

Títol del treball: Descripció morfològica i anàlisi de la connectivitat del nucli poblacional de tortuga d'estany (*Emys orbicularis*) al PEIN *Estanys de Sils*

Estudiant: Santiago Poch Cartañá

Grau en: Ciències Ambientals

Correu electrònic: santipoch97@gmail.com

Tutor: Daniel Boix Masafret

Cotutor*: Pau Sunyer Sala

Empresa/institució: Fundació Emys

Vistiplau del tutor (i cotutor*):

Nom del tutor: Daniel Boix Masafret

Nom del cotutor*: Pau Sunyer Sala

Empresa / Institució: Fundació Emys

Correu(s) electrònics: dani.boix@udg.edu
psunyer@fundacioemys.org

* si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 22/07/19

Resum: La tortuga d'estany (*Emys orbicularis*) juntament amb la tortuga de rierol (*Mauremys leprosa*) són les dues espècies de tortugues aquàtiques autòctones de la península Ibèrica. La primera ha patit un descens important a escala de la Península principalment degut a la pèrdua d'hàbitat. Al llarg dels últims anys, s'han realitzat diferents projectes per tal de millorar l'estat de les seves poblacions a la província de Girona. Tot i això, l'espècie encara no ha sigut capaç de recuperar-se dels impactes que es van patir a la dècada dels cinquanta, amb la dessecació de moltes zones humides per convertir-les en conreus i polígons industrials. En aquest estudi, s'ha realitzat l'avaluació d'un nucli poblacional d'*E. orbicularis* localitzat a l'Estany de Sils, una zona protegida amb la categoria de PEIN i XN2000. A més, s'ha determinat la qualitat de l'Estany de Sils com a hàbitat i s'han analitzat, mitjançant la comparació amb la base de dades de la Fundació Emys, els esdeveniments de dispersió ocorreguts al llarg dels últims anys, amb la finalitat d'identificar el paper que pot jugar aquest ambient aquàtic en la connectivitat entre els nuclis estudiats prèviament per la Fundació Emys. Els resultats d'anàlisi del nucli van descriure una població de 285 individus. La proporció de captures en funció del sexe es va dividir en: 65% mascles, 25% femelles, 6% juvenils, 2% nounats i finalment un 2% d'individus dels quals no es va poder determinar el sexe. La caracterització de l'hàbitat va mostrar un espai amb una baixa qualitat, tant de conservació com de bosc de ribera, amb presència d'espècies al·lòctones (animals i vegetals) i en algun cas, amb excés de residus. Pel que fa a la dispersió i reproducció, s'ha pogut constatar la presència de dos nounats i s'han definit dues rutes dispersives, amb quatre eventualitats en un període de 10 anys. Aquestes quantitats van indicar per una part la connectivitat entre l'Estany de Sils i la riera de Caldes de Malavella i per l'altre la nidificació a la zona. Finalment, l'anàlisi de l'hàbitat mitjançant SIG ha dibuixat un escenari amb una gran varietat d'hàbitats forestals, espais oberts, canals i rieres que seria capaç de complir la funció de corredor per a una gran varietat d'espècies. Per contra, la barrera que poden estar causant les infraestructures viàries i els nuclis urbans sembla ser una de les causes del baix nombre de dispersions observat.

Paraules clau: *Emys orbicularis*, connectivitat, hàbitat, morfologia, Catalunya.

Resumen: El galápago europeo (*Emys orbicularis*) junto al galápago leproso (*Mauremys leprosa*) son las dos especies de tortuga acuática autóctonas de la península Ibérica. La primera, ha sufrido un descenso importante a escala de la Península, principalmente debido a la pérdida de hábitat. A lo largo de los últimos años, se han realizado diferentes proyectos con la finalidad de mejorar el estado de sus poblaciones en la provincia de Girona. Aun y así, la especie aun no ha sido capaz de recuperarse de los impactos que sufrió en la década de los cincuenta, con la desecación de humedales para convertirlos en cultivos y polígonos industriales. En este estudio, se ha realizado la evaluación de un núcleo poblacional de *E. orbicularis* localizado en el Estany de Sils, una zona protegida con la categoría de PEIN y RN2000. Además, se ha determinado la calidad del Estany de Sils como hábitat y se ha analizado, mediante la comparación con la base de datos de Fundació Emys, los eventos de dispersión ocurridos a lo largo de los últimos años con la finalidad de identificar el papel que puede jugar este ambiente acuático en la conectividad entre los núcleos estudiados previamente por la Fundació Emys. Los resultados de análisis del núcleo describieron una población de 285 individuos. La proporción de capturas en función del sexo se dividió en: 65% machos, 25% hembras, 6% juveniles, 2% neonatos y finalmente un 2% de individuos a los que no se les pudo determinar el sexo. La caracterización del hábitat mostró un área con baja calidad, tanto de conservación como de bosque de rivera, con presencia de especies exóticas (animales y vegetales) y, en algún caso, con exceso de residuos. En cuanto a la dispersión y reproducción, se pudo constatar la presencia de dos neonatos y se definieron dos rutas dispersivas, con cuatro eventualidades en un periodo de 10 años. Estas cantidades indicaron, por una parte la conectividad del Estany de Sils y la Riera de Caldes de Malavella y por otra la nidificación en la zona. Finalmente, el análisis del hábitat mediante SIG dibujó un escenario con una gran variedad de espacios forestales, espacios abiertos, canales y rieras, que sería capaz de cumplir la función de corredor para una gran variedad de especies. Por contra, la barrera que pueden estar causando las infraestructuras viarias y los núcleos urbanos parece ser una de las causas del bajo número de dispersiones observado.

Palabras clave: *Emys orbicularis*, conectividad, hábitat, morfología, Cataluña.

Abstract: The European pond turtle (*Emys orbicularis*) and the Mediterranean pond turtle (*Mauremys leprosa*) are the two native species of the Iberian Peninsula. The first one has seen an important decline at peninsula scale, mainly due to habitat loss. During the last years, there have been some projects to improve the state of his populations in Girona region. In spite of that, the specie has not been able to recover to the impacts that it has been suffering since the fifty's decade, with the drying of water bodies to convert them into crops and industrial parks. In this study, it has been evaluated the nucleus of *E. orbicularis* in Estany de Sils, a protected zone that is part of PEIN and N2000 network. In addition, it has been defined the quality of it as a habitat, and it has been evaluated, trough the database of Fundació Emys, the dispersal happening during the last years with the main goal of identifying the role that the Estany de Sils can play in the connectivity with the nuclei previously studied by Fundació Emys. The result of the analysis of the population has shown a population size of 285 individuals. The sex ratio was divided in: 65% males, 25% of them, 6% juveniles, 2% neonates and finally the 2% of individuals of whom the sex could not be defined. The habitat characterization has shown a low quality area, in conservation and forest river terms, with presence of exotic species (animal and plant) and, in some cases, with wastes. In terms of dispersal and reproduction, it has been confirmed the presence of two newborns and two dispersal routes, with four happenings in a ten-year period. These numbers explain the connectivity between the Estany de Sils and the Riera de Caldes de Malavella by one hand and show evidence of reproduction by the other. Finally, the habitat analyze with GIS software has drawn a really wide scenario, with forests, open spaces, irrigation channels and streams that could carry out the function of corridor to a big amount of species. Instead of that, the barrier effect due to the traffic infrastructures could have caused the low number of dispersal events observed.

Key words: *Emys orbicularis*, connectivity, habitat, morphology, Catalonia.

Índex

Resum	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
1. Introducció	6
1.1 Pèrdua de diversitat a escala global	6
1.2 Estat de conservació	7
1.3 Distribució de l'espècie	7
1.4 La tortuga d'estany	9
1.5 Interès del present estudi	10
2. Objectius	11
3. Metodologia	12
3.1 Àrea d'estudi	12
3.2 Descripció del nucli poblacional de l'Estany de Sils	13
3.3 Caracterització de l'hàbitat	16
3.4 Cartografia de la dispersió i presència de nounats	17
3.5 Anàlisi de la connectivitat a partir de l'hàbitat potencial	18
3.6 Anàlisis estadístics	18
4. Resultats	19
4.1 Caracterització de les captures	19
4.2 Caracterització de l'hàbitat.	23
4.3 Dispersió i anàlisi de la connectivitat	24
5. Discussió	26
6. Conclusions	31
7. Bibliografia	32

1. Introducció

1.1 Pèrdua de diversitat a escala global

En l'actualitat s'està patint una pèrdua de diversitat a escala global, en alguns estudis s'ha observat un descens mitjà del 60% de les espècies (*World Wildlife Foundation* (WWF), 2018) i aquest descens ha provocat que, com a mínim, un milió d'aquestes es trobin en perill d'extinció (IPBES, 2019). Les causes d'aquesta realitat són molt variades i de diferent magnitud, però principalment destaca: la degradació i pèrdua d'hàbitat, la sobreexplotació, les espècies invasores, la contaminació i el canvi climàtic (WWF, 2018). Tot i que aquest últim és un aspecte que s'ha de tenir en compte cada cop més, ja que està començant a tenir efecte en una gran varietat de grups animals i vegetals, per exemple a les fagedes (Prislan et al., 2019). L'adaptació a aquests impactes és clau en la supervivència de les espècies, ja que si no les poblacions restants s'acabaran reduint (Buczkowski et al., 2018). Per tal d'evitar aquestes pèrdues s'han de tenir en compte els aspectes fisiològics de l'espècie per preveure com respondrà als factors d'estrès (Wikelski & Cooke, 2005) evitant així l'extinció.

Un dels processos naturals que permet tenir una població en bon estat, és el flux gènic entre diferents nuclis poblacionals, ja que pot provocar beneficis de naturaleses molt diferents (Frankham, 2015; Sexton et al., 2013). Aquest flux gènic estarà determinat per la capacitat dels individus de connectar els diferents nuclis mitjançant el moviment pel territori i posteriorment reproduir-se. Els factors clau que permeten aquest intercanvi genètic són el territori i els seus usos, un paisatge divers és determinant en la riquesa d'espècies (Céline & Wolfgang, 2003). Per contra, la pèrdua d'hàbitats pot causar la reducció de les poblacions (De Souza et al., 2018). A més, la capacitat d'aquest territori de permetre dispersions de llarga distància és crucials per mantenir la connectivitat genètica (Trakhtenbrot et al., 2005).

A Catalunya, una de les espècies que ha patit un descens significatiu de les seves poblacions és la tortuga d'estany (*Emys orbicularis*). Aquesta pèrdua és molt acusada a escala de la Península Ibèrica (Ayres, 2015) i afecta un gran ventall de les seves poblacions (Alarcos et al., 2012; Valdeón et al., 2013). La destrucció d'hàbitat és un dels principals factors del seu estat crític (Gariboldi & Zuffi, 1994), amb un màxim

durant els últims cinquanta anys, doncs la majoria de les zones humides van ser convertides en camps d'agricultura i zones industrials (Cordero & Ayres, 2004).

1.2 Estat de conservació

L'estat de conservació de la tortuga d'estany a Catalunya parteix d'uns efectius poblacionals molt reduïts (Llorente et al., 1995), fragmentats (Ramos, 2004) i en declivi (Vilardell et al., 2014). A partir de l'any 1987 amb la declaració de quatre Reserves Municipals Parcials es van començar a realitzar accions de protecció i conservació de l'espècie a escala local (Ramos, 2004), que continuen avui dia amb els treballs de la *Fundació Emys*.

L'espècie es troba protegida a tres escales: (1) Unió europea: Protegida per la directiva 92/43/CEE, de 21 de Maig, inclosa en l'annex II de la Directiva habitats com a espècie d'interès comunitari. A més classificada com a *Near threatened* (NT) (proper a l'amenaça) a escala global per la UICN (Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group, 1996). (2) Espanya: Llei 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni natural de la biodiversitat, annex II espècie d'interès comunitari, i classificada com a vulnerable (Pleguezuelos, 2002). (3) Catalunya: Decret legislatiu 2/2008, de 15 d'abril, llei de protecció dels animals, en categoria de fauna salvatge autòctona (Generalitat de Catalunya, 2010).

Tots els nivells de protecció, tot i pertànyer a diferents escales legislatives, concorden en la necessitat de protecció i en la seva vulnerabilitat. Per realitzar una millora efectiva de les poblacions és necessari conèixer les seves tendències i problemàtiques locals, aplicant un prisma transversal a la gestió, per exemple utilitzant el coneixement de la població local conjuntament amb el dels tècnics (Balran et al., 2004).

1.3 Distribució de l'espècie

La distribució actual de l'espècie (Figura 1) comprèn majoritàriament la regió al voltant del mediterrani i l'est d'Europa, tot i que també hi ha poblacions a tocar del mar atlàntic i el mar negre. A Espanya, la seva àrea vital es troba bastant reduïda, discontinua i molt fragmentada (Pleguezuelos et al., 2002). Podem trobar poblacions principalment a la zona de llevant i a l'oest del país (Figura 2), les grans zones on no es troba present es deuen en alguns casos factors climàtics i orogràfics com es Pirineus occidentals i Navarra (a causa del clima fred oceànic) però en altres aquesta absència té caràcter

antropogènica majoritàriament degut a la transformació de l'hàbitat per exemple degut a la dessecació de zones humides o la construcció (Pleguezuelos et al., 2002).

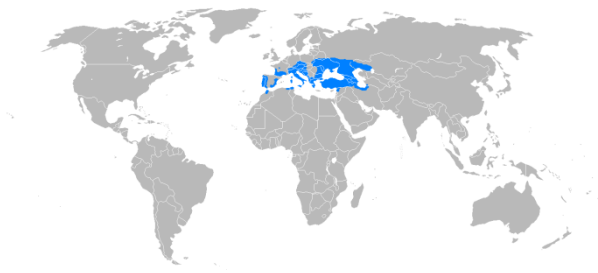


Figura 1. Mapa de distribució de la tortuga d'estany (*E. orbicularis*) a escala global. (Font: Wikipedia, 2008)

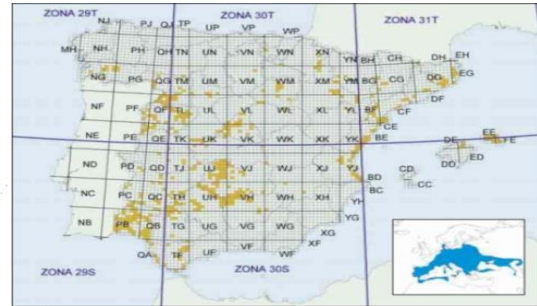


Figura 2. Mapa de distribució de la tortuga d'estany (*E. orbicularis*) a escala d'Espanya. (Font: Pleguezuelos et al., 2010)

Com es pot observar a la figura anterior (Figura 3) la distribució de la tortuga d'estany a Catalunya està lligada a les zones properes al mediterrani i conques fluvials associades. Principalment es pot trobar a les províncies de Girona i Tarragona, a la comarca de la Selva es pot trobar la població més gran i més ben conservada de tot el nord-est peninsular (Generalitat de Catalunya, 2010), també són presents amb poblacions puntuals a Barcelona i Lleida, tot i que a escala de Comunitat autònoma es troba en un clar declivi per una gran diversitat de factors (Vilardell et al., 2014).

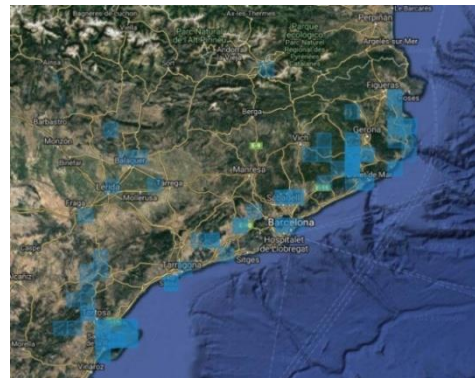


Figura 3. Mapa de distribució de la tortuga d'estany (*E. orbicularis*) a escala de Catalunya. (Font: Font et al., 2010)

La distribució actual està molt condicionada per les diverses amenaces que ha patit l'espècie, principalment deguda a la pèrdua d'hàbitat per construcció de vies de tren o camps de cultiu (Ayres, 2015), l'efecte barrera significatiu de les infraestructures (Proulx et al., 2014), la mortalitat relacionada amb aquestes (Steen & Gibbs, 2004), la introducció d'espècies exòtiques amb les quals entra en competència o que transmeten paràsits (Cadi & Joly, 2004) i la depredació per espècies autòctones com la llúdriga (Lanszki et al., 2006) entre d'altres.

1.4 La tortuga d'estany

La tortuga d'estany (*E. orbicularis*) sol tenir una coloració fosca complementada amb taques de color groguenc (Figura 4), tot i això aquest patró és molt variable i a la natura pot presentar un ampli gradient de tonalitats (Ayres, 2015). També cal afegir que mascles i femelles presenten dimorfisme en algunes característiques, per exemple la distància de la cloaca al final del plastró (Zuffi & Gariboldi, 1995) o l'esbombament de les plaques ventrals. Aquest dimorfisme pot ser utilitzar per identificar el sexe dels individus en els treballs de camp.



Figura 4. Exemplar de tortuga d'estany capturat a la Riera de Caldes de Malavella. Aquest individu presenta una coloració que s'ajusta a les descripcions teòriques. En molts casos no és possible observar patrons tant marcats.

Pel que fa a la seva dieta predomina el component animal encara que també inclou plantes (Pérez-Santigosa et al., 2011), en aquest cas d'estudi l'espècie exòtica *Procambarus clarkii* va resultar present en la totalitat d'excrements estudiats (Pérez-Santigosa et al., 2011). El seu període d'activitat inicia quan desperten de la hibernació i varia en funció del clima de la zona, a poblacions del nord pot començar al gener i es prolonga fins al maig al sud de Portugal (Ayres, 2015). Al llarg d'aquest període la femella pot realitzar migracions quilomètriques fins a les zones de posta per, posteriorment, col·locar els ous a una distància d'entre 3 i 15 m de la massa d'aigua en un cas d'estudi proper a la ciutat de Zamora (Alarcos et al., 2007) posant entre 1 i 18 ous per posta en funció de l'àrea de nidificació (Ayres, 2015).

Respecte a l'ús del territori *E. orbicularis* es troba en hàbitats amb una altitud inferior als 600 metres sobre el nivell del mar, temperatures mitjanes anuals superiors als 14°C i pluviositat inferior als 900 mm (Llorente et al., 1995). Dintre d'aquestes característiques climàtiques té preferència pels punts d'aigua amb poc corrent, en la majoria dels casos se situa en punts d'insolació com troncs o pedres, just al costat de la massa d'aigua amb una certa profunditat que els hi permet submergir-se (Llorente et al., 1995) i enterrar-se (Ayres, 2015) en cas que aparegués un depredador.

1.5 Interès del present estudi

En el present estudi es tracta amb una espècie que no és únicament aquàtica i per tant, és necessari gestionar no només les masses d'aigua si no un entramat d'ecotons terrestres i aquàtics que permetin que la tortuga d'estany completi el seu cicle de vida (Semlitsch & Rusell, 2003; Ficetola et al., 2004). Tant femelles que utilitzen el territori proper a l'estany de naixement per nidificar (Rovero & Chelazzi, 1996), com mascles que es dispersen cercant nous territoris permetent així el flux genètic entre diferents subpoblacions.

A Catalunya, s'han realitzat molts treballs d'adaptació i gestió de l'hàbitat enfocats a la tortuga d'estany, entre aquests destaquen alguns projectes LIFE+ (Feo & Quintana, 2008) o les tasques del *Centre de recuperació de Tortugues de l'Albera* (CRT) i la *Fundació Emys*. Tot i això, els impactes han sigut continuats al llarg del temps a la comarca de la Selva: “*La comarca de la selva ... presenta una plana molt afectada per l'acció antròpica (agricultura i indústria) com a conseqüència de les seves característiques morfològiques*”, “*Aquest fet, afegit a la quantitat de vies de comunicació ... produeix una fragmentació important del territori.*” (Consell Comarcal de la Selva, 2006), això ha pogut provocar noves afeccions o que les tasques d'adaptació prèvies no hagin pogut sortejar els impactes.

Per tant, no només cal seguir treballant en el seguiment de les poblacions i l'avaluació del seu estat, sinó que a més l'aplicació d'una avaluació espacial que permeti entendre com, amb quina freqüència i de quina manera es mouen els individus de *E. orbicularis* per la plana de la Selva pot permetre obtenir dades molt valuoses sobre l'ús que fa del territori amb la finalitat de prioritzar-les en la protecció i recuperació. En aquest marc territorial, hi ha dos nuclis que han estat estudiats al llarg dels últims anys: la riera de Caldes de Malavella i l'entramat de basses gestionades per la Fundació Emys al terme municipal de Riudarenes. Entre aquests dos, hi ha un espai protegit amb una massa d'aigua permanent on encara no s'han realitzat treballs intensos de mostreig, l'Estany de Sils. Així doncs, l'avaluació de la dispersió en aquesta zona central pot demostrar si els impactes han causat una reducció en la connectivitat, alhora que s'avalua un nucli encara desconegut però amb gran potencial.

2. Objectius

In this final degree project I evaluate the connectivity between two well studied population groups of European pond turtle (*E. orbicularis*), the stream of Caldes de Malavella and the ponds managed by Fundació Emys in the Riudares municipality, with a less studied water body: the Estany de Sils with the main goal of knowing how the individuals move through the territory. The Estany de Sils area is located in between the other two sites so, in a situation of lack of barriers, it will be expected to see high frequency dispersal movements.

To perform the connectivity function, a water body does not only need an optimal location. It also has to have a big amount of resources that can cover the needs of the species. Therefore, the other part of this study will consist in the characterization of the habitat, the actual population and their dynamics. There are a lot of factors that can indicate that the Estany de Sils could be a potential habitat of *E. orbicularis*, for example, the easy connectivity with the Séquia de Sils or the big amount of exotic crayfish (*P. clarkii*) that could work as a food resource.

Hence, even though it is expected to detect the presence of *E. orbicularis* in the study area, the potential impacts could have lead to a situation of lower-than-optimal population size or also having an enclosed nucleus with low dispersal rates.

3. Metodologia

3.1 Àrea d'estudi

L'àrea d'estudi està situada a la província de Girona, a la comarca de la Selva i comprèn els termes municipals de Riudarenes, Sils i Caldes de Malavella (Figura 5), es troba majoritàriament dominada per un espai agrícola amb parcel·les forestals reduïdes i està àmpliament fragmentat pels nuclis urbans i les infraestructures de transport. Pel que fa a les masses d'aigua es poden trobar tres tipus d'hàbitats: petites basses aïllades, rieres naturals i cursos agrícoles i l'Estany de Sils, la massa d'aigua més gran de la zona. La regió on es realitzarà el mostreig consta d'un doble nivell de protecció: PEIN *Estanys de Sils* i espai Xarxa Natura 2000 ES5120017 *Estany de Sils i Riera de Santa Coloma*. A més, en l'actualitat es troba en desenvolupament un pla de gestió on participaran l'Agència Catalana de l'Aigua, Fundació Emys i Fundació Catalunya – La pedrera amb l'Ajuntament de Sils (Fundació Emys, 2019).

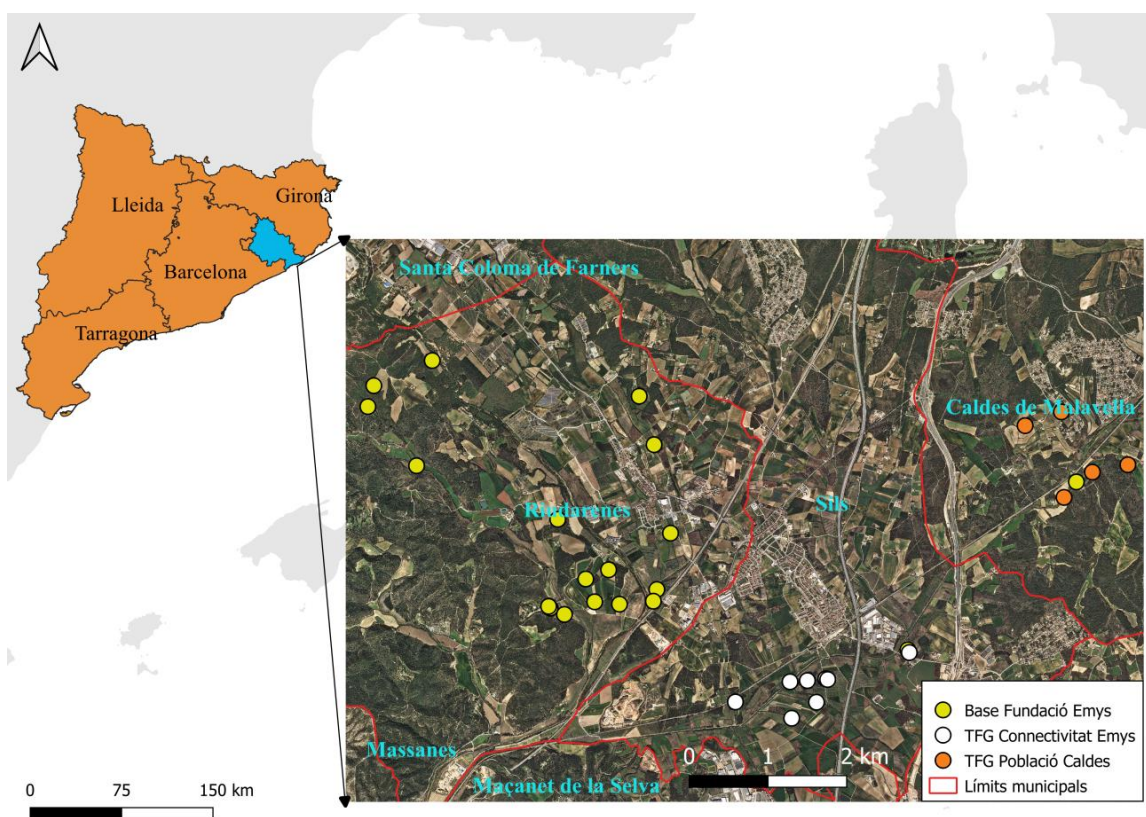


Figura 5. Mapa de l'àrea d'estudi. (Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'ICGC i la Fundació Emys.)

3.2 Descripció del nucli poblacional de l'Estany de Sils

La primera tasca realitzada va ser la descripció morfològica i d'estructura de població dels individus capturats al llarg del mostreig. Per tal de poder descriure la població va ser necessari un primer procés de captura de quelonis i una segona campanya per determinar la mida del nucli poblacional, ambdues van seguir els criteris del *Protocolo estándar para el monitoreo de núcleos poblacionales de galápagos europeo y su hábitat* (Fuentes & Sunyer, 2017), tal com es descriu a continuació:

3.2.1 Unitat d'esforç de captura bàsica. La unitat d'esforç de captura bàsica va consistir en nanses amb les següents mesures aproximades: 110 cm longitud x 50 cm alçada amb malla de 17,5 mm de llum, que es recomanaven per l'efectivitat, facilitat logística i resistència. Aquestes nanses van estar col·locades durant quatre dies de mostreig cadascuna, amb un esquer compost de sardines, situades dins d'un recipient per evitar la depredació primerenca i en conseqüència la reducció d'eficiència de captures. Les campanyes de mostreig es van realitzar durant la segona setmana dels mesos d'Abril i Maig.

3.2.2 Col·locació de les trampes. El nombre de trampes a utilitzar va estar determinat per la mida de la bassa a mostrejar segons aquest protocol. Així doncs, es va col·locar 1 nansa per basses amb superfície de 0 - 100 m², 6 nanses en basses mitjanes (100-1000 m²) i per canals 1 nansa per cada 100 m lineals.

Pel que fa al moment d'ús es van seguir les següents recomanacions:

- Col·locar nanses a cursos fluvials amb contacte directe o proximitat a les poblacions estables conegudes, com a mínim una trampa per cada curs proper.
- Sempre mantenir una part de la nansa fora de l'aigua perquè les captures puguin respirar, mitjançant ampolles buides, dins de la trampa.
- Col·locar les nanses des de fora de l'aigua per evitar el barreig d'aquesta i lligar-les a la vegetació del marge per evitar que canviïn de localització.

3.2.3 Mesures per a la prevenció de malalties. Per tal d'evitar el contagi de malalties entre els diferents exemplars es va seguir el protocol de prevenció avançat, que consistia en la desinfecció de qualsevol material que hagués entrat en contacte amb una massa d'aigua prèviament a un nou contacte amb una nova. El procés va constar dels següents passos:

1. Netejar el material amb aigua (botes, nanses, ampolles de flotació i recipient de l'esquer).
2. Mantenir l'equip de camp (esmentat anteriorment) en bosses de plàstic durant el transport, per evitar la possibilitat de transmissió de patògens.
3. Remullar el material amb Virkon en concentració de 10 mg/L, que actua com a agent fungicida, i deixar assecar durant vint-i-quatre hores abans del següent ús.

3.2.4 Disseny de mostreig. La distribució del mostreig va consistir en sis zones diferenciades amb un total de divuit nanses (Figura 6). Es van escollir aquests punts perquè comprenien tota la varietat d'hàbitats aquàtics presents a la zona d'estudi: petites basses permanents, cursos fluvials i masses de major mida. La selecció de punts i quantitat de trampes per punt es va basar en dos criteris:

Per a hàbitats lineals (Séquia i Riera) es van separar les trampes cent metres entre elles iniciant en un punt a l'atzar, des d'aquest punt central es va buscar la zona òptima per maximitzar les captures (per exemple on s'observés un punt d'asseïllament).

En hàbitats no lineals o basses es va aplicar el criteri de Fuentes & Sunyer (2017), tenint en compte la superfície de la massa d'aigua per col·locar un nombre de nanses proporcional. Tot i això, també es va afegir el criteri de maximització de captures en l'Estany de Sils, doncs un dels punts principals d'aquest estudi era la caracterització de la població. Els punts de mostreig es van identificar amb una codificació binària, la lletra corresponia a la localitat i el nombre a la trampa respectiva. El codi per localitats va ser: F – Can Forellac, B – Filtre Verd, S – Séquia de Sils, E – Estany de Sils, O – Observatori vell, R – Rec Clar i R – Riera de Pins.

Entre aquests set punts de mostreig, es poden diferenciar tres tipus d'hàbitats: les basses petites (Observatori, Filtre verd i Can Forellac), la massa principal (Estany de Sils) i els cursos fluvials (Séquia de Sils i rieres de Pins i Rec Clar). Els primers destaquen per ser punts d'aigua aïllats i en certa manera menys antropitzats, per tant poden ser bons espais de nidificació. En el segon es podia trobar una massa d'aigua amb cert nivell de protecció però més freqüentada i amb més potencial d'acollir espècies exòtiques i depredadors. Finalment, les rieres tenien potencial per a actuar de corredors i connectar la totalitat del territori estudiat, tot i que la presència per a un moment determinat pot ser nul·la (Figura 5).

Les dades recollides van ser complementades amb els resultats obtinguts a les zones de mostreig de la base de dades de la Fundació Emys i les dades recollides en un treball de final de grau que s'estava realitzant paral·lelament a aquest estudi, realitzat per l'estudiant Adrià Molina (UdG), corresponents a les *Base – Fundació Emys* i *TFG Població Caldes* respectivament (Figura 5).

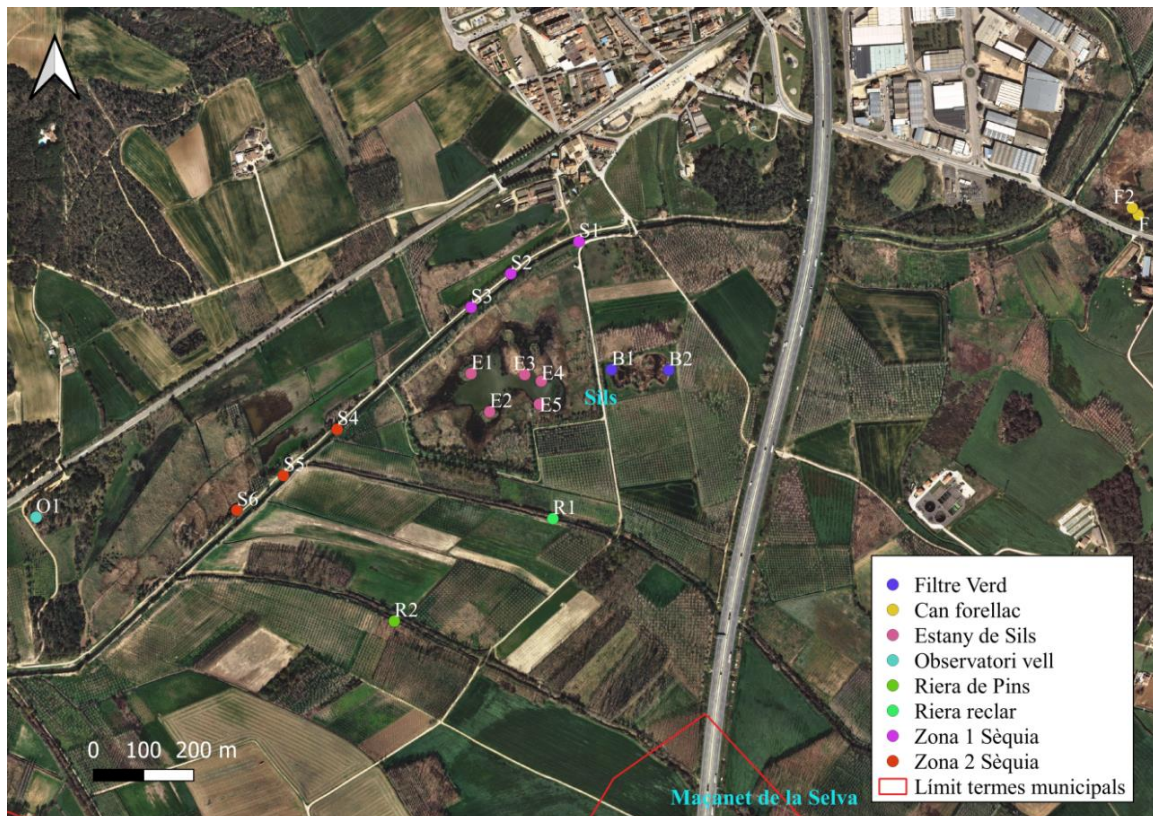


Figura 6. Distribució dels punts de mostreig a la zona de l'Estany de Sils. (Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'ICGC)

3.2.5 Dades de les captures. De cada captura es va realitzar una presa de dades que incloïa:

- Data i hora del mostreig
- Localitat (topònim, municipi i coordenada)
- Espècie capturada
- Sexe: M (Mascle)/F (Femella)/JUV (Juvenil)
- TW: pes
- nCl: longitud de la closca mesurada en vertical des de la placa

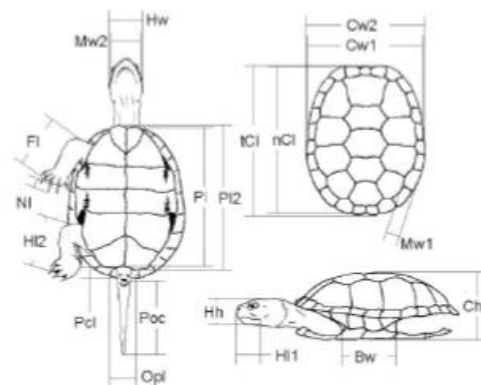


Figura 7. Mesures més comunes en la presa de dades en quelonis. (Fuentes & Sunyer, 2017)

nucal a la sutura entre els dos caudals

- Cw2: amplada màxima de la closca
- Ch: alçada màxima
- Bw: regió lateral esquerre amb closca
- Pl: longitud del plastró
- Pcl: longitud precloacal de la cua
- AGE: en Nounats es determinarà l'edat mitjançant el sistema d'anells.
- Recaptura: sí/no juntament amb el codi de l'individu capturat.
- Notes: deformitats, ferides, etc.

Les mesures dels paràmetres morfològics utilitzats (Figura 7) es van prendre amb un peu de rei digital calibrat (0,01 mm de precisió) i el pes amb una balança digital (0,1 g de precisió).

3.2.6 Marcatge de tortugues. En el cas de capturar individus no marcats, prèviament al retorn al medi es va realitzar una marca individualitzada mitjançant una serra a les plaques marginals, per tal d'obtenir una combinació numèrica (Figura 8). Es va evitar marcar nounats ($nCl < 40-50$ mm) i fer marques profundes que poguessin fer sagnar l'individu.

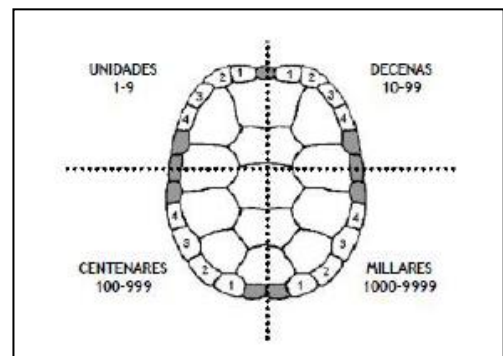


Figura 8. Esquema del sistema de marcatge a la closca de la tortuga. (Font: Fuentes & Sunyer, 2017)

3.3 Caracterització de l'hàbitat

Per tal de determinar les característiques físiques i químiques de l'aigua on es localitzaven els individus es van mesurar els següents paràmetres: pH (amb una sonda del model hach sensION+ PH1), conductivitat ($\mu\text{S/L}$) i T^a (amb una sonda del model Hanna Instruments® HI98192 Waterproof Portable EC/TDS/Resistivity/Salinity Meter) i concentració d'oxigen dissolt en mg/L i % (amb una sonda del model Hanna Instruments® HI 98193 Professional DO/BOD Waterproof Meter). Addicionalment es va determinar l'estat de conservació dels diferents ambients aquàtics a partir de l'índex *ECELS* segons la metodologia de l'annex II del Protocol d'avaluació de l'estat de conservació dels ecosistemes lenítics soms a partir de l'indicador *ECELS* (Agència

Catalana de l'Aigua, 2010). Aquest, avalua l'estat de conservació de l'ecosistema tenint en compte la morfologia de la massa d'aigua, la vegetació emergida i submergida i els usos de l'espai i zones adjacents. Com a resultat, en funció de la puntuació obtinguda s'assigna un nivell de qualitat que consta de cinc categories (Taula 1). Un índex similar va ser utilitzat per avaluar, paral·lelament, la qualitat dels cursos fluvials (on no s'aplica l'*ECELS*), el *QBR* (Munné et al., 1998), les categories també es poden observar a les de la taula següent (Taula 1).

Taula 1. Nivells de qualitat de l'índex *ECELS* i *QBR* en funció de la puntuació que obté la massa d'aigua.

Valor ECELS	Nivell de qualitat	Valor QBR	Nivell de qualitat
$90 \leq ECELS \leq 100$	Molt bo	$QBR \geq 95$	Estat natural
$70 \leq ECELS < 90$	Bo	$75 \leq QBR < 90$	Bo
$50 \leq ECELS < 70$	Mediocre	$55 \leq QBR < 70$	Acceptable
$30 \leq ECELS < 50$	Deficient	$30 \leq QBR < 50$	Dolent
$0 \leq ECELS < 30$	Dolent	$0 \leq QBR < 25$	Pèssim

3.4 Cartografia de la dispersió i presència de nounats

En paral·lel al mostreig realitzat per descriure la població de l'Estany de Sils (vegeu apartat 3.2) es va realitzar un cens de nounats que, segons el criteri de Fuentes & Sunyer (2017), són aquells individus amb un $nCl < 40-5$ mm (Figura 7), ja que la longitud de la closca és massa curta per ser marcada. Aquesta tasca es va realitzar mitjançant observació directa i individus que van caure a les trampes. Es van determinar les coordenades geogràfiques i posteriorment es van col·locar en un mapa de l'àrea d'estudi. Posteriorment als mostrejos, es van analitzar les captures, tenint en compte les recaptures de la campanya de mostreig, tortugues no marcades que podien provenir d'altres ubicacions de la base de dades de la Fundació Emys (corresponent als punts de la Figura 5) i reclutament d'origen desconegut. Així doncs, es van cartografiar les captures d'individus dispersors obtingudes per tal de determinar els fluxos d'individus que constitueixen la població de Sils.

3.5 Anàlisi de la connectivitat a partir de l'hàbitat potencial

Per tal de constatar els impactes del territori es va realitzar la quarta tasca, cartografiar l'àrea d'estudi mitjançant programari SIG (Sistemes d'Informació Geogràfica). Es van identificar els hàbitats amb potencial per a acollir individus o nius, des de canyissars o herbassars humits (Luiselli, 2017) passant per àrees d'incubació com camps de cultiu (Mitrus, 2006) fins a petites basses que han servit de refugi a poblacions aïllades al llarg de l'estiu (Meeske & Muhlenberg, 2004). A més també s'han identificat els espais que podien representar una barrera per a la dispersió, per exemple les infraestructures (Proulx et al., 2014). Amb aquest objectiu de base, es va aplicar una determinació de la qualitat al territori, identificant les zones amb potencial per mantenir un nucli de l'espècie mitjançant els següents criteris: (1) Protecció activa de l'espai, (2) distància >100 m a infraestructures viàries i nuclis urbans i (3) disposició d'un dels hàbitats anteriorment esmentats. A més es va atorgar, un grau de potencial com a corredor si: (1) la zona estava situada a una distància inferior a 20 m de masses d'aigua, (2) complia el criteri de distància a infraestructures i nuclis urbans (>100 m) i (3) presentava un tipus de vegetació que facilitava la dispersió.

3.6 Anàlisis estadístics

Mitjançant les dades obtingudes en el treball de camp es va realitzar una anàlisi descriptiva de la població que incloïa: mitjana, proporcions, desviació estàndard, abundància relativa i histograma de freqüència de mides dividit en classes regulars, amb l'objectiu d'obtenir almenys dos intervals per cada classe de mida. A partir de les mitjanes dels paràmetres morfològics es va tractar de comprovar si hi havia diferència en funció del sexe, quantificant així la presència de dimorfisme sexual, mitjançant l'aplicació d'un estadístic T-student. Posteriorment, es va tractar de determinar si hi havia o no diferència en les proporcions sexuals entre les dues setmanes de mostreig mitjançant un test *Chi-quadrat*. Alhora es va avaluar la diferència entre localitats estudiades i alguns paràmetres descriptius del nucli (proporció de sexes, nCl mitjà i proporció d'espècies autòctones) a partir del mateix mètode. Finalment, per tal de determinar la mida de la població, es va partir del sistema de captura-recaptura i es va aplicar la fórmula de *Linkoln-Petersen* amb l'estimació de Chapman (1951):

Equació 1. Fórmula de Linkln-Petersen amb l'estimació de Chapman (1951) utilitzada per determinar el nombre d'individus del nucli estudiat.

$$N = \frac{(K + 1) + (n + 1)}{k + 1} - 1$$

On N correspon a l'estimació d'individus del nucli, n és el nombre d'individus que van ser marcats a la primera campanya, k és el nombre d'animals recapturats a la segona campanya que van ser marcats durant la primera i finalment, K correspon al total d'individus capturats a la segona visita.

4. Resultats

4.1 Caracterització de les captures

Al llarg de les dues setmanes de mostreig es van capturar un total de noranta-dues tortugues de l'espècie *E. orbicularis*, vuitanta-una de *Mauremys leprosa* i sis de tortugues exòtiques (cinc *T. scripta elegans* i una *T. scripta scripta*). La proporció de sexes obtinguda per a *E. orbicularis* (Figura 9) va resultar en una clara dominància de mascles (65%) sobre femelles (25%), amb presència de juvenils (6%) i nounats (2%) a més dels individus que no es van poder sexar (2%). Pel que fa a la distribució dels marcatges (Figura 10), una gran majoria del les tortugues capturades van ser marcades per primera vegada (77%), la resta (23%) es va dividir en: 10% de recaptures, 6% d'individus d'origen desconegut ja que, no eren presents a la base de dades, 4% de dispersors i un 3% d'ambigüitats en la base, per exemple, dos individus amb el mateix codi però amb sexe diferent o mides decreixents amb el pas del temps. Mitjançant aquestes proporcions de recaptures, es va estimar la mida de la població (N) que va resultar de l'ordre de $285 \pm 98,6$ individus ($N \pm$ error estàndard). La proporció de sexes global, va variar en les dues campanyes de mostreig. Durant el mes d'abril aquesta va resultar en 5,6 mascles per cada femella (M/F), al maig va decreïxer fins a una proporció d'1,76 (M/F), seguint amb la dominància masculina. L'anàlisi Chi-quadrat va resultar en una diferència significativa ($\chi^2=4,56$ gll=1) en les proporcions sexuals entre les dues campanyes de mostreig.

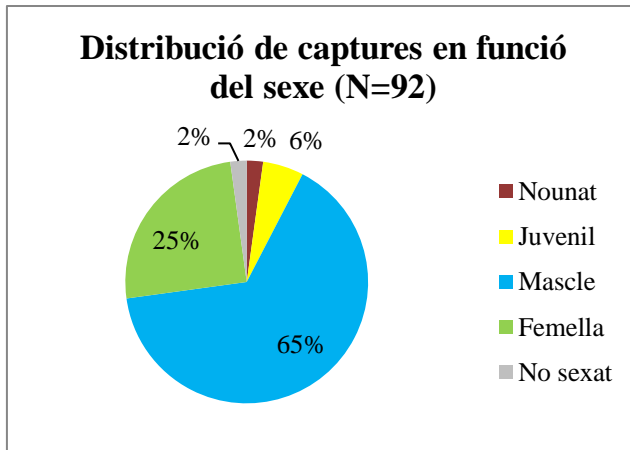


Figura 9. Gràfic circular on es mostra la distribució de captures en percentatge en funció del sexe de l'individu. Es pot observar la dominància del sexe masculí sobre femelles, juvenils, nounats i no sexats.

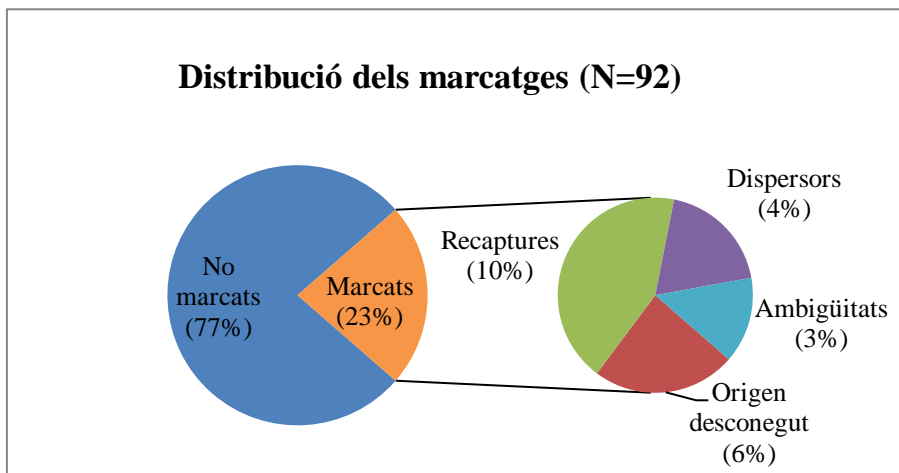


Figura 10. Proporció de marcatges obtinguda respecte al total d'individus capturats. La gran majoria d'individus mai havien sigut marcats (77%). En els individus marcats es van poder identificar: recaptures(10%), dispersors (4%), ambigüitats de la base de dades (3%) i exemplars d'origen desconegut (6%).

Comparant entre localitats, es poden observar valors similars tant en la proporció de les espècies autòctones (quantitat de *E. orbicularis* capturades respecte a la quantitat de *M. leprosa*) com en la proporció de sexes d'aquestes (nombre de mascles respecte al nombre de femelles) i el seu nCl (longitud de closca) mitjà (Taula 2). Es podria trobar una diferència en les *Basses petites* on hi ha una major proporció d'*E. orbicularis* amb una aparent reducció en la quantitat de mascles però, no són estadísticament significatives ($\chi^2=0,039$ gll=4). D'altra banda, els valors d'abundàncies relatives a l'esforç de mostreig han resultat majors en l'estació de l'Observatori vell, seguit per la Séquia de Sils, Filtre verd, Can Forellac i l'Estany de Sils (Taula 3). Per tant, tot i dedicar un major esforç a la Séquia i Estany la tipologia de trampa ha resultat més efectiva a la bassa de l'Observatori vell.

Taula 2. Resum numèric de la tipologia de captures en funció de la localitat i tres paràmetres descriptius: la proporció de sexes, la longitud superior de la closca (nCl) mitjana i la relació d'espècies autòctones. Pel que fa a la proporció de sexes a les tres localitats estudiades dominen els mascles, respecte a l'nCl els valors resultants han sigut bastant similars tal com amb la proporció d'espècies autòctones.

Localitat	Proporció de sexes (M/F)	nCl mitjà (mm) \pm SD	Proporció d'espècies (<i>E. orbicularis</i> / <i>M. leprosa</i>)
Séquia de Sils (N _E . orbicularis=51)	2,29	126,80 \pm 24,64	1,18
Estany de Sils (N _E . orbicularis=22)	2,45	129,11 \pm 21,73	1,15
Basses petites (N _E . orbicularis=12)	1,95	128,86 \pm 22,49	1,25

Taula 3. Estimació de les abundàncies relatives d'*E. orbicularis* en funció de l'esforç de mostreig. L'esforç en nombre de trampes indica la quantitat de trampes disposades a cada localitat. L'esforç en hores indica el temps que van estar la totalitat de les trampes per cada localitat. Les captures són el nombre de tortugues capturades i l'abundància relativa és una estima de la densitat d'individus en funció de l'esforç realitzat a la localitat.

Localitat	Esfors (N trampes)	Esfors (hores)	Captures (<i>E. orbicularis</i>)	Abundància relativa (<i>E. orbicularis</i> /trampa·dia)
Séquia de Sils	6	1026:30:00	54	0,21
Estany de Sils	5	950:42:00	24	0,12
Observatori vell	1	190:02:00	4	0,51
Can Forellac	2	373:17:00	4	0,13
Filtre verd	2	385:59:00	6	0,19
Total	18	2926:30:00	92	0,04

El nucli poblacional estudiat ha presentat dimorfisme sexual en tots els paràmetres morfològics analitzats (Taula 4) doncs el p-valor del test aplicat ha resultat inferior a 2.2e-16 per a la totalitat d'aquests. En aquesta mateixa línia, tant pels valors de pes (Tw, mascles: 285,59 \pm 101.84 i femelles 441,06 \pm 231,56) com de talla (nCl, Cw2, Ch, Bw, Pl), les femelles tenen les mides dominants a excepció de la distància entre closca i cloaca (PCI).

Taula 4. Resum numèric de la morfologia de les captures, en funció de tots els paràmetres descriptius estudiats i el sexe de l'individu i valor de l'estadístic T-student amb el corresponent p valor.

Paràmetre morfològic	Mascles (N=60)	Femelles (N=23)	T	p valor
Tw - Pes (g)	285,59±101,84	441,06±231,56	18,471	< 2.2e-16
nCl - Longitud de la closca (mm)	125,32±14,92	140,86±28,66	112,7	< 2.2e-16
Cw2 - Amplada de la closca (mm)	95,86±14,41	105,65±21,70	21,261	< 2.2e-16
Ch - Amplada de la closca (mm)	42,60±5,17	53,52±15,73	39,92	< 2.2e-16
Bw - Tancament lateral de la closca (mm)	30,24±4,37	37,21±8,43	21,522	< 2.2e-16
Pl - Plastró (mm)	111,60±13,74	131,19±29,88	24,315	< 2.2e-16
PCl - Distància closca - cloaca (mm)	22,48±5,17	8,17±3,24	20,709	< 2.2e-16

Finalment l'estructura de mides (Figura 11), en femelles ha estat dominada per la classe de 150-180 mm amb un 45,83% de les captures, seguida de la de 90-120 amb un 25%. Per a mascles hi ha agut un canvi de dominància en la distribució de l'estructura, en aquest cas un 60,65% dels individus es trobaven en el grup dels 120-150 mm de closca i el segon gran grup, tal com les femelles, també era el de 90-120 mm amb un 20%.

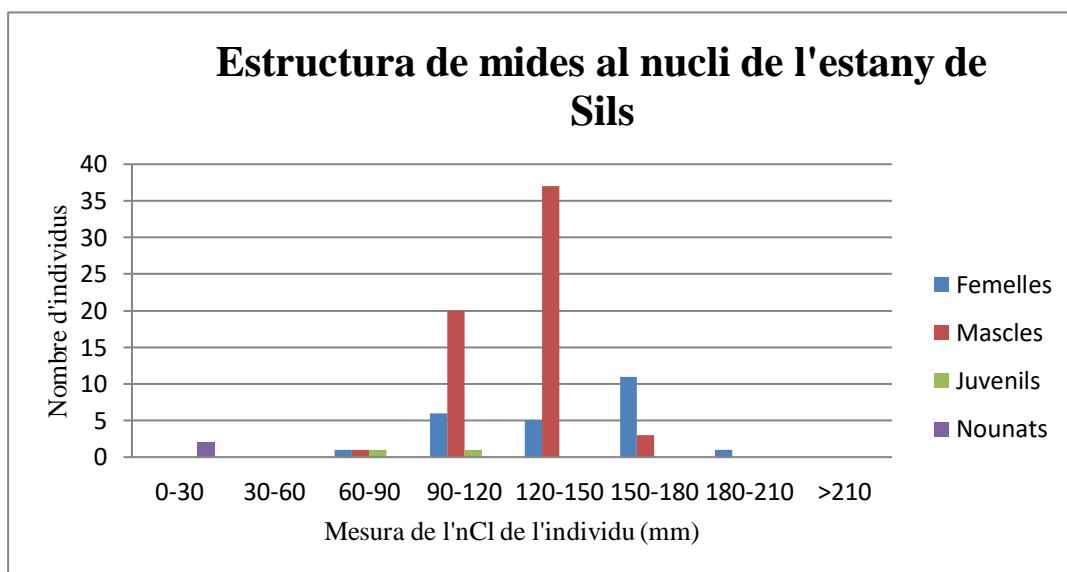


Figura 11. Histograma on s'observa l'estructura de mides al nucli de l'Estany de Sils en funció de l'nCl i el sexe de l'individu. El rang d'nCl dominant ha sigut, per a femelles, 150-180mm i per a mascles 120-150mm

En tercer lloc els juvenils estaven dividits en un 50% en les classes 60-90 i 90-120. Cal tenir en compte que en alguns estudis (Fediras et al., 2018) es classifica com a “juvenil” per a $nCl < 120\text{mm}$, en altres quan l' nCl és inferior a 100mm (Ramos et al., 2009) i fins i tot per a valors inferiors a 80mm (Cordero & Ayres, 2004). En aquest estudi s’ha classificat com a tal els individus amb $50 < nCl > 100$ que no tenien una morfologia sexual definida. Per últim la totalitat de nounats van presentar un nCl inferior a 30 mm.

4.2 Caracterització de l’hàbitat.

Pel que fa a la qualitat de l’hàbitat en la zona estudiada, els índexs *ECELS* i *QBR* han resultat en categories baixes, en el rang de *Dolent/Pèssim – Mediocre/Aceptable* (Taula 5). Per altra part, els paràmetres físics i químics han mostrat una major variabilitat, a la bassa de l’Observatori vell es poden trobar els paràmetres més baixos, fins als màxims a l’Estany de Sils (Taula 6) aquesta variació també pot tenir un efecte en la idoneïtat dels hàbitats.

Taula 5. Determinació de la puntuació *ECELS* per llacunes i *QBR* per cursos fluvials. En color gris les localitats on l’índex no és l’ideal, en alguns casos s’ha aplicat per obtenir una qualitat orientativa.

	Estany de Sils	Séquia de Sils	Observatori vell	Riera Reclar	Riera de Pins	Can Forellac	Filtre verd
Índex <i>ECELS</i>	Mediocre	Dolent	Mediocre	Deficient	Deficient	Mediocre	Deficient
Índex <i>QBR</i>		Pèssim		Dolent	Aceptable		

Taula 6. Resultat de la determinació dels paràmetres físics i químics a la zona de l’Estany de Sils. En aquests es pot observar la variabilitat dels diferents paràmetres estudiats en funció del punt de mostreig, amb valors màxims a l’Estany (E1 i E5) i mínims al filtre verd (B1), al tenir una mida mostral petita aquests valors han de ser analitzats únicament com a referència i no com a descripció sòlida de la realitat. Per cada variable es mostra la mitjana \pm la desviació estàndard.

Data	Punts de mostreig	Conductivitat (mS)	pH	Oxigen (mg/L)	Oxigen (%)	Ta (°C)
10/04/2019	12	1,19 \pm 0,53	7,96 \pm 0,18	4,70 \pm 1,86	45,12 \pm 18,26	12,27 \pm 1,49

4.3 Dispersió i anàlisi de la connectivitat

Al llarg dels mostrejos es van localitzar dos nounats d'*E. orbicularis*, ubicats en la Séquia de Sils i la bassa de l'Observatori vell, ambdós durant el mes de Maig (Figura 12). Respecte a les dispersions, sobre el total 92 exemplars capturats es van poder determinar quatre dispersions molt probables, mitjançant dues rutes: la primera la va realitzar un individu marcat a la Séquia de Sils l'any 2010 que va ser capturat de nou en el Reg de Riudarenes aquest any 2019, el curs més probable pot haver sigut un moviment a favor del corrent a la Séquia per, posteriorment ascendir per la riera de Santa Coloma a contracorrent o bé continuar amb un moviment terrestre pels camps de cultiu adjacents. La segona ruta va ser realitzada per tres individus en els períodes Octubre 2015 – Abril 2019, Octubre 2018 – Maig 2019 i de nou Octubre 2018 – Maig 2019, i va consistir, probablement, en una dispersió en el sentit de la riera de Caldes fins a la Séquia de Sils a favor del corrent.

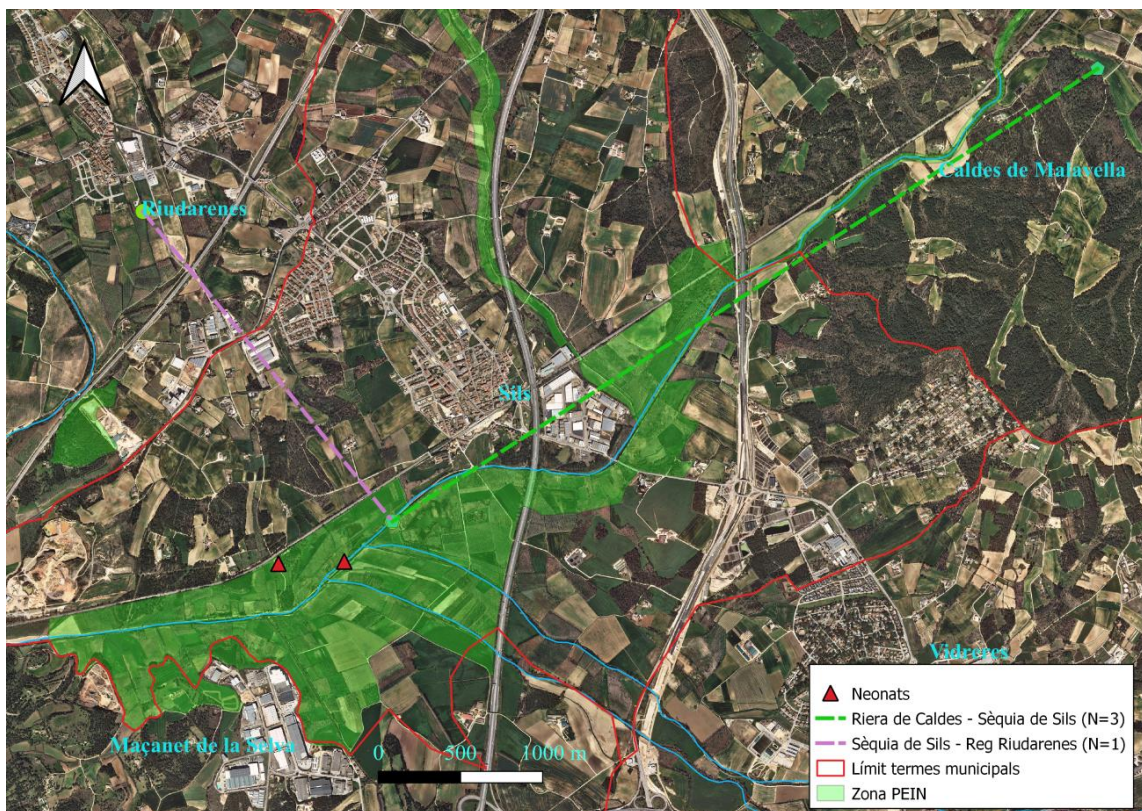


Figura 12. Cartografia de les dues rutes de dispersió observades (Riera de Caldes – Séquia de Sils i Séquia de Sils – Reg depuradora Riudarenes) i la posició dels nounats localitzats. En base de color verd es mostra l'espai PEIN Estanys de Sils. (Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'ICGC)

El següent punt a tractar és l'anàlisi de l'hàbitat, en aquest aspecte el mapa de permeabilitat (Figura 13) mostra un territori altament fragmentat però amb potencial per acollir i connectar poblacions de tortuga d'estany. En aquest, es poden observar les grans barreres que tallen el que podrien ser zones amb potencial: vies de tren, municipis i carreteres són els factors principals. Tot i això, l'hàbitat no està altament edificat com succeeix en altres contrades, i es poden determinar espais amb un gran potencial dispersor, principalment: riera de Santa Coloma, riera de Caldes i Séquia de Sils a més de grans àrees terrestres amb potencial intermedi, en gran majoria camps de cultiu i petites masses d'aigua dels termes municipals de Riudarenes i Sils. Finalment, l'Estany de Sils i els camps adjacents amb un grau de protecció (PEIN), una ubicació adequada entre els nuclis de Caldes i Riudarenes i la capacitat de tenir tolls en un mosaic d'espais, ha resultat en un hàbitat òptim per servir com a nucli de l'espècie.

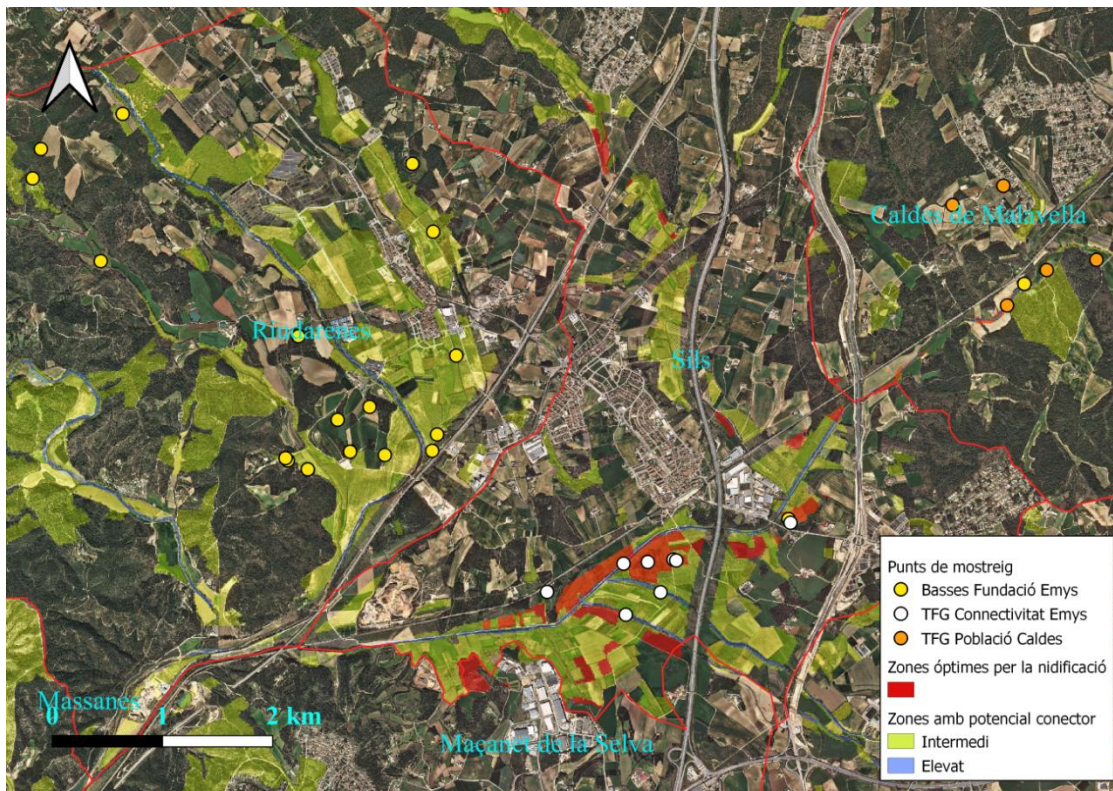


Figura 13. Cartografia en la qual s'observen les zones òptimes per acollir individus d'*E. orbicularis* en color vermell, àrees que morfològicament tenen potencial per a la dispersió en color groc i taronja i finalment els punts en els quals s'han realitzat censos d'individus al llarg dels últims anys. (Font Elaboració pròpia a partir de dades del ICGC, GeoVeg i Departament de Territori i Sostenibilitat)

5. Discussió

El primer factor a comentar és la descripció del nucli. En aquest, els mascles han representat un 65% de les captures, aquests resultats són molt variables en funció del nucli (Luiselli, 2017; Valdeón et al., 2013; Ayres, 2015), però en comparació a la recopilació realitzada per Ayres (2015) el percentatge de femelles és molt baix. Cal dir, que durant el mes d'abril la proporció de sexes era de 5,6 en favor dels mascles i durant el mes de maig va disminuir fins a 1,74, resultant en una diferència significativa. Aquest fet podria ser explicat per un inici d'activitat anterior en mascles posterior a la hibernació que va causar un biaix durant el primer mes, provocant que els resultats del segon període siguin més representatius de la proporció real. Un altre aspecte que podia causar aquest biaix masculí és que l'àrea estudiada sigui una àrea de dispersió, ja que aquest fet és més freqüent en mascles. Per finalitzar aquest bloc, la mida poblacional ha resultat en 285 individus. Aquest valor és bastant elevat en comparació algunes publicacions (Fediras et al., 2018) però també és baix en relació a altres (Luiselli, 2017). Com a anàlisi d'aquest aspecte es pot esmentar que, en tractar-se d'una espècie protegida un nucli superior als 285 (SE= 98,59) individus és un espai d'importància. Tot i això, com que mai s'havia realitzat una campanya de mostreig a la zona, el nombre de tortugues marcades i recapturades va ser molt baix. És probable que aquesta proporció sigui major en futures sessions de mostreig, i per tant la mida mostral sigui més representativa.

Respecte a l'anàlisi en funció del tipus d'hàbitat s'han obtingut dos blocs, per una part el conjunt Séquia - Estany i per l'altre les "Basses petites". En els primers no hi ha diferència aparent en proporció de sexes, d'espècies i nCl mitjà. En el segon grup hi ha un lleuger augment de les femelles, que pot ser degut al fet que aquests espais es troben propers a zones de posta i més aïllades de competidors o depredadors. A més també augmenta lleugerament la proporció d'*E. orbicularis* respecte a les *M. leprosa* doncs són uns hàbitats més adients per la primera (Ayres, 2015). Aquestes diferències no són significatives i una anàlisi en profunditat podria donar una nova visió dels resultats. En relació a la densitat, en alguns estudis també s'ha utilitzat el paràmetre d'abundància relativa en funció al nombre de trampes (Ayres, 2015), en aquest cas d'estudi a Doñana els valors van variar entre 0,3 i 3,3 (tortugues/ trampa*dia), en comparació als 0,13-0,51 obtinguts a Sils, i per tant pot indicar una densitat baixa d'individus.

Un altre dels aspectes estudiats és el dimorfisme, els resultats obtinguts mostren una diferència significativa en tots els paràmetres avaluats, sent la femella major que el mascle, a excepció de la distància precloacal. Aquest és un resultat similar a altres casos d'estudi (Zuffi & Gariboldi, 1995; Fediras et al., 2018), tot i que també és relatiu al nucli estudiat i les diferències no són sempre significatives (Ayres, 2015). Pel que fa a la morfologia, la recopilació realitzada per Ayres (2015) mostra un rang de longitud de closca (nCl) en algunes poblacions Ibero-Balears de 116,10-138,9 mm per a mascles i 124,39-146,83 en femelles, per tant en el nucli estudiat es troben mascles amb mida mitjana i femelles grans. En un primer moment es podria relacionar aquest aspecte amb la proporció de sexes observada perquè s'han trobat poques femelles adultes i molts mascles menys desenvolupats. Aquesta descompensació de sexes i mides pot ser senyal que el territori està patint impactes i les poblacions responen passivament amb una major proporció de mascles dispersors i de femelles amb major capacitat de pondre ous. Una altra lectura totalment contrària és que la gran mida de les femelles estigui relacionada amb una bona qualitat de l'hàbitat, permetent un major creixement. Caldrà continuar amb el seguiment del nucli per esclarir aquesta hipòtesis.

Seguint la línia de la morfologia, l'estructura de mides ha estat dominada per individus adults (90%) seguit de juvenils (6%), nounats (2%) i un grup al qual no se li va poder definir el sexe (2%). Així doncs o bé el nucli estudiat presenta una desviació molt important cap a individus adults, com en diversos casos de la recopilació d'Ayres (2015) o bé algun factor provoca que els altres grups no estiguin ben representats amb aquest sistema de mostreig. Aquest biaix cap a la població adulta, també podria indicar que el nucli està patint moltes baixes en els grups més joves (Fediras et al., 2018). Tot i això, en aquest cas d'estudi s'han capturat dos nounats que es troben localitzats a poca distància entre ells, es podria haver donat la situació que provinguessin d'una mateixa posta. Aquesta baixa proporció de nounats probablement es deu a una major eficiència del sistema de captura per individus adults, ja que tenen una major mobilitat. Seria interessant que en futurs estudis en les mateixes localitats s'utilitzessin altres metodologies com captura per salabre o esperes d'observació.

Pel que fa a la caracterització de les zones humides estudiades, els valors de l'índex *ECELS* i *QBR* han resultat baixos. Els aspectes principals que causen aquesta baixa puntuació són: absència de vegetació autòctona (emergent i hidrofítica) generalment, presència de fauna al·lòctona i una morfologia litoral deficient. Pel cas de la Séquia de

Sils la canalització i l'absència de vegetació també han sigut determinants. Hi ha altres factors a tenir en compte: freqüentació estival a l'Estany de Sils, presència significativa de deixalles en la riera Reclar i l'absència quasi total d'una gestió activa en tots els espais estudiats. En aquest aspecte, l'aplicació de mesures preventives com la conscienciació als visitants, sobre la brossa i els impactes que poguessin generar o de millora de l'hàbitat podrien tenir beneficis en el nucli. Tot i això, l'elevada mida poblacional estimada i la presència de femelles de mida gran, pot ser un indicador de bon estat en el nucli. Per tant, es podria deduir que tot i la caracterització obtinguda mitjançant els dos indicadors, l'estat no és determinant per la presència de l'espècie.

En relació a la connectivitat, l'ecotò que rodeja les masses d'aigua s'ha demostrat clau per a amfibis i rèptils (Semlitsch & Rusell, 2003) i per tant, la mala qualitat de la vegetació i morfologia d'aquests espais observada pot ser determinant en la quantitat de dispersions i en la capacitat d'acollir individus. La recomanació en aquest aspecte és realitzar una gestió conjunta de totes les masses d'aigua estudiades, mitjançant: reducció de la densitat d'espècies vegetals al·lòctones, fomentant un conjunt d'hàbitats homogenis d'espècies autòctones, control dels nuclis poblacionals de *T.scripta* per evitar una possible mortalitat de tortugues autòctones (Cadi & Joly, 2004) i realitzar una sessió de recollida de brossa a la riera de Reclar.

L'anàlisi dels paràmetres físics i químics s'ha de tenir en compte únicament com a guia, ja que la petita quantitat de valors obtinguts no permet extreure conclusions sòlides. Tot i això, s'ha pogut observar una zonació d'aquests valors. En primer lloc trobem l'Estany de Sils i el Filtre verd, on sembla que la qualitat de l'aigua no ha sigut un paràmetre exclouent doncs en ambdues localitats s'han realitzat captures d'*E. orbicularis*. En segon lloc, a la Séquia s'ha observat una tendència suau de disminució en el conjunt de paràmetres analitzats a mesura que avança el curs, aquest factor pot ser degut o bé a un flux d'aigua de l'Estany de Sils que es va diluint, o bé altres aportacions d'origen antròpic. Per futurs estudis es podria aprofundir en aquest aspecte doncs la quantitat de captures ha seguit aquest mateix patró, caldrà afegir el factor de distància a l'Estany de Sils doncs també pot ser determinant. Seguidament, tant Can Forellac com les dues rieres han mostrat uns valors menors als dos blocs anteriors i aquest aspecte pot ser un dels que ha determinat les baixes captures, tendència que no s'ha observat a l'Observatori vell tot i tenir un rang similar.

Les dispersions observades han recorregut dues rutes, des de la riera de Caldes fins a la Séquia de Sils (N=3) i des de la Séquia de Sils fins al reg de la depuradora de Riudarenes (N=1) sobre un total d'uns 620 individus marcats des de l'any 2010. Aquests valors s'han d'analitzar tenint en compte que es parla d'una espècie en perill. En un primer moment, podria semblar que quatre dispersions és una proporció baixa, tot i que aquest fet permet constatar que amb una major o menor dificultat, els tres nuclis estan connectats. Dues de les dispersions observades van succeir amb individus marcats durant el mes d'octubre de l'any 2018 a la riera de Caldes i ambdós van dispersar-se fins a la Séquia de Sils a l'altura de l'Estany, aquest fet pot ser degut al fet que les precipitacions que van succeir durant aquell període facilitessin el moviment. Sobre la proporció de moments de dispersió, respecte al total d'individus marcats hi ha dues possibles explicacions: una que encara no ha estat avaluada, és que els tres nuclis analitzats puguin estar connectant en localitzacions més meridionals, a l'alçada de la riera de Santa Coloma o la Tordera (Sunyer, P. [Comunicació personal, Juny 2019]), realitzar treballs de mostreig en aquell espai podria ser molt productiu per obtenir informació de la connectivitat entre les poblacions de la Selva i l'Alt Maresme. Per altra banda, la hipòtesi principal és una baixa connectivitat en la plana de la Selva deguda a la fragmentació de l'hàbitat posada en manifest pel Consell Comarcal (Consell Comarcal de la Selva, 2006).

Una de les tasques principals a realitzar és un reforç de la permeabilitat de l'espai, per aportar molts beneficis a les espècies que l'habiten (Trakhtenbrot et al., 2005). Aquest objectiu es pot realitzar paral·lelament al plantejat en l'apartat de caracterització de l'hàbitat: foment de l'heterogeneïtat i extracció d'espècies al·lòctones, però serà necessari prestar especial atenció en la permeabilitat d'infraestructures i nuclis urbans mitjançant passos de fauna. Una última acció a realitzar pot consistir en una campanya d'educació ambiental, que consisteixi en explicar que un individu de tortuga d'estany travessant una carretera pot no ser un animal perdut si no un dispersor amb un alt valor ecològic i que simplement s'ha d'intentar evitar que sigui atropellat però no portar-lo a un centre de recuperació si està sa, mai se sap d'on pot provenir.

Els resultats obtinguts en anàlisi de l'hàbitat descriuen un territori amb potencialitat connectora però molt fragmentat. En aquesta secció s'ha pogut identificar una connectivitat potencial entre les basses de Riudarenes i el nucli de l'Estany de Sils, tal com suposaven des de la mateixa Fundació Emys (Sunyer, P. [Comunicació personal,

Juny 2019]). Cal destacar que a diferència d'altres localitats de la mateixa comarca o de Catalunya, a l'àrea d'estudi es pot trobar abundància d'hàbitats amb capacitat per acollir i servir de dispersor per individus d'*E. orbicularis*. Els hàbitats principals que permeten aquesta potencialitat són els camps de conreu que, a més, disposen de canals i rieres que catalitzen els moviments a través del territori. Per exemple, la riera del Barranc de Villarràs tindria la capacitat de connectar el sistema de bases de Can Cunill, Can Barrot i de l'hermita de Montcorp amb l'Estany de Sils mitjançant la Séquia de Sils. Sembla primordial mantenir aquests espais en bon estat i minimitzar la presència d'infraestructures, ja que podrien tenir un efecte en el baix nombre de dispersions observat. A més a més, aquesta potencialitat es veu reduïda principalment per les grans infraestructures viàries que creuen transversalment el territori: dues vies de tren i les carreteres N-II, C-63 i AP-7 principalment. És molt probable que aquestes estructures siguin la causa del baix nombre de connexions observades, i les solucions passen per l'adaptació d'aquestes a la fauna i si és possible la reducció de la intensitat de tràfic. Per tal d'iniciar la millora de l'hàbitat es podria analitzar la mortalitat que aquestes provoquen en els quelonis (Steen & Gibbs, 2004) locals, tot i que en molts casos directament les eviten (Proulx et al., 2014).

En tractar-se d'un estudi on s'ha manipulat espècies salvatges i protegides, l'ètica ha sigut un dels aspectes principals a l'hora de realitzar el treball de camp. Pel que fa a la planificació es van determinar un seguit de passos per minimitzar els impactes, principalment la desinfecció de tot el material utilitzat per evitar la transmissió de malalties i un protocol de captura i mostreig. Aquest protocol va tenir en compte la minimització de molèsties a la fauna i va incloure aspectes com: (1) revisió diària de les trampes, amb la finalitat de minimitzar possibles depredacions als individus capturats o mortalitat accidental, (2) l'ús de dues ampolles per trampa per facilitar la flotabilitat evitant així la mort per ofegament, (3) manipulació i marcatge evitant causar mal a l'individu i (4) alliberament de les captures al mateix indret, facilitant una recuperació de l'individu posterior a la manipulació. Així doncs, es pot dir que l'ètica en el tracte amb la fauna ha estat considerada al llarg de tot el procés i s'han tingut en compte uns estàndards estrictes per minimitzar els impactes.

6. Conclusions

The main aim of this paper was to analyze the role of the potential connectivity between three separated population nuclei of European pond turtle in La Selva plain, on the basis that the dispersions through the territory will be constrained by several impacts, mainly anthropic ones.

To the studied period, the main conclusions are:

- 1- The analysis of the European pond turtle nucleus of Estany de Sils has shown a very big population size in comparison with other sites. It also has a sex ratio biased towards males and a demography dominated by adult individuals. Also, most of the captured individuals were not marked in other sampling campaigns supporting the idea of a big population size. Further studies with larger study periods in the Estany de Sils will allow pointing out solid conclusions.
- 2- In terms of habitat characterization, the main highlights used to apply the quality indexes (*ECELS* and *QBR*) are: exotic vegetation domain without a well-defined structure, presence of exotic animal species (mainly *P.clarkii* and *T.scripta sp.*), a modified littoral morphology and a remarkable anthropization.
- 3- The finding of two newborns in the study area is certainly a good new and it could only be read as a reason to increase the conservation efforts.
- 4- Finally, with at least two dispersal routes and a highly fragmented habitat it could be said that the location itself has the capability to make the connector function but, the degree of anthropization is causing a significant barrier effect to the movement.

All these results did not only allow to verify the hypothesis, but to give additional information of the magnitude of the human impacts in the study area.

Therefore, there is connectivity between the nucleus of the Caldes de Malavella stream, the ponds managed by Fundació Emys and the Estany de Sils and it has been proved with four dispersal events. The route between Caldes and Sils is relatively passable due the effect of Séquia de Sils that works as a highway during rainy seasons. Otherwise, the paths to the ponds in Riudarenes seem harder due to the traffic infrastructures.

Despite this, the nucleus of Estany de Sils presents a relation of anthropic pressures that probably decrease the connectivity rate compared to its full potential. In addition, the application of a major scale spatial analysis has confirmed the fragmentation in the study area, reducing the dispersal events of the European pond turtle.

The final point is to encourage the stakeholders and the governmental agencies of the region (i.e: Department de Territori i Sostenibilitat, local environmentalists or owners) to make an active management of the aquatic and terrestrial habitats with the improvement of specific wildlife passageways that will probably increase the connectivity between the three studied nuclei.

7. Bibliografia

- Agència Catalana de l'Aigua. (2010). Avaluació de l'estat ecològic de les zones humides i ajust dels indicadors de qualitat. Índexs QAELSe 2010, ECELS i EQAT. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya. Barcelona. 209 pp.
- Alarcos, G., Flechoso, F., Lizana, M., Madrigal, J. & Álvarez, F. (2012). Distribución y estado de conservación de los galápagos autóctonos, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) y *Mauremys leprosa* (Schweigger, 1812), en Castilla y León. *Munibe (Ciencias Naturales - Natur Zientziak)*, 61(1): 71-90
- Alarcos, G., Madrigal, J., Ortiz-Santaliestra, M., Fernández, M. J., Lizana, M. (2007). Localización de nidos depredados de *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) en la provincia de Zamora, España. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*, 18: 83-86
- Ayres, C. (2015). Galápagos europeo – *Emys orbicularis*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Salvador, A., Marco, A. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. Recuperat el 3 de maig de 2019 de http://digital.csic.es/bitstream/10261/108610/5/emyorb_v5.pdf
- Balran, S., Dragicevic, S. & Meredith, T. (2004). A collaborative GIS method for integrating local and technical knowledge in establishing biodiversity conservation priorities. *Biodiversity & Conservation*, 13(6): 1195-1208
- Buczkowski, G. & Richmond, D.S. (2012). The Effect of Urbanization on Ant Abundance and Diversity: A Temporal Examination of Factors Affecting Biodiversity. *PLoS ONE* 7(8): e41729.
- Cadi, A & Joly, P. (2004). Impact of the introduction of the red-eared slider (*Trachemys scripta elegans*) on survival rates of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Biodiversity and Conservation*, 13: 2511-2518
- Céline, N., Wolfgang, K. (2003). Effects of landscape patterns on species richness – a modelling approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98(1/3): 353-361
- Chapman, D. G. (1951). Some properties of the hypergeometric distribution with applications to zoological sample censuses. Berkeley: University of California Press, 159pp.
- Cordero, A. & Ayres, C. (2004). A management plan for the European pond turtle (*Emys orbicularis*) population of the Louro river basin (Northwest Spain). *Biologia, Bratislava*, 59(14): 161-171
- Consell comarcal de la Selva. (2006). Diagnosi territorial de la comarca de la selva: Memòria descriptiva. Diputació de Girona. Girona, 482pp.
- De Souza, R., Leonan, R., Vizin-Bugoni, J. & Gregorin, R. (2018). The effects of habitat loss on bat-fruit networks. *Biodiversity and conservation*, 28(1): 589-601
- Fediras, S., Rouag, R., Ziane, N., Olivier, A., Beché, A. & Benyacoub, S. (2018). Population structure and morphometrics of the European pond turtle (*Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758)) at Lake Tonga, Algeria. *Russian Journal of Herpetology*, 25(2): 88-96
- Ficetola, G.F., Padoa-Schioppa, E., Monti, A., Massa, R., De Bernardi, F. & 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(11): 1704-1712

- Font, X., De Cáceres, M., Quadra R.-V. & Navarro, A. (2019). Banc de Dades de Biodiversitat de Catalunya. *Generalitat de Catalunya i Universitat de Barcelona*. Recuperat el 5 de maig de 2019 de <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/index.jsp>
- Feo, C. & Quintana, X. (2008). Recuperación del hàbitat de anfibos y *Emys orbicularis* en el Baix Ter. Institut d'Ecologia Aquàtica. Girona, 99pp.
- Frankham, R. (2015). Genetic rescue of small inbred populations: meta-analysis reveals large and consistent benefits of gene flow. *Molecular Ecology*, 24: 2610-2618
- Fuentes, M.A. & Sunyer, P. (2017). Protocolo estándar para el monitoreo de núcleos poblacionales de galápagos europeo y su hábitat. Fundació Emys. Riudarenes, 12 pp.
- Fundació Emys. (2019). Un nou rept: la gestió dels Estanys de Sils. Recuperat el 11 de Juliol de 2019 de <https://www.fundacioemys.org/2019/01/24/un-nou-repte-la-gestio-dels-estanys-de-sils/>
- Gariboldi, A. & Zuffi, M.A. (1994). Notes on the population reinforcement project for *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) in a natural park of northwestern Italy. *Herpetozoa*, 7(3/4):83-89
- Generalitat de Catalunya. (2010). Departament de Territori i sostenibilitat: Tortuga d'estany. Recuperat el 3 de maig de 2019 de http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/fauna-autoctona-protegida/gestio-especies-protegides-amenacades/reptils/tortuga_estany/
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES Secretariat, Bonn, Germany, 44pp.
- Lanszki, J., Molnár, M. & Molnár, T. (2006). Factors affecting the predation of otter (*Lutra lutra*) on European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Journal of Zoology*, 270(2): 219-266
- Llorente G. A., Montori A., Santos X. & Carretero M A. (1995). Atlas dels amfibis i rèptils de Catalunya i Andorra. Ed. El Brau. Figueres, 192pp.
- Luiselli, L. (2017). Food habits, habitat use and density of *Emys orbicularis persica* from Jelilabad, Azerbaijan. *Herpetological Journal*, 27(3): 245-251
- Meeske, A.C.M. & Muhlenberg, M. (2004). Space use strategies by a northern population of the European pond turtle, *Emys orbicularis*. *Biologia – Section Zoology*, 59(14): 95-101
- Mitrus, S. (2006). Fidelity to nesting area of the European pond turtle, *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). *The Belgian Journal of Zoology*, 136(1): 25-30
- Munné, A., Solà, C & Prat, N. (1998). QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera. *Tecnología del agua*, 175(1): 20-37
- 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 (2): 167-175
- Pleguezuelos, J. M., Márquez R. & Lizana, M, (eds) (2002). *Atlas y Libro Rojo de los Anfibios y Reptiles de España*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza-Asociación Herpetológica Española (2ª impresión), Madrid, 587pp.

- Prislan, P., Gricar, J., Cufar, K., De Luis, M. & Rossi, S. (2019). Growing season and radia growth predicted for *Fagus sylvatica* under climate change. *Climatic Change*, 153(1-2): 181-197
- Proulx, C.L., Fortin, G. & Blouin-Demers, G. (2014). Blanding's Turtles (*Emydoidea blandingii*) Avoid Crossing Unpaved and Paved Roads. *Journal of Herpetology*, 48(2): 267-271
- Ramos, S. (2004). De la gestió de la tortuga d'estany a la Fundació Emys. Recuperat el 22 de Juny de 2019 de http://www.cilma.cat/wp-content/uploads/2010/09/de_la_gestio_de_la_tortuga_destany_a_la_fundacio_emys_-_santi_ramos.pdf
- Ramos, S., Franch, M., Llorente, G.A. & Montori, A. (2009). Morphometry and biological cycle of a European pond turtle (*Emys orbicularis*) population from north-eastern Spain. *Revista Española de Herpetología*, 23(1): 13-24
- 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 & Evolution*, 8(3): 297-304
- Semlitsch, R.D. & Rusell, J. (2003). Biological Criteria for Buffer Zones Around Wetlands and Riparian Habitats for Amphibians and Reptiles. *Conservation Biology*, 17(5): 1219-1228
- Sexton, J. P., Hangartner, S. B. & Hoffmann, A. A. (2013). Genetic isolation by environment or distance: Which pattern of gene flow is most common? *Evolution*, 68(1): 1-15
- Steen, D.A. & Gibbs, J.P. (2004). Effects of Road on the Structure of Freshwater Turtle Populations. *Conservation Biology*, 18(4): 1143-1147
- Tortoise & Freshwater Turtle Specialist Group 1996. *Emys orbicularis* (errata version published in 2016). *The IUCN Red List of Threatened Species* 1996: e.T7717A97292665
- Trakhtenbrot, A., Nathan, R., Perry, G. & Richardson, D. M. (2005). The importance of long-distance dispersal in biodiversity conservation. *Diversity and Distributions*, 11(1): 173-181
- Valdeón, A., Rada, V., Gosá, A. & Longares, L. A. (2013). Ocho años estudiando el galápagos europeo (*Emys orbicularis*) en Navarra. Situación de sus poblaciones. Presentat al IV Congreso de Biodiversidad. Bilbao, España.
- Vilardell, A., Soler, J., Bertolero, A. & Ramos, S. (2014). Galápagos europeo: proyectos en seis poblaciones de Cataluña. *Quercus*, 333(1): 50-58
- Wikelski, M. & Cooke, S. (2006). Conservation physiology. *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(1): 38-46
- Wikipedia. (2008). Distribution map of the European pond terrapin. [Mapa]. Recuperat el 3 de maig de 2019 de https://es.wikipedia.org/wiki/Emys_orbicularis#/media/File:Rangemap_cistude.PNG
- WWF. (2018). Living Planet Report - 2018: Aiming Higher. Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF. Switzerland, 148pp.
- Zuffi, M.A. & Gariboldi, A. (1995): Sexual dimorphism of the European Pond Terrapin, *Emys orbicularis* (L., 1758) from Italy, pp: 124-129 en: Llorente, G.A., Montori, A., Santos, X. & Carretero, M.A. (Eds). *Scientia Herpetologica*. Barcelona, 382pp.