides més grans i estructures poblacionals d'edat més equilibrades. No obstant, calen estudis més amplis sobre el tipus del recurs tròfic i la qualitat de l'hàbitat com a factors que determinen la distribució i l'estructura de mides i edats d'*E. orbicularis* a la zona de La Selva, ja que no tots els nuclis coneguts que no s'han pogut incloure en el present estudi.

Hi ha indicis de que alguns dels millors nuclis històrics de la població de La Selva, com Can Cunill i Can Calçada, estan envellits i en regressió respecte de l'any 2002. Possiblement a causa de la seva reduïda superfície i a la manca de connectivitat amb d'altres hàbitats idonis que provoca problemes de dispersió i mobilitat, o bé a l'excés de competència intraespecífica. Aquesta competència provoca una disminució dels efectius poblacionals (especialment mascles que dispersen més fàcilment) i del percentatge d'immadurs i, per tant, un biaix cap a femelles adultes en l'estructura d'edats. D'altres nuclis visitats el 2017 com Montcorb, el Pont Dels Tres Ulls, Can Prats, la Pedrera de Mas Vern i Esplet han desaparegut o bé la presència de tortugues ha esdevingut molt esporàdica degut a transformacions de l'hàbitat, sequeres perllongades o envaïment per la massa forestal.

No obstant això, existeixen nuclis amb efectius poblacionals importants i reproducció confirmada durant el 2017, essent el millor la Riera de Santa Maria a l'alçada de l'EDAR de Caldes de Malavella, i probablement seguit per la xarxa hidrològica de l'entorn de l'Estany de Sils i la bassa dels Prats de Mas Vern, tot i que aquestes dues últimes localitats no han estat estudiades i no es tenen dades poblacionals des de fa molts anys (M. A. Fuentes, P. Sunyer i S. Ramos com. pers.) motiu pel qual caldria fer-ne un seguiment acurat per determinar-ne la densitat, la mida poblacional, l'estructura d'edats i la diversitat de mides. Per altra banda, aquest estudi s'ha centrat en analitzar l'efecte dels factors locals en les característiques poblacionals d'*E. orbicularis* donat que els factors regionals com la fragmentació de l'hàbitat, la pèrdua de connectivitat i l'aïllament de les poblacions ja són coneguts, però mancava un estudi comparant el pes d'ambdós factors (locals i regionals).

Com a mesures de gestió per a garantir la conservació dels nuclis més petits, es proposa la recuperació i la creació de nous corredors naturals que millorin la connectivitat entre masses d'aigua amb presència de nuclis aïllats d'*E. orbicularis*. Això facilitaria el moviment dels individus i la colonització de nous espais. Alguns d'aquests punts podrien ser les basses de l'entorn de Can Barrot, on a la bassa estudiada la biomassa de recurs tròfic és molt alta i el factor limitant per a l'establiment d'un nou nucli poblacional sembla ser la manca de vegetació perimetral.

AGRAÏMENTS

Aquest treball no hauria estat possible sense l'ajuda i l'assessorament del meu tutor i director del treball en Dani Boix, de l' Stéphanie Gascón com a segona directora i dels meus companys de l'Institut d'Ecologia Aquàtica de la Universitat de Girona, especialment en Jordi Sala i en David Cunillera, qui m'han ajudat en la determinació d'invertebrats aquàtics, en Xavier Quintana, qui m'han ajudat amb l'estadística, en Jordi Compte qui m'ha ajudat en la preparació dels mostres i l'anàlisi de nutrients i clorofil·la, i a en Daniel Escoriza, qui em va animar a fer investigació. També voldria agrair a en Pau Sunyer i en Gerard Dalmau la seva ajuda durant els mostres, i a en Joan Budó (CRTA), en Santi Ramos (PNMMBT), en Ponç Feliu (Consorti del Ter) i en Quim Pou, en Miquel Campos i en Carles Feo (Consorti de l'Estany de Banyoles) per transmetre'm els seus coneixements i experiència. Finalment, i no menys important, vull aprofitar l'ocasió per agrair el suport de la Fundació Emys i la Fundació Barcelona Zoo, i el suport i l'ajuda de la meua família, amics i companys de feina, en especial a Raquel Pérez, als meus pares Miguel Fuentes i Aurora Rosúa, i a l'Àngel Torrent.

BIBLIOGRAFÍA

Agència Catalana de l'Aigua (2006) ECOZO – Protocol d'avaluació de l'estat ecològic de les zones humides. Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya (DMH)

Albert E, Gómez-Serrano MA (2000) Situación de las poblaciones del Galápagos europeo (*Emys orbicularis*, L., 1758) y el Galápagos leproso (*Mauremys leprosa*, Schweigger, 1812) en la provincia de Castellón. *Dugastella* 1: 17-25

Alonso A, Camargo JA (2005) Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los Ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas* 3: 1-12.

Andreu AC, López-Jurado LF (1998) *Mauremys leprosa* (Schweigger 1812). In: Ramos MA et al. (eds), Fauna Ibérica, Volume 10. Museo Nacional Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, pp 103-108

Arenas J (1993) Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua del río Bío Bío, Chile. PhD Thesis, Concepción University, Concepción, Chile, 111 pp

Ayres C (2015) Galápagos europeo – *Emys orbicularis*. In: Salvador A, Marco A (eds), Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

Ballasina D, Lopez-Nunes F (2000) Reproduction des *Emys orbicularis* au Centre Carapax. *Chelonii* 2: 112-119

- Baumgärtner D, Rothhaupt K (2003) Predictive Length–Dry Mass Regressions for Freshwater Invertebrates in a Pre-Alpine Lake Littoral. *International Review of Hydrobiology* 88: 453–463
- Benke AC, Huryn AD, Smock LA, Wallace JB (1999) Length-Mass Relationships for Freshwater Macroinvertebrates in North America with Particular Reference to the Southeastern United States. *Source Journal of the North American Benthological Society* 18: 308–343
- Böhm M, Collen B, Baillie JE, Bowles P, Chanson J, Cox N, Rhodin AG (2013) The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation* 157: 372–385.
- Boix, D. (2000) Estructura i dinàmica de la comunitat animal aquàtica de l'estanyol temporani d'Espolla. PhD Thesis, Girona University, Girona, Spain, 663 pp
- Boussekey M (1988) Recherche experimental d'établissement d'une hiérarchie au sein d'un groupe captive de Cistudes d'Europe *Emys orbicularis*. *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 46: 1–9
- Braitmayer N, Fritz U, Mayol J, Pieh A (1998) Die Europäische Sumpfschildkröte (*Emys orbicularis*) Menorca. *Elaphe* 6(4): 57–60
- Cordero A, Ayres C (2004) A management plan for the European pond turtle (*Emys orbicularis*) populations of the river Louro basin (NW Spain). *Biologia* 59: 161–171
- Da Silva E (1993) Distribución de los emídidos *Mauremys leprosa*, Schw. (1812) y *Emys orbicularis*, L. (1758), de la provincia de Badajoz. Factores que pudieran influir en sus áreas de ocupación. *Doñana Acta Vertebrata* 20: 260–266
- Dumont HJ, Velde Van De I, Dumont, S (1975) The Dry Weight Estimate of Biomass in a Selection of Cladocera, Copepoda and Rotifera from the Plankton, Periphyton and Benthos of Continental Waters. *Oecologia* 19: 75–97
- Edwards FK, Lauridsen RB, Armand L, Vincent HM, Jones IJ (2009) The relationship between length, mass and preservation time for three species of freshwater leeches (Hirudinea). *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie* 173: 321–327
- Ficetola GF, Padoa-Schioppa E, Monti A, Massa R, Bernardi FD, Bottoni L (2004) The importance of aquatic and terrestrial habitat for the European Pond Turtle (*Emys orbicularis*): implications for conservation Planning and management. *Canadian Journal of Zoology* 82: 1704–1712
- Fritz U, Andreas B (2000) Distribution, variety of forms and conservation of the European Pond Turtle. In: Proceedings of the 2nd International Symposium on *Emys orbicularis*. *Chelonii* 2: 23–26
- Fritz U (2001) *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) – Europäische Sumpfschildkröte. In: Fritz U (ed), Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Aula Verlag, Wiebelsheim, Germany, pp 343–515
- Fundació Emys, Acció Ecologista Agro, GOB Menorca (2017) Informe del estado de los núcleos poblacionales de emys orbicularis de la selva (girona) analizados para el proyecto territori emys. Technical report II.1, 41 pp

- Gibbons JW, Scott DE, Ryan TJ, Buhlmann KA, Tuberville TD, Metts, BS, Greene, JL, Mills T, Leiden Y, Poppy S, Winne CT (2000) The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience* 50: 653–666
- Gómez-Cantarino A, Lizana M (2000) Distribución y uso del hábitat de los galápagos (*Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis*) en la provincia de Salamanca. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 11: 4-8
- Gómez-Mestre I, Keller C (2003) Experimental Assessment of Turtle Predation on Larval Anurans. *Copeia* 2003: 349-356
- Grasshoff K, Ehrhardt M, Kremling K (1983) Methods of seawater analysis, 2nd edn. Verlag Chemie, Weinheim, New York, United States Of America, 419 pp
- Hullé M (1981) Structure et dynamique des peuplements d'Oligochètes du Lac de Créteil. Problèmes méthodologiques. Estimation de la production de la communauté benthique. 3rd cycle Thesis, Paris, France 6: 144 pp
- Ibáñez A, Martín J, Marzal A, Bertolero A (2017) The effect of growth rate and ageing on colour variation of European pond turtles. *The Science of Nature* 104: 49
- Johnson BR, Wallace JB, Rosemond AD, Cross WF (2006) Larval salamander growth responds to enrichment of a nutrient poor headwater stream. *Hydrobiologia* 573(1): 227-232
- Johnston TA (1995) Food limitation during early life history of walleye (*Stizostedion vitreum*). PhD Thesis, University of Manitoba, Manitoba, Canada, 256 pp.
- Keller C (1997) Ecología de poblaciones de *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis* en el Parque Nacional de Doñana. PhD Thesis, University of Sevilla, Sevilla, Spain, 197 pp
- Keller C, Andreu AC, Ramo C (1998) Aspects of the population structure of *Emys orbicularis hispanica* from southwestern Spain. *Mertensiella* 10: 147-158.
- Keller C, Andreu AC (2002) *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). Galápagos europeo, In: Pleguezuelos JM, Márquez R, Lizana M (eds), Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid, Spain, pp 181– 186
- Lehmann K (1980) Zum Vorkommen der Europäischen Sumpfschildkröte, *Emys orbicularis*, auf Menorca/Balearen (Spanien). *Salamandra* 16: 132-134
- Lincoln FC (1930) Calculating Waterfowl Abundance on the Basis of Banding Returns. United States Department of Agriculture Circular 118: 1–4
- Llorente G, Montori A, Santos X, Carretero M (1995) Atlas dels Amfibis i Reptils de Catalunya i Andorra. Edicions EI Brau, Figueres, Spain, 192 pp
- Malley DF, Lawrence SG, MacIver MA, Findlay WJ (1989) Range of variation in estimates of dry weight for planktonic crustacea and rotifera from temperate north american lakes. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No 1666, 49 pp
- Martínez-Martínez D (2014) Seguiment de la tortuga d'estany (*Emys orbicularis*) a la Sèquia Major de Vilaseca, Tarragona. Unpublished report, Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural, Generalitat de Catalunya, Barcelona, Spain

- Mascort R (1992) Estudio preliminar de una población de galápagos europeo, *Emys orbicularis*. (poster). Libro de Resúmenes del II Congreso Luso-Español y IV Congreso Español de Herpetología, Granada: 91.
- Mascort R (1998) Distribution and status of the European pond turtle, *Emys orbicularis*, in Catalonia. *Mertensiella* 10: 177-186.
- Mascort R, Budó J (2017) The European Pond Turtle, *Emys orbicularis* (L., 1758), in the River Ter Basin (North East Iberian Peninsula): 40 Years of Conservation. *Acta Zoologica Bulgarica Suppl.* 10: 91–104
- Mayol J (1993) Concentración de nidos de *Emys orbicularis* en el Parque Natural de S'Albufera de Mallorca. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 4: 21-23
- Meyer E (1989) The relationship between body length parameters and dry mass in running water invertebrates. *Arch Hydrobio* 117: 191-203
- Mieza E, Martínez-Martínez D, Tarragó A, Such-Sanz À, Nogués J (2016) Current situation and environmental factors affecting the distribution of *Emys orbicularis* in Sèquia Major (NE Iberian Peninsula) in syntopy with *Mauremys leprosa*. *Basic and Applied Herpetology* 30: 47-59
- Montes C, Bravo-Utrera MA, Baltanás A, Duarte C, Gutiérrez-Yurrita PJ (1993) Bases ecológicas para la gestión del Cangrejo Rojo de las Marismas en el Parque Nacional de Doñana. ICONA, Ministerio de Agricultura y Pesca, Madrid, Spain.
- Mosimann D, Cadi A (2004) On the occurrence and viability of the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the Moulin-de-Vert (Geneva, Switzerland): 50 years after first introduction. *Bio lógia* 59: 109-112
- Nöllert A, Nöllert C (1995) Los anfibios de Europa: identificación, amenazas y protección. Omega, Barcelona, Spain 399 pp
- Otonello D, Salvidio S, Rosecchi E (2005) Feeding habits of the European pond terrapin *Emys orbicularis* in Camargue (Rhône delta, Southern France). *Amphibia-Reptilia* 26: 562-565
- Pérez M, Collado E, Ramo C (1979) Crecimiento de *Mauremys caspica leprosa* (Sweiger, 1812) (Reptilia, Testudines) en la Reserva Biológica de Doñana. *Doñana, Acta Vertebrata* 6: 161-178.
- Pérez-Santigosa N, Florencio M, Hidalgo-Vila J, Díaz-Paniagua C (2011) Does the exotic invader turtle, *Trachemys scripta elegans*, compete for food with coexisting native turtles? *Amphibia-Reptilia* 32: 167-175
- Podloucky R (1997) *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). In: Gasc JP et al. (eds), Atlas of amphibians and reptiles in Europe. Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, France, pp 170-171
- Quintana XD, Egozcue JJ, Martínez-Abella O, López-Flores R, Gascón S, Brucet S, Boix D (2016) Update: A non-parametric method for the measurement of size diversity, with emphasis on data standardization. The measurement of the size evenness. *Limnology and Oceanography: Methods* 14: 408-413

- Ramos S, Franch M, Llorente GA, Montori A (2002) Conservación de una población de galápago europeo (*Emys orbicularis*) en Girona (Cataluña). Libro de resúmenes del VII congreso Hispano-Luso de herpetología, Evora, 75
- Ramos S, Franch M, Llorente GA, Montori A (2009) Morphometry and biological cycle of a European pond turtle (*Emys orbicularis*) population from northeastern Spain. *Revista Española de Herpetología* 23: 117-128
- Ricker WE (1975) Computation and Interpretation of the Biological Statistics of Fish Populations. Department of the Environment, Fisheries and Marine Services, Ottawa. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada No 191
- Rovero F, Chelazzi G (1996) Nesting migrations in a population of the European Pond Turtle, *Emys orbicularis* (L.) (Chelonia: Emydidae) from central Italy. *Ethology Ecology and Evolution* 1996: 297–304
- Sala J, Gascón S, Boix D, Gesti J, Quintana XD (2004) Proposal of a rapid methodology to assess the conservation status of Mediterranean wetlands and its application in Catalunya (NE Iberian Peninsula). *Archives des Sciences* 57: 141–151
- Salvador A, Pleguezuelos JM (2002) *Reptiles españoles: Identificación, historia natural y distribución*. Canseco Ed., Talavera de la Reina, Spain, 492 pp
- Schneeweiss N, Steinhauter C (1998) Habitat use and migration of a remnant population of the European Pond Turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus 1758), depending on landscape structures in Brandenburg, Germany. *Mertensiella* 10: 235–243
- Schneeweiss N, Andreas B, Jendretzke N (1998) Reproductive ecology data of the European pond turtle (*Emys o. orbicularis*) in Brandenburg, Northeast Germany. In: Fritz U et al. (eds) (1998) Proceedings of EMYS Symposium Dresden 96, *Mertensiella* 10, 227–234
- Segurado P, Araujo APR (2004) Coexistence of *Emys orbicularis* and *Mauremys leprosa* in Portugal at two spatial scales: is there evidence of spatial segregation? *Biologia* 59: 61-72
- Smit H, Van Heel ED, Wiersma S (1993) Biovolume as a tool in biomass determination of Oligochaeta and Chironomidae. *Freshwater Biology* 29: 37-46
- Smock LA (1980) Relationships between body size and biomass of aquatic insects. *Freshwater Biology* 10: 375-383.
- Tachet H, Richoux P, Bournaud M, Usseglio-Polatera P (2000) *Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, Ecologie*. CNRS Editions, Paris, France, 588pp
- Ter Braak CJF, Prentice IC (1988) A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research* 18: 271-147
- Ter Braak CJF (1987) Ordination pp 91-173. In: Jongman RHG, ter Braak CJF, van Tongeren OFR (eds). *Data analysis in community and landscape ecology*. Pudoc, Wageningen, 299 pp
- Traina JA, Von Ende CN (1992) Estimation of larval dry weight of *Chaoborus americanus*. *Hydrobiologia* 228: 219-223
- Vilardell A, Soler J, Bertolero A, Ramos S (2013) Galápago europeo: proyectos en seis poblaciones de Cataluña. *Quercus* 333: 50-58

Whittaker RH (1967) Gradient analysis of vegetation. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society* 42: 207-264

Wyman, RL (1990) What's happening to the amphibians? *Conservation Biology* 4: 350–352

Zapata M, Rodríguez F, Garrido JL (2000) Separation of chlorophylls and carotenoids from marine phytoplankton: a new HPLC method using a reversed phase C8 column and pyridinecontaining mobile phases. *Marine Ecology Progress Series* 195: 29–45

Zuffi MAL (2000) Conservation biology of the European pond turtle *Emys orbicularis* (L.) in Italy. *Stapfia* 69, zugleich Kataloge des OÖ. Landesmuseums, Neue Folge 149: 219-228

ANNEXOS

Imatges







