

PROGRAMA DE SEGUIMENT DE PETITS MAMÍFERS
COMUNS AL PARC NATURAL DE LA SERRA DE
COLLSEROLA (XARXA SEMICE 2020)



Aquesta obra té la llicència [CC BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



El contingut, fotografies, gràfics, quadres, taules i referències és d'exclusiva responsabilitat de l'autor/a i no reflecteix necessàriament el pensament del Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola.

El Consorci i els autors de l'obra tenen tots els drets de propietat intel·lectual sobre el contingut d'aquesta edició. Es prohibeix la reproducció o emmagatzematge total i/o parcial d'aquesta obra sense l'autorització dels titulars de la propietat intel·lectual llevat que es faci amb finalitat acadèmica o científica i estrictament no comercial i gratuïta, havent-se de citar en tot cas els autors i el Consorci.

Citació recomanada: Torre, I. i Arrizabalaga, A. (2021). *Programa de seguiment de petits mamífers comuns al Parc Natural de la Serra de Collserola (Xarxa SEMICE 2020)* Estudi finançat pel Consorci del Parc Natural de la Serra de Collserola.

PROGRAMA DE SEGUIMENT DE PETITS MAMÍFERS COMUNS AL PARC NATURAL DE LA SERRA DE COLLSETEROLA (XARXA SEMICE 2020)

Ignasi Torre i Antoni Arrizabalaga
 Museu de Ciències Naturals de Granollers
 (Informe presentat el Gener de 2021)

ÍNDIX

<i>PROGRAMA DE SEGUIMENT DE PETITS MAMÍFERS COMUNS AL PARC NATURAL DE LA SERRA DE COLLSETEROLA (XARXA SEMICE 2020)</i>	1
ÍNDIX	1
RESUM.....	2
1. INTRODUCCIÓ	4
2. ELS PLANS DE SEGUIMENT DE FAUNA	4
2.1. Els plans de seguiment a Catalunya	4
2.2. El pla de seguiment de petits mamífers-SEMICE	5
3. OBJECTIUS	6
4. MATERIAL I MÈTODES.....	7
Parcel·les.....	9
5. RESULTATS	11
5.1. Nombre de captures	11
5.2. Reproducció i sex ratio.....	12
5.3. Tendències estacionals i interanuals en l'abundància	14
5.4. Models d'ocupació: estimació dels paràmetres que influeixen la dinàmica poblacional dels petits mamífers comuns a la XPN a diferents escales espacials	17
5.5. Extrapolació dels paràmetres poblacionals a la Xarxa de parcs naturals.....	21
5.6. Incidències per senglar en el mostreig.....	24
6. DISCUSSIÓ	26
7. AGRAÏMENTS.....	27
8. BIBLIOGRAFIA.....	28

RESUM

Aquest representa el tretzè any de seguiment de petits mamífers al Parc Natural de la Serra de Collserola dins del projecte de seguiment de petits mamífers comuns d'Espanya (SEMICE). En aquests tretze anys de seguiment, s'han establert 146 estacions distribuïdes per 9 Comunitats autònomes i Andorra, la majoria a Catalunya (72 estacions). Bona part de les estacions es troben als parcs de la província de Barcelona (37), 15 a la província de Lleida, 14 a la província de Girona, i 6 a la de Tarragona. El projecte compta amb un gran nombre de voluntaris (més de 200), i la progressió d'estacions monitoritzades per aquests s'incrementa any rere any.

Pel que fa als espais naturals de la província de Barcelona gestionats per la DiBa, SEMICE es desenvolupa als Parcs del Montseny, Montnegre-Corredor, Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Garraf, Serralada de Marina, Serralada Litoral, i Collserola.

Al llarg de les dues campanyes de seguiment de petits mamífers realitzades al Parc de Collserola, s'ha capturat un total de 43 petits mamífers de dues espècies diferents. Com s'acostuma a observar en anys anteriors, *Apodemus sylvaticus* ha estat l'espècie dominant (98%), amb una sola captura de *M.spretus* a l'alzinar del Centre d'Informació. Enguany, no hem detectat la musaranya vulgar (*Crocidura russula*). Durant la campanya de mostreig primaveral s'ha capturat gairebé tots els petits mamífers (39 individus, 91%). Durant la segona campanya de trampeig solament s'ha capturat quatre individus, i, com ja és habitual, s'observa una davallada de les captures de ratolí de bosc, que ha estat molt forta durant la tardor fins a pràcticament desaparèixer de les parcel·les de seguiment. Enguany, les poblacions de petits mamífers encara mostren els signes de recuperació important després de la forta davallada detectada en el període 2008-2017. L'increment poblacional no ha estat tan fort com l'observat la primavera de l'any 2019.

La davallada del ratolí de bosc comporta que la seva tendència estacional a Collserola torni a ser negativa i marginalment significativa ($r = -0,32$, $p = 0,07$, $n = 26$). És notable l'aparició de *M.spretus* a l'alzinar del Centre d'Informació (ambient força desfavorable), confirmant una lleugera recuperació poblacional en aparèixer a la franja de Can Balasc durant els dos darrers anys (2018-2019). Això comporta que la tendència negativa observada en els darrers anys quedi neutralitzada ($r = -0,03$, $p = 0,42$, $n = 26$). És interessant l'associació que mostren les poblacions dels dos rosegadors, que semblen oscil·lar amb un patró temporal semblant ($r = 0,37$, $p = 0,05$, $n = 26$). Malgrat que la població de *C.russula* ha retrocedit els darrers tres anys (no ha estat capturada enguany), la tendència a llarg termini no mostra cap patró significatiu ($r = -0,21$, $p = 0,15$, $n = 26$). L'abundància mitjana total torna a mostrar la tendència negativa observada en els darrers anys ($r = -0,33$, $p = 0,04$, $n = 26$), degut a que el gruix de les captures corresponen al ratolí de bosc.

D'altra banda, la necessitat de potenciar els espais oberts sembla clau per poder mantenir les poblacions de petits mamífers, i en general, per altres elements de la biodiversitat. Els mapes de distribució de petits mamífers obtinguts en base als models d'ocupació palesen que Collserola es troba en una situació intermèdia quant a favorabilitat de l'hàbitat per als petits mamífers en el context de la XPN. La presència d'espais oberts en la zona perifèrica és important per poder mantenir les poblacions de petits mamífers, doncs aquests ambients representen "fonts" en la dinàmica de meta-poblacions en que els boscos serien "embornals", ja que les poblacions en aquests darrers poden augmentar en rebre individus immigrants dispersants des d'ambients més favorables. La gran quantitat de serveis ecosistèmics que proporcionen les tres espècies de petits mamífers comuns es veuran afectades pel canvi ambiental, amb fenòmens sinèrgics -difícils de quantificar- per les possibles interaccions entre el canvi d'usos i el canvi climàtic, que poden multiplicar els efectes negatius sobre les seves poblacions.

Per garantir la persistència de les poblacions de petits mamífers comuns s'haurà de lluitar activament contra el procés natural d'aforestació que provoca una pèrdua d'idoneïtat dels hàbitats pels petits mamífers comuns i per moltes altres espècies amb interès de conservació.

Per minimitzar els efectes dels senglars sobre els paranys, es va crear una estructura d'acer galvanitzat per protegir-los. Durant el 2020, ja ha estat situada -de forma permanent- en les estacions de la franja i del Centre d'Informació. Tot i què s'observa una reducció dels atacs, es constata que les proteccions no són infalibles, fet que comporta la necessitat de redissenyar-les per incrementar la seva eficàcia. Els atacs als paranys només s'observen ocasionalment a la majoria de parcs, excepte a Collserola. De fet, Collserola és l'únic parc de la XPN on els senglars interfereixen significativament en el seguiment de petits mamífers, provocant un efecte negatiu. Sorprenentment, els incidents produïts pels senglars a Collserola no semblen relacionats amb la densitat d'aquesta espècie, una zona amb una densitat moderada de senglars i amb una tendència a la disminució de les poblacions. No obstant, a Collserola els senglars estan molt acostumats a la presència humana. La nostra hipòtesi és que aquest elevat índex d'atacs a paranys en una àrea petita i localitzada podria estar relacionat amb la possibilitat que a Collserola els senglars poguessin associar la presència humana amb majors oportunitats d'obtenir aliments d'origen antròpic.

1. INTRODUCCIÓ

L'any 1997, des del Museu de Granollers, es va realitzar un primer estudi sobre petits mamífers al Parc de la Serra de Collserola, consistent a conèixer principalment el paper dels rosegadors com a agents dispersants i depredadors de les llavors dels arbres mediterranis (Torre 1997, inèdit). Aquest treball, finançat per la Fundació Caixa de Sabadell a través dels seus premis a estudis, va permetre obtenir uns primeres dades sobre l'abundància dels petits mamífers en boscos gestionats. En general, es va observar un increment de l'abundància en els boscos tractats (alzinar aclarit, franja de prevenció d'incendis) en referència al bosc control (alzinar dens). Aquest treball va ser presentat de forma sintètica a les I Jornades sobre la Recerca en els sistemes naturals de Collserola (Torre i Arrizabalaga 2000). Des de l'any 1999 al 2001, es va realitzar un seguiment (finançat pel Parc) a la franja de prevenció d'incendis per determinar els efectes dels tractaments forestals sobre la composició i abundància de les comunitats de petits mamífers, fet que va permetre donar unes primeres directrius de gestió per tal d'afavorir les poblacions de petits mamífers, donada la seva rellevància en la dinàmica dels ecosistemes forestals (Torre i Arrizabalaga 2001). A la seva vegada, aquest estudi va permetre comprovar la gran oscil·lació que pateixen les poblacions de petits mamífers, observant-se una davallada molt important de les poblacions durant el període 1999-2000. Des d'aleshores fins el 2007, el Museu de Granollers no va desenvolupar cap recerca sobre petits mamífers a Collserola. Seguint la línia d'actuació implementada a la Xarxa de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona (XPN) a partir de l'any 2008, es va proposar realitzar el seguiment a Collserola amb la metodologia SEMICE. Aquesta sèrie de dades ja compta amb 13 anys de seguiment ininterromput en un nucli principal de parcs (Montseny, Montnegre, Serralada de Marina, Garraf, i Collserola), als quals s'ha anat afegint la resta de parcs naturals de la XPN fins a comptabilitzar nou espais naturals de la província de Barcelona. Les dades obtingudes han permès validar la metodologia SEMICE (determinar possibles biaixos metodològics, Torre et al. 2019) i determinar tendències de les espècies comunes de gran importància funcional en els ecosistemes mediterranis (Torre et al. 2018, 2020). Amb aquest informe finalitza el tretzè any (2008-2019) de seguiment de petits mamífers al Parc Natural de la Serra de Collserola en el marc del projecte SEMICE.

2. ELS PLANS DE SEGUIMENT DE FAUNA

2.1. Els plans de seguiment a Catalunya

Els plans de seguiment representen una eina d'estudi necessària per a obtenir un bon coneixement dels sistemes naturals del nostre territori, doncs els seus objectius són avaluar el seu estat, determinar els canvis que es produeixen i descobrir les seves causes (Castell 1998, 2000). El Parc Natural de la Serra de Collserola ha estat un espai natural pioner en la realització de seguiments faunístics de grups bioindicadors, juntament amb la XPN gestionada per la Diputació de Barcelona (DiBa). Així doncs, DiBa ha estat pionera a l'Estat Espanyol en l'aplicació de Plans de Seguiment en els Espais Naturals Protegits (ENP) gestionats per aquesta institució. Des de l'inici d'aquests plans per part de DiBa l'any 1992 (P.N. Montseny, Miño 1999), tots els parcs naturals han anat incorporant aquests plans de seguiment com tasques prioritàries amb vista a la gestió i conservació dels espais naturals (Bombí 1997, 2001, Castell 1998, 2000). Malgrat la discontinuïtat de les línies de seguiment en aquests espais naturals els resultats semblen ser satisfactoris després d'una primera anàlisi dels resultats de 10 anys de seguiment (Bombí et al. 2002).

A Catalunya existeixen ja plans de seguiment de fauna sòlidament establerts, com és el cas del "Catalan Butterfly Monitoring Scheme", coordinat pel Museu de Granollers, i que es porta aplicant des

de l'any 1994. Aquest programa de seguiment de Ropalòcers es porta a terme amb la participació de voluntaris, i compta amb una xarxa de més de 90 estacions distribuïdes per tot Catalunya (Stefanescu et al. 2011). Les anàlisis preliminars de les dades estan permetent observar unes tendències significatives en l'abundància de certes espècies que permeten confirmar que s'han produït canvis en els usos del sòl i en el clima en els darrers 15 anys (Stefanescu et al. 2011).

Malgrat no existeix cap pla de seguiment conjunt per als petits mamífers a la XPN de Barcelona, recentment s'ha signat un conveni de col·laboració per tal d'endegar un pla de seguiment a certs espais de la Xarxa de Parcs Naturals (XPN-DiBa). Tot i què aquesta proposta afecta solament a alguns Parcs Naturals, existeix un compromís de continuïtat en el temps i d'expansió de la xarxa de seguiment cap a altres espais naturals (espais naturals en Consorci) que actualment es troben fora del seguiment. Seguint aquesta tendència, el Parc de la Serralada Litoral s'ha incorporat durant el 2018, i altres espais naturals s'espera que s'afegeixin a la xarxa durant el 2019. El projecte SEMICE compta amb una història de 118 estacions, la major part a Catalunya.

2.2. El pla de seguiment de petits mamífers-SEMICE

Els programes de monitorització de la biodiversitat s'han implementat a tot el món com una font d'informació sobre el funcionament dels ecosistemes, així com per avaluar si les polítiques de conservació estan lliurant els seus objectius esperats (AEMA 2010, 2012). Certs sistemes d'indicadors s'han desenvolupat de forma paral·lela a les polítiques (Bubb et al. 2010), i les tècniques de mostreig (robustes i estandarditzades) i bioindicadors del canvi ambiental s'han desenvolupat per a una varietat de grups (ex. aus i papallones, Herrando et al., en premsa), seguint una adequada investigació aplicada (per exemple Voříšek et al. 2010 per a les aus).

No obstant això, encara hi ha discrepàncies entre els indicadors que han de ser implementats i el desenvolupament de protocols de monitorització (AEMA 2012, Díaz et al. 2015, Gao et al. 2015), especialment per als grups més difícils de mostrejar en condicions de camp (Overmars et al. 2014). Aquest sol ser el cas dels mamífers en general i els petits mamífers en particular. Més enllà de l'obligació legal de realitzar un seguiment dels canvis poblacionals (Harris & Yalden 2004), la monitorització dels mamífers permet la quantificació dels impactes associats al canvi ambiental antropogènic (canvi climàtic i dels usos del sòl), informant sobre les prioritats de conservació i gestió (Flowerdew et al. 2004, Wright et al., 2014). A més, cada vegada hi ha més proves de que els canvis en el paisatge i el canvi climàtic estan afectant a la composició de les comunitats de petits mamífers, especialment a la regió mediterrània (Szpunar et al. 2008, Torre et al. 2015).

El seguiment dels canvis en la biodiversitat dels petits mamífers – a banda de les oscil·lacions naturals de les poblacions – es veu obstaculitzada per la manca de protocols "universals" de mostreig (i bioindicadors), que impedeixen l'aplicació de programes de vigilància estandarditzats. Per exemple, la majoria dels programes de monitorització de petits mamífers establerts al Regne Unit han estat molt breus en el temps (<15 anys, Flowerdew et al., 2004) i / o limitats en l'espai (ex. monitorització a llarg termini però amb poques estacions, Newman et al. 2003), sobretot a causa de les limitacions metodològiques i logístiques. A més, tots aquests estudis es van basar en mètodes de captura en viu (Sibbald et al. 2006), utilitzant un determinat model de paranys, malgrat que l'objectiu del seguiment inclogués diverses espècies de petits mamífers (Flowerdew et al. 2004). Els paranys Longworth es recomanen i s'usen en llocs freds i temperats d'Europa (Flowerdew et al., 2004), mentre que els paranys Sherman són els més utilitzats a Amèrica del Nord (Slade et al., 1993), i s'acostumen a utilitzar per programes de monitorització mono específics a llarg termini (Previtali et al., 2009). No obstant això, l'estimació de la composició i estructura de la comunitat de petits mamífers utilitzant mètodes

individuals de captura en viu pot ser poc realista a causa de les diferències específiques en la capturabilitat entre espècies (Anthony et al., 2005, Càceres et al. 2011, Lambert et al., 2005) i, fins i tot, entre els sexes, mides o edats dins de les espècies (Burger et al., 2009). Per tant, diversos autors suggereixen l'ús d'una combinació de mètodes de mostreig per tenir en compte aquestes diferències (Fonturbel 2010), restringir el seguiment a les espècies més freqüents (Solari et al. 2002), o estimar la detectabilitat i corregir pels seus efectes (Mackenzie et al. 2002).

Des de l'any 2008, gràcies al recolzament de la Diputació de Barcelona i altres Institucions (CENMA, Parc de Collserola), es va començar un seguiment de petits mamífers (acrònim SEMICE, Torre et al. 2011) d'àmbit nacional amb una prova pilot que es va realitzar a Catalunya i Andorra, la qual es va desenvolupar fins el 2010 (Torre et al. 2016). La metodologia utilitzada (trampeig en viu) és la més adient per copsar les oscil·lacions poblacionals, i es va decidir establir un protocol de seguiment bianual en parcel·les de 36 paranys. Des d'aleshores ençà, el projecte SEMICE ha gaudit d'un recolzament econòmic per tal de poder impulsar el seguiment en altres regions del territori nacional (2011-2013), en el marc de l'Inventari Nacional per a la Biodiversitat. Durant el 2016, el projecte SEMICE va realitzar un salt qualitatiu gràcies a un ajut concedit per la Fundación Biodiversidad. Això va permetre expandir el nombre d'estacions (sobretot fora de Catalunya), facilitant als col·laboradors el material necessari per realitzar el seguiment de manera indefinida (cessió de paranys). A banda, es va fer un gran esforç per implementar el web del projecte i un formulari d'entrada de dades via web que facilitaria la gestió de la base de dades associada. A partir del 2019, el projecte SEMICE compta amb el recolzament del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, fet que ha permès començar la consolidació de la xarxa de seguiment als parcs gestionats per la Generalitat en incorporar 18 noves estacions en 9 parcs naturals. Pel que fa als espais naturals de la província de Barcelona gestionats per la DiBa, SEMICE es desenvolupa als Parcs del Montseny, Montnegre-Corredor, Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Garraf, Serralada de Marina, Serralada Litoral, i Collserola.

En aquests tretze anys de seguiment, s'han establert 156 estacions distribuïdes per 9 Comunitats autònomes i Andorra, la majoria a Catalunya (72 estacions). Bona part de les estacions es troben als parcs de la província de Barcelona (37), 15 a la província de Lleida, 14 a la província de Girona, i 6 a la de Tarragona. El projecte compta amb un gran nombre de voluntaris (més de 200), i la progressió d'estacions monitoritzades per aquests s'incrementa any rere any.

En aquest context és molt interessant l'aportació del Parc Natural de Collserola, que incorpora tres estacions situades en ambients típicament mediterranis (una d'elles monitoritzada per personal voluntari i sense càrrec econòmic pel Parc). Així doncs, aquestes estacions de seguiment han de permetre contribuir a consolidar un projecte que està ja ben establert a nivell de la XPN de Barcelona (conveni DiBa-MCNG), i que pretén arribar a aconseguir fites com les que han assolit altres seguiments de fauna sòlidament establerts, dels quals Collserola en forma part i n'és pionera en molts àmbits (ex. SOCC, SYLVIA, CBMS, etc.).

3. OBJECTIUS

- Consolidar tres estacions de seguiment de petits mamífers al Parc Natural de la Serra de Collserola
- Incorporar noves estacions de seguiment a la xarxa de seguiment de petits mamífers de Catalunya i de l'Estat Espanyol (SEMICE)
- Entendre com canvien les poblacions en el temps i en l'espai, i esbrinar les seves causes
- Implementar el càlcul de bioindicadors del canvi ambiental utilitzant els petits mamífers

4. MATERIAL I MÈTODES

Els diferents protocols de mostreig proposats a Gran Bretanya coincideixen a apuntar que el trampeig en viu és el mètode de seguiment més adequat per avaluar els canvis estacionals i interanuals en les poblacions de petits mamífers (McDonald et al. 1998, Toms et al. 1999, Sibbald et al. 2006). D'altra banda, aquest mètode de seguiment ha estat utilitzat reiteradament pels investigadors per avaluar els factors que afecten a la dinàmica poblacional dels petits mamífers (predació, clima, denso-dependència, etc.) des de les latituds àrtiques fins a les tropicals (Lima et al. 1999).

En aquest cas s'ha utilitzat el trampeig en viu amb paranys Longworth i Sherman (captura en viu) en disposició alterna, en parcel·les de 36 paranys espaiades uns 15 metres (0.56 ha), seguint un protocol semblant a l'establert a Gran Bretanya (Flowerdew et al. 2004). Els paranys Longworth són d'alumini i consten de dues parts, un túnel i una petita caixa per al niu. Quan entra un petit mamífer pel túnel s'activa un petit ressort que tanca una porta a l'entrada del túnel. El petit mamífer troba dins la caixa-niu tot l'indispensable per poder passar les hores fins el seu alliberament (menjar suficient i material per fer-se un niu). No obstant això, la mida dels petits mamífers que es poden capturar depèn de la mida de l'entrada del túnel (50 x 62 mm), i en general no es capturen exemplars de més de 60 gr (Delany 1981). Per això es va decidir de fer parcel·les mixtes amb paranys Longworth i Sherman, per permetre la captura dels petits mamífers de mida més gran. Els paranys estan en exposició durant tres nits consecutives, i fent-se una revisió a primera hora del matí (Marsh 1999). No es descarta una revisió nocturna en el cas de nits especialment fredes.

1. Foto. Paranys Longworth i Sherman, models proposats per realitzar el seguiment de petits mamífers a Catalunya i Andorra (Fotos: Ignasi Torre)



Els paranys són disposats a cobert (sota algun matoll, roca, fullaraca, etc.), i al seu interior es posa un esquer nutritiu (una barreja de tonyina amb oli i farina; i un tros de poma) i s'inclou material pel niu com cotó sintètic (cotó hidròfug) per incrementar l'aïllament tèrmic. Els animals són pesats, sexats, marcats amb grapes per a les orelles (en el cas dels rosegadors) o se'ls talla una mica de pèl (en el cas dels Sorícids) i són alliberats en el punt de captura. Els ambients seleccionats per establir les parcel·les dependran de la seva representativitat en el conjunt de l'espai natural o de la seva importància ecològica (acolliment de rareses, etc.).

El seguiment és bianual (cada sis mesos), realitzant dues campanyes de trampeig estacionals (primavera i tardor). Aquestes campanyes s'ajusten a la fenologia pròpia de les zones d'estudi, retardant el mostreig de primavera en ambients d'alta muntanya, on la primavera realment es produeix a primers d'estiu, i realitzant-lo a la primavera a les zones mediterrànies. Igualment, el mostreig de tardor no es pot enrederir excessivament en l'alta muntanya pel risc de nevades, quedant establerta la seva realització a la segona quinzena d'octubre.

Enguany, aquestes campanyes han estat realitzades a Collserola a finals de maig i primers de juny, i novembre del 2020. La situació de les parcel·les ha estat marcada sobre el terreny de manera permanent i a la vegada serà georeferenciada amb l'ajut del GPS. L'establiment de parcel·les relativament grans permeten l'aplicació de estimadors poblacionals no esbiaixats (White et al. 1978, CAPTURE) amb els quals podem obtenir valors de densitat (individus/hectàrea) una vegada es calcula l'àrea efectiva de trampeig, que varia per a cada espècie, i dins d'una mateixa espècie en funció de l'estació. No obstant això, els diferents protocols de mostreig acaben utilitzant índexs senzills d'abundància (ex: nombre d'exemplars diferents capturats, Flowerdew et al. 2004), entre d'altres coses per què és difícil arribar als requeriments mínims per aplicar els estimadors amb fiabilitat. Si no s'acompleixen els requeriments per aplicar estimadors, com pot ser el cas en un període de baixa abundància de petits mamífers, s'utilitzaran índexs d'abundància relativa com per exemple el nombre mínim d'individus diferents capturats en cada campanya de tres dies (excloent les recaptures). Alguns autors consideren que aquests índexs proporcionen valors molt semblants als estimadors en el cas de poblacions tancades (Slade i Blair 2000).

L'anàlisi de les tendències interanuals es porta a terme mitjançant la utilització del programa TRIM (TRends & Indexs for Monitoring data – Pannekoek & van Strien 2006). TRIM és un programa que analitza sèries temporals de comptatges amb regressions de Poisson (models log-linials), i s'utilitza de manera estandarditzada a Europa per desenvolupar índexs d'indicadors de papallones i també d'aus (p. ex. Gregory et al. 2005). Els valors absents per a una determinada estació i any són estimats (imputats) a partir dels canvis observats a la resta de les estacions. Per analitzar les tendències de totes les espècies s'ha testat el model 3 (Effects for each time point) mitjançant la transformació prèvia de les dades observades (sumant 1 per evitar els zeros que eviten el càlcul dels models, Torre et al. 2018). Les dades de tendències temporals es calculen anualment per tota la XPN de Barcelona, incloent les dades recollides a Collserola. Per tant, es disposa de les dades de tendències generals per tota la XPN calculades amb TRIM, però solament disposem de les dades imputades pel TRIM per a cada parcel·la. Aquestes dades són transformades cap a enrera, restant 1 als índex obtinguts, normalitzant aquests índex (restant la mitjana i dividint per la desviació estàndar), i referenciant-los a base 1 per poder ser comparables (es resta d'1 el primer valor de la sèrie, i se suma el valor obtingut a cadascú dels valors de la sèrie). Aquesta aproximació també permet una anàlisi de tendències temporals de les dades, però utilitzant una anàlisi de regressió amb el programa Ecosim (Gotelli i Entsminger 2001), que es basa en models nuls a partir d'aleatoritzacions de les dades observades per tal d'identificar la seva distribució estadística.

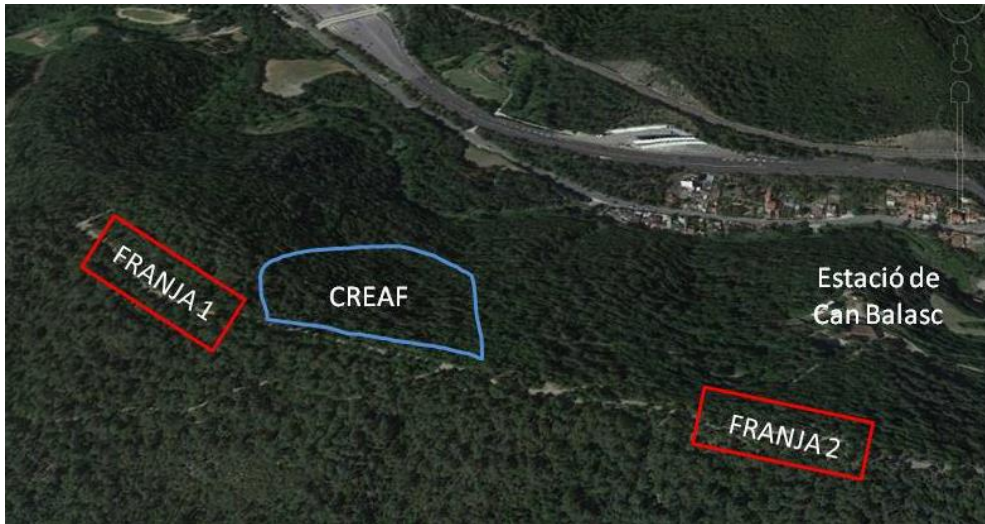
El propòsit del seguiment és poder generar indicadors associats al canvi ambiental (canvi climàtic i d'usos del sòl), combinant espècies amb diferents requeriments ambientals (espècies termòfil·les/mesòfil·les, espècies forestals/d'espais oberts) seguint un procediment semblant a l'utilitzat per Herrando et al. (2015). Els índex calculats mitjançant el programa TRIM han estat combinats obtenint valors mitjans que permeten detectar tendències temporals.

Al llarg del període de seguiment (2008-2018) hem pogut establir l'eficiència dels paranys utilitzats, ja que ambdós models rendeixen valors semblants a nivell comunitari i per a cada espècie tant en el sector Mediterrani com a l'alta muntanya pirinenca (Torre et al. 2016, 2018). Igualment, hem pogut comprovar que les dades aportades pel personal voluntari del projecte són quantitativament semblants a les aportades pels professionals, no mostrant biaixos significatius en aquest aspecte, però sí en d'altres (Torre et al., 2019a). D'altra banda, Sherman i Longworth van mostrar una alta capacitat de detecció de gairebé totes les espècies comunes ($p > 0.3$, MacKenzie et al. 2002). Atès que els canvis en la detectabilitat poden afectar les estimacions d'ocupació, aquelles espècies que mostren altes detectabilitats són millors per a monitoritzar sense biaixos. Enguany, fem un pas més enllà incorporant models d'ocupació que tenen en compte la detecció imperfecta (Mackenzie et al. 2002), que es basen en els historials de captura generats al llarg de les sèries de dades temporals. Amb aquests models es generen dos historials d'ocupació (presències/absències), un a escala de la campanya de trampeig (3 nits), i l'altra a escala de tota la sèrie (campanyes estacionals) per poder estimar paràmetres com la probabilitat real d'ocupació, i les probabilitats de colonització i extinció, per a cada parcel·la.

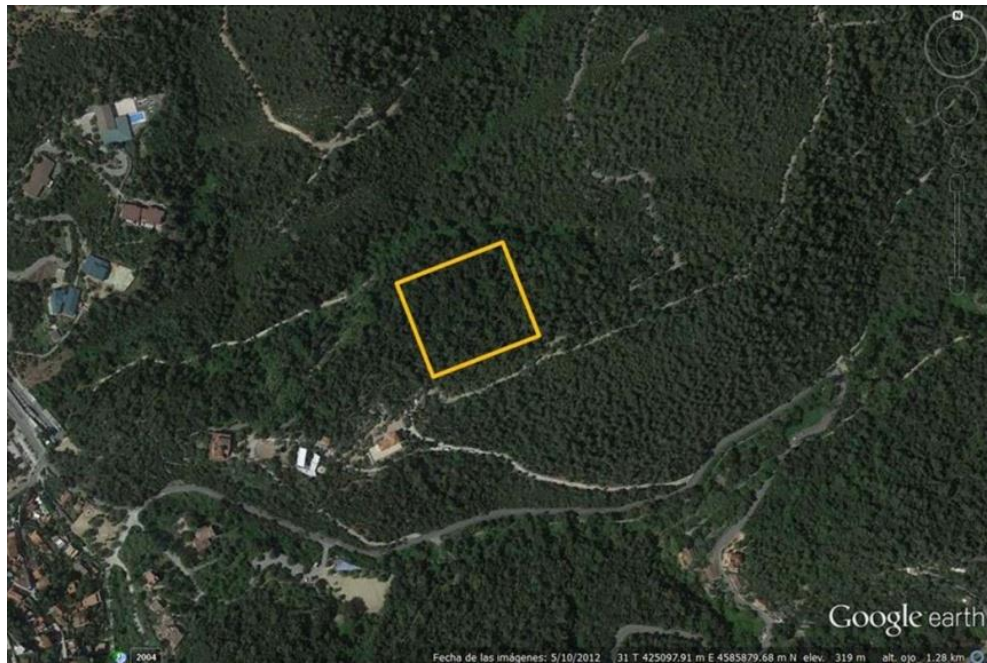
Les dades recollides a les diverses estacions SEMICE distribuïdes arreu de Catalunya (inclòs Collserola) han estat utilitzades pel càlcul del Living Planet Índex de Catalunya, un indicador que combina diversos tàxons per detectar tendències en la biodiversitat planetària. Aquest índex demostra la pèrdua de biodiversitat a Catalunya en el període 2002-2016 (Herrando et al. 2018). Totes les dades recollides a les parcel·les són introduïdes en un aplicatiu web que nodreix la base de dades del projecte SEMICE (www.semice.org).

Parcel·les

Des que es va iniciar el seguiment a Collserola, s'han establert cinc parcel·les diferents a causa de diferents pertorbacions naturals i antròpiques. L'alzinar de Can Balasc es va deixar de mostrejar el 2014 a causa d'un atac per part dels senglars que ens va fer reubicar-la en un altra sector de la franja que, a priori, presentava menys riscos (franja nº 2). Més recentment, es va cercar un emplaçament proper al centre d'informació del Parc per a l'establiment d'una nova parcel·la que reunís les característiques apropiades per a l'estàndar SEMICE i, a la vegada, tingués la proximitat i condicions per a l'accés del públic familiar. La parcel·la està a uns 100m escassos del centre d'informació, en el vessant obac del turó d'en Ferrer. La ubicació exacte dels paranys s'ha enregistrat amb GPS, amb la col·laboració dels tècnics del Servei de Medi Natural del Parc. Es tracta d'un ambient d'alzinar esponerós, del que sobresurt un estrat residual de pins envellits. Malauradament, durant la tardor de 2019 s'ha produït una estassada molt forta que ha afectat significativament l'estructura vegetal de les dues parcel·les situades a la franja. La parcel·la franja nº1 s'havia mantingut sense intervenció durant tot el període d'estudi, fet que havia permès l'aparició d'una coberta molt densa de matollar baix que afavoria als petits mamífers. Donat que la situació de les dues parcel·les de la franja és la mateixa (ambdues han estat estassades), hem decidit reubicar la parcel·la nº 1 dins el tancat del CREA (foto 3), el qual queda -teòricament- al marge de qualsevol intervenció de caire forestal.



2. Foto. Situació de la parcel·la a l'alzinar proper al Centre d'Informació del Parc de Collserola



3. Foto. Situació de les dues parcel·les a la franja de Can Balasc i del tancat del CREAF on s'ha reubicat la parcel·la nº 1 després de la estassada d'aquesta tardor

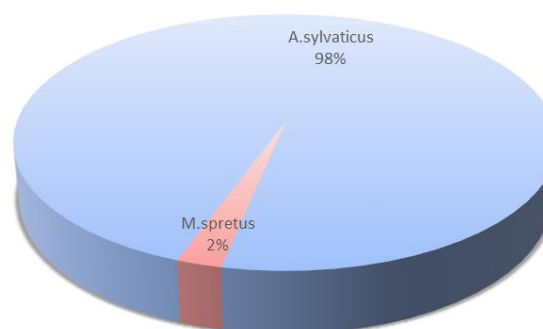
5. RESULTATS

5.1. Nombre de captures

Al llarg de les dues campanyes de seguiment de petits mamífers realitzades al Parc de Collserola, s'ha capturat un total de 43 petits mamífers de dues espècies diferents. Com s'acostuma a observar en anys anteriors, *Apodemus sylvaticus* ha estat l'espècie dominant (98%), amb una sola captura de *M.spretus* a l'alzinar del Centre d'Informació. Enguany, no hem detectat la musaranya vulgar (*Crocidura russula*).

Durant la campanya de mostreig primaveral s'ha capturat gairebé tots els petits mamífers (39 individus, 91%). Durant la segona campanya de trampeig solament s'ha capturat quatre individus, i, com ja és habitual, s'observa una davallada de les captures de ratolí de bosc, que ha estat molt forta durant la tardor fins a pràcticament desaparèixer de les parcel·les de seguiment.

4. Figura. Freqüència de captura de petits mamífers al Parc de Collserola l'any 2020



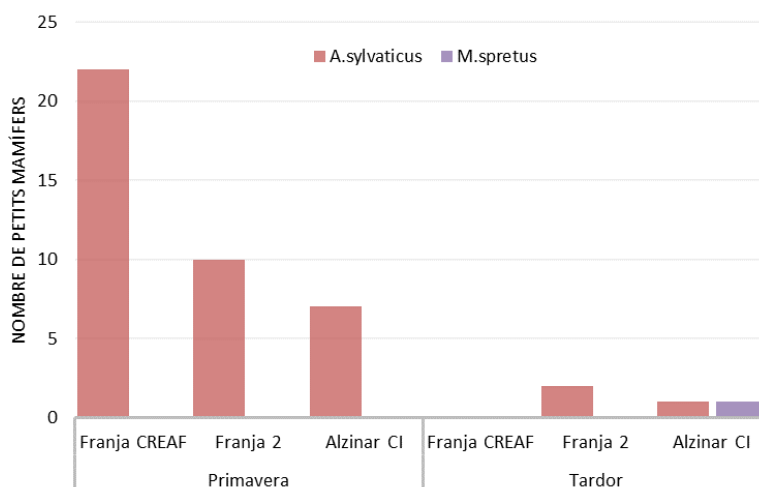
1. Taula. Captures de petits mamífers realitzades durant la primera campanya de mostreig (Primavera 2020) a les tres parcel·les de seguiment

Parcel·la	<i>A.sylvaticus</i>	<i>M.spretus</i>	Total
Franja CREAM	22	0	22
Franja 2	10	0	10
Alzinar C.I.	7	0	7
TOTAL	39	0	39

2. Taula. Captures de petits mamífers realitzades durant la segona campanya de mostreig (Tardor 2020) a les tres parcel·les de seguiment

Parcel·la	<i>A.sylvaticus</i>	<i>M.spretus</i>	Total
Franja CREAM	0	0	0
Franja 2	2	0	2
Alzinar C.I.	1	1	1
TOTAL	3	1	4

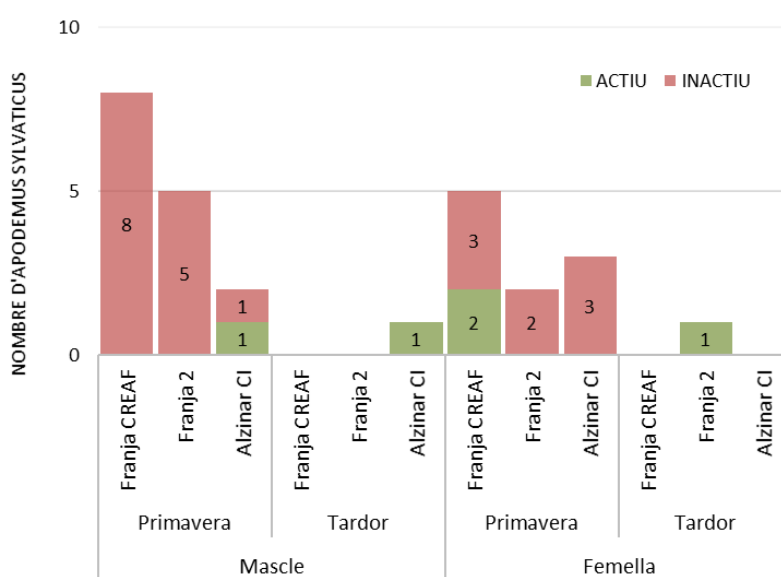
3. Figura. Nombre de petits mamífers capturats a les dues campanyes estacionals de trampeig a les tres parcel·les de seguiment durant l'any 2020



5.2. Reproducció i sex ratio

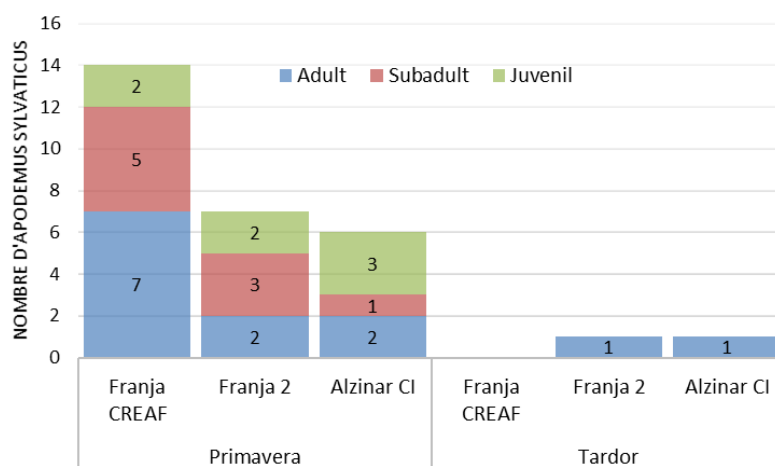
Enguany, hem observat una elevada homogeneïtat entre parcel·les pel que fa a la reproducció i proporció de sexes. En el cas d'*Apodemus sylvaticus* s'observa que una mica més de la meitat de les captures han estat mascles (59%). Durant la primavera, solament l'11% dels individus es troben actius, segurament perquè el període reproductiu ja ha finalitzat. De fet, en aquest període s'observa reclutament a totes tres parcel·les, amb la presència de juvenils (26%). A la tardor tots els individus eren adults, i amb signes externs de reproducció. Així doncs, mentre que a la primavera els individus ja es troben en latència reproductora, a la tardor estan començant amb la reproducció.

4. Figura. Activitat reproductiva d'individus adults segons el sexe en els ratolins de bosc (*Apodemus sylvaticus*) capturats durant les dues campanyes de trampeig del 2020

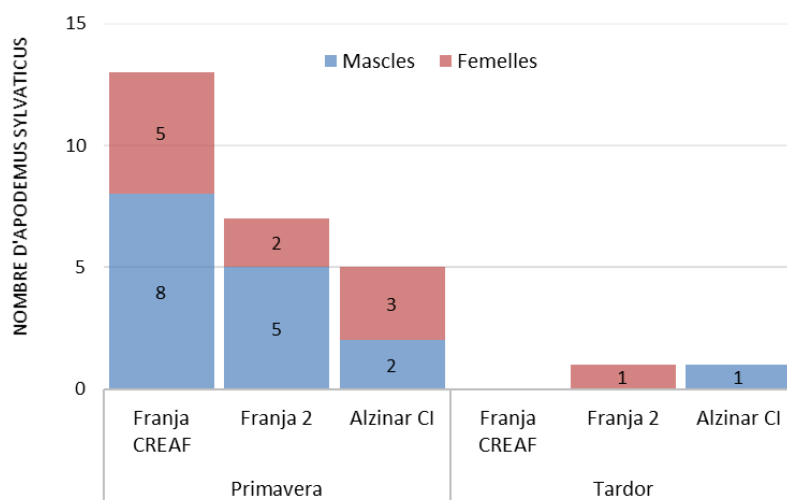


En el cas d'*Apodemus sylvaticus*, la proporció de sexes es troba lleugerament desequilibrada cap a mascles durant la campanya de primavera (60% mascles i 40% femelles). Durant la campanya de tardor s'ha capturat un individu de cada sexe.

5. Figura. Nombre de ratolins de bosc (*Apodemus sylvaticus*) capturats durant les dues campanyes de trampeig en funció de la classe d'edat durant el 2020



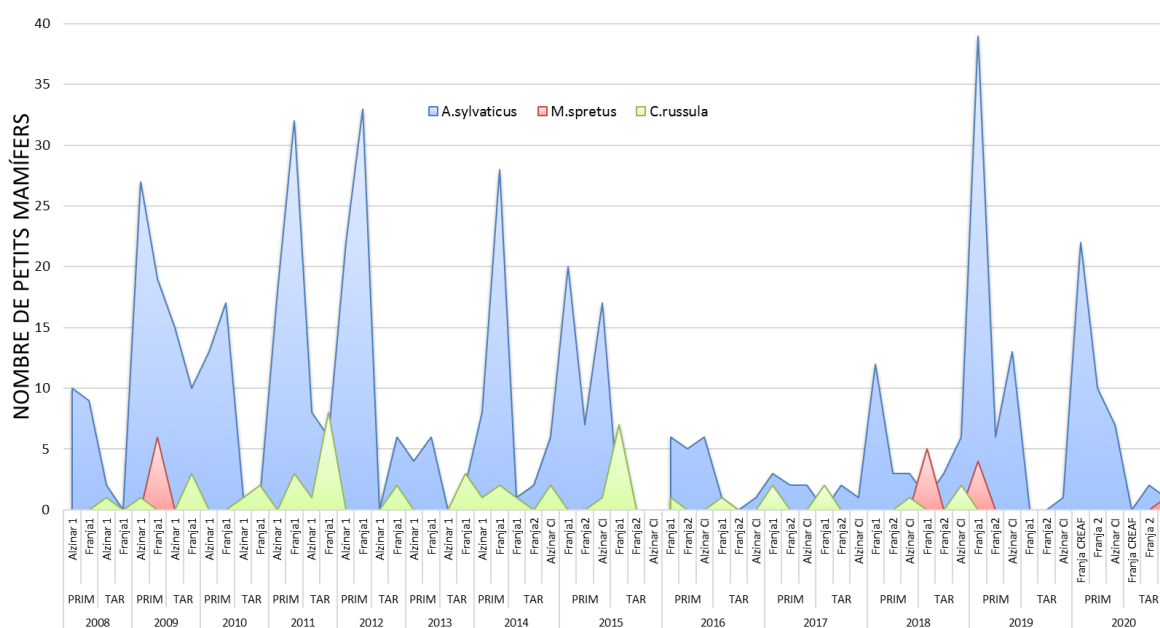
6. Figura. Proporció de sexes en els ratolins de bosc (*Apodemus sylvaticus*) capturats durant les dues campanyes de trampeig l'any 2019



5.3. Tendències estacionals i interanuals en l'abundància

Enguany, les poblacions de petits mamífers encara mostren els signes de recuperació important després de la forta davallada detectada en el període 2008-2017. L'increment poblacional no ha estat tan fort com l'observat la primavera de l'any 2019. Malgrat això, s'ha observat una gran heterogeneïtat en l'abundància en funció de la parcel·la, passant des dels 7 individus al CI de Collserola i els 10 individus a la franja nº 2, fins als 22 capturats a la franja CREAM. Durant la tardor les poblacions de petits mamífers gairebé desapareixen a totes tres parcel·les. Així doncs, el ratolí de bosc ha mostrat uns valors d'abundància molt més alts a la primavera (mitjana = 13 ind./parcel·la) que a la tardor (1 ind./parcel·la). Durant aquests tretze anys de seguiment, s'ha pogut apreciar que existeix una clara estacionalitat en l'abundància del ratolí de bosc, doncs sempre s'ha detectat una abundància superior durant la campanya de primavera que durant la de tardor dins d'un mateix any. Es poden observar diferències entre anys d'elevada abundància (2011, 2012, 2014, 2019) i anys d'abundància moderada o baixa (2008-2010, 2013, 2015-2017, 2020), especialment durant les campanyes de tardor. L'any 2018 es pot considerar d'abundància intermitja, tenint en compte que les poblacions assoliren un baix històric l'any 2017, i la recuperació va ser moderada. Malgrat tot, les poblacions d'*A.sylvaticus* es recuperen força ràpid i oscil·len de forma acusada estacional i interanualment (patró en "dents de serra"), però amb un patró consistent de màxims primaverals i mínims de tardor a les dues parcel·les amb un seguiment més llarg. Les altres dues espècies trampejades es poden considerar rares (*C.russula* i *M.spretus*), segurament per que prefereixen espais oberts recoberts per una densa vegetació herbàcia i arbustiva, essent molt més freqüents en matollars post-incendi d'altres espais naturals com el Garraf, les Serralades de Marina i Litoral, o Sant Llorenç del Munt. Enguany, però, s'ha produït una davallada poblacional general del ratolí de camp després de la important irrupció que es va detectar en diversos parcs de la XPN durant l'any 2018.

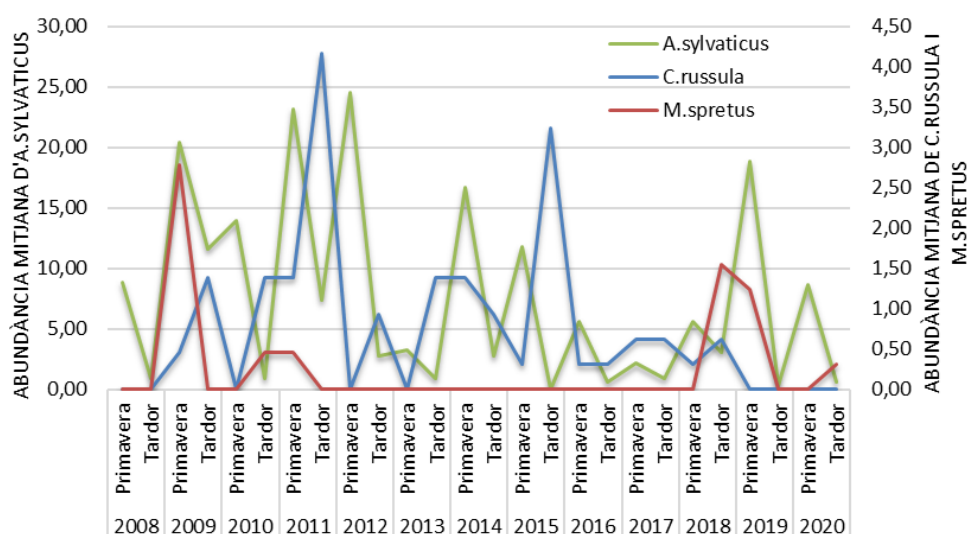
7. Figura. Nombre de petits mamífers capturats a Collserola en el període 2008-2020



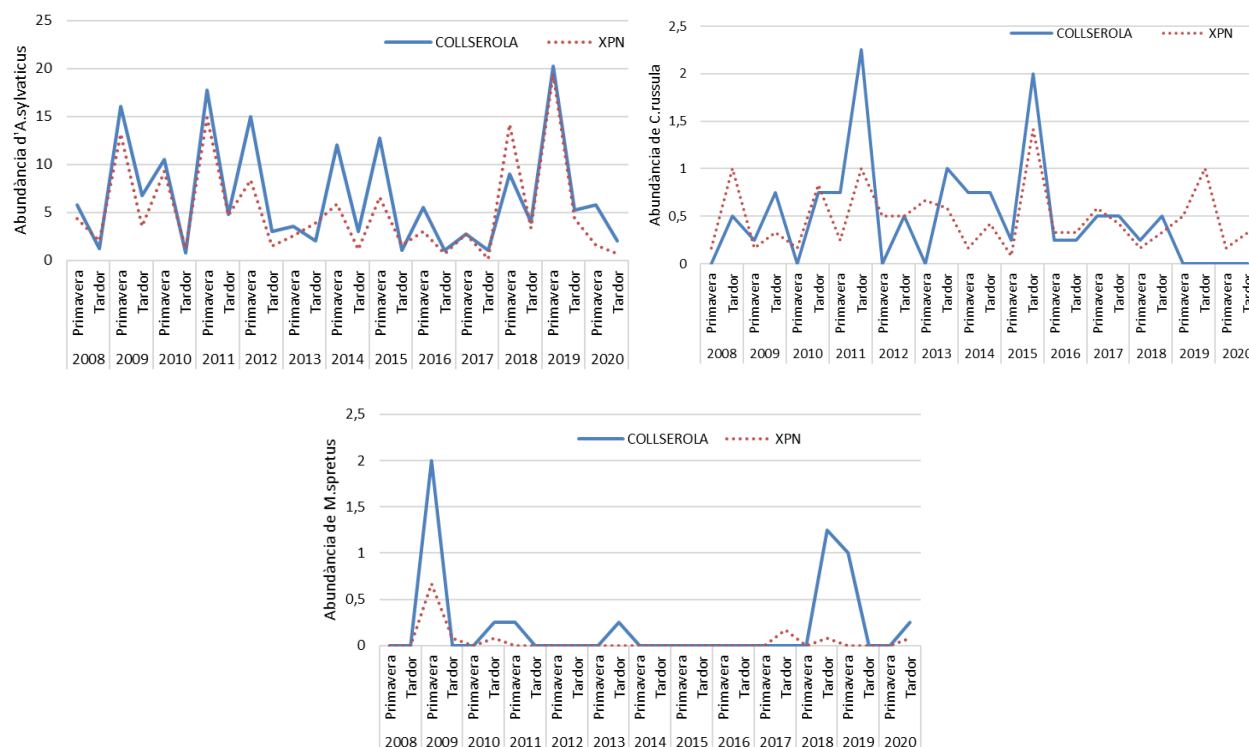
La figura anterior mostra les abundàncies observades per a les tres espècies de petits mamífers en les cinc parcel·les de seguiment SEMICE que fins ara s'han establert a Collserola. Malgrat que no totes les parcel·les han estat actives durant tot el període, s'observa una important recuperació poblacional d'*A.sylvaticus* durant la primavera, amb una -soprenent- caiguda molt forta durant la tardor. Es pot assumir que les poblacions d'aquesta espècie mostren sincronia espacial i oscil·len de manera semblant en entorns mediterranis (Torre et al. 2018), i un període favorable per a l'espècie en una parcel·la també ho és en parcel·les properes. La davallada del ratolí de bosc comporta que la seva tendència estacional a Collserola torni a ser negativa i marginalment significativa ($r = -0,32$, $p = 0,07$, $n = 26$). És notable la aparició de *M.spretus* a l'alzinar del Centre d'Informació (ambient força desfavorable), confirmant una lleugera recuperació poblacional en aparèixer a la franja de Can Balasc durant els dos darrers anys (2018-2019). Això comporta que la tendència negativa observada en els darrers anys quedi neutralitzada ($r = -0,03$, $p = 0,42$, $n = 26$). És interessant l'associació que mostren les poblacions dels dos rosegadors, que semblen oscil·lar amb un patró temporal semblant ($r = 0,37$, $p = 0,05$, $n = 26$). Malgrat que la població de *C.russula* ha retrocedit els darrers tres anys (no ha estat capturada enguany), la tendència a llarg termini no mostra cap patró significatiu ($r = -0,21$, $p = 0,15$, $n = 26$). L'abundància mitjana total torna a mostrar la tendència negativa observada en els darrers anys ($r = -0,33$, $p = 0,04$, $n = 26$), degut a que el gruix de les captures corresponen al ratolí de bosc.

L'anàlisi de les tendències a la XPN amb el software TRIM continua donant un valor negatiu i significatiu per *A.sylvaticus* ($-0,011 \pm 0,0038EE$, $p < 0,01$, $n = 37$ estacions), fet que indica que la forta inèrcia negativa de la sèrie temporal en el període 2008-2017 encara no ha estat neutralitzada, malgrat la clara recuperació poblacional en aquests tres darrers anys (2018-2020). El mateix s'observa per *M.spretus* ($-0,018 \pm 0,0054EE$, $p < 0,01$, $n = 37$ estacions), mentre que les poblacions de *C.russula* mostren estabilitat en el temps ($-0,0035 \pm 0,004EE$, $p > 0,05$, $n = 37$ estacions). Degut a que la majoria d'individus capturats són ratolins de bosc, la tendència total (considerant totes les espècies) és també negativa ($-0,011 \pm 0,002EE$, $p < 0,01$, $n = 37$ estacions), i també ho és per la biomassa ($-0,019 \pm 0,0006EE$, $p < 0,01$, $n = 37$ estacions).

8. Figura. Abundància mitjana estacional (imputed index del TRIM) d'*A.sylvaticus*, *M.spretus*, i *C.russula* a les parcel·les SEMICE de Collserola en el període 2008-2020



9. Figura. Abundància mitjana estacional (imputed index del TRIM) d'*A.sylvaticus*, *M.spretus*, i *C.russula* als alzinars de Collserola en comparació als alzinars d'altres parcs de la XPN en el període 2008-2020



La dinàmica poblacional de les dues espècies de rosegadors és molt semblant als alzinars de Collserola i als alzinars dels altres parcs. L'abundància mitjana és lleugerament superior a Collserola, si bé les diferències no són significatives en el cas d'*A.sylvaticus*. En el cas de *M.spretus* l'abundància mitjana assoleix valors cinc vegades superiors a Collserola. En el cas de *C.russula*, els valors d'abundància mitjana són semblants, però la dinàmica poblacional no és tan similar, sobretot en els dos darrers anys en que l'espècie no ha estat detectada a Collserola.

5.4. Models d'ocupació: estimació dels paràmetres que influeixen la dinàmica poblacional dels petits mamífers comuns a la XPN a diferents escales espacials

La dinàmica poblacional dels petits mamífers comuns s'estudia en base a la recollida de dades d'abundància relativa (ex., en funció de l'esforç realitzat) en estacions SEMICE durant campanyes estacionals realitzades regularment en un llarg període de temps (2008-2020). Aquestes dades ens permeten interpretar les possibles tendències de les poblacions en el temps gràcies a l'anàlisi de sèries temporals amb regressions de Poisson (especialment adequades per comptatges d'individus), i relacionar-les amb canvis temporals del clima i del paisatge. Malgrat que existeix una idea generalitzada de que l'abundància (o densitat) és un bon indicador de la qualitat d'un hàbitat (sembla lògic deduir que en un hàbitat millor hi haurà més individus que en un de dolent), existeixen altres paràmetres que podrien considerar-se encara millors indicadors de qualitat. Així doncs, en el context de la dinàmica de meta-poblacions, hom considera que les sub-poblacions (ex., grup d'individus que viuen en l'entorn d'una parcel·la) es troben sotmeses a uns processos dinàmics de colonització i extinció que són condicionats per l'entorn on viuen i que representen unes condicions d'idoneïtat determinades. Per exemple, l'estructura de l'hàbitat reflecteix una sèrie de factors abiòtics (clima) i biòtics (disponibilitat d'aliment i refugis, presència de depredadors) que condicionen l'establiment i persistència de les poblacions de petits mamífers. Sembla raonable, com a hipòtesi de sortida, que els ambients que comparteixen característiques estructurals semblants presentin poblacions i paràmetres semblants.

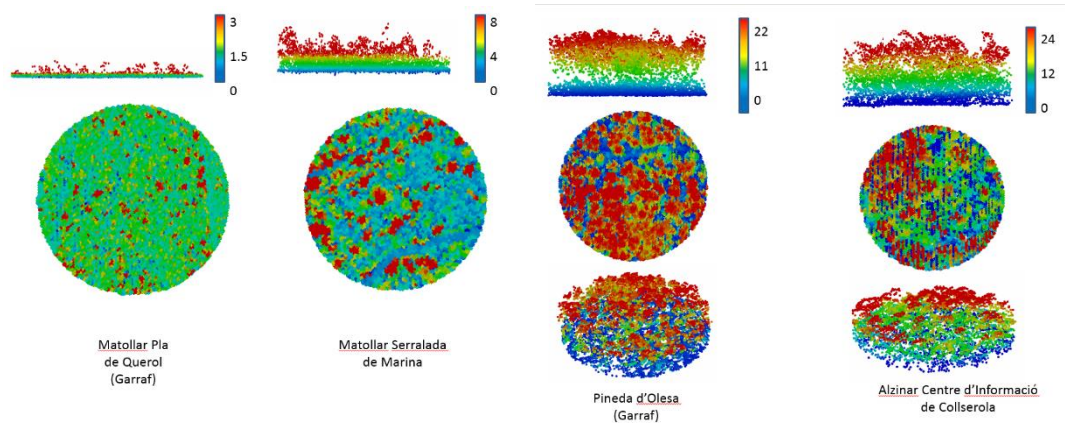
Amb els models d'ocupació es poden estimar aquests paràmetres que segurament són molt més rellevants que la pròpia abundància per determinar la dinàmica poblacional de les espècies. Un aspecte fonamental d'aquests models és que calculen els paràmetres tenint en compte potencials problemes de detectabilitat (probabilitat de detecció) que podrien donar lloc a falsos negatius (no detectar l'espècie quan és present) i generar estimes errònies. En aquest sentit, és molt important disposar de sèries llargues de dades que poden ajudar a estimar amb versemblança la probabilitat de detecció de les diferents espècies. Els models estimen probabilitats (entre 0 i 1) i es basen en la regressió logística, amb la possibilitat d'afegir covariables que ajudin a ajustar els paràmetres següents:

- Probabilitat d'ocupació (ψ), la probabilitat d'ocupació d'un determinat lloc, llocs ocupats en funció de llocs disponibles
- Probabilitat de detecció (p), la probabilitat de detectar l'espècie quan és present
- Probabilitat de colonització (γ), la probabilitat de que un lloc no ocupat en el període "t", sigui ocupat en el període "t+1"
- Probabilitat d'extinció (ϵ), la probabilitat de que un lloc ocupat en el període "t", sigui desocupat en el període "t+1"
- Persistència, la probabilitat que un lloc sigui ocupat en períodes successius ($1 - \epsilon$)

Els models d'ocupació requereixen d'una història d'ocupacions en forma de 0s (no ocupació/no detecció) i 1s (ocupació) per cada parcel·la en els períodes primaris (tants períodes com campanyes de trampeig) i secundaris (els tres dies consecutius que dura cada campanya). D'aquesta manera es pot calcular la ocupació real una vegada corregit l'efecte que pot tenir la detectabilitat imperfecta ($p < 1$). S'ha utilitzat el software PRESENCE (MacKenzie, 2012) per fer aquests càlculs.

En primer lloc, s'ha obtingut les dades de l'estructura de la vegetació de totes les estacions SEMICE. Les dades s'han obtingut amb la tecnologia LiDaR (Light Detection and Ranging, Jaime-González et al. 2017). Al tractar-se d'una avaluació de l'estructura tridimensional de tots els elements del paisatge de cada parcel·la, s'incorporen tots els estrats que afecten directament als petits mamífers i els que afecten als seus depredadors.

10. Figura. Representació tridimensional dels diferents estrats de vegetació en algunes parcel·les SEMICE de la XPN del sud de Barcelona



S'han seleccionat solament les 19 estacions situades en sectors d'influència mediterrània per tal d'evitar els possibles efectes dels gradients climàtics en els paràmetres calculats. D'aquesta manera, es tindrà un elevat grau de certesa en que els patrons observats són deguts principalment a l'estructura de la vegetació. Els models d'ocupació han estat aplicats a les tres espècies més comunes (ratolí de bosc, musaranya vulgar, i ratolí de camp), i que representen més del 95% de les captures en aquestes parcel·les en el període 2008-2020.

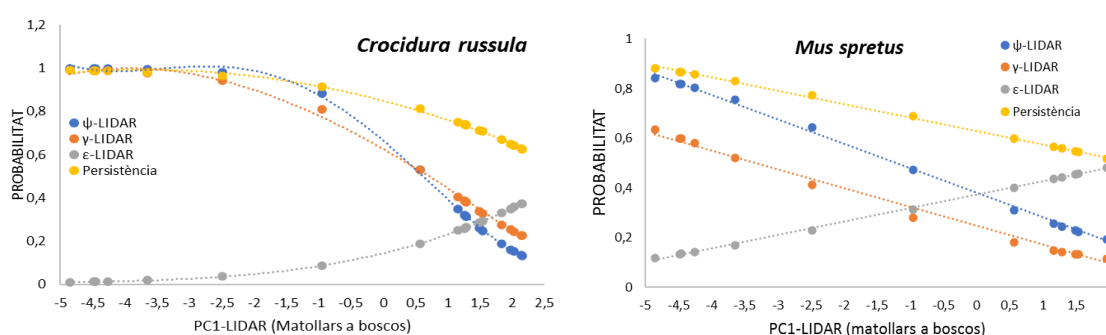
En primer lloc, s'ha realitzat una Anàlisi de Components Principals (ACP) per tal de copsar la covariància de les variables LiDaR de les parcel·les i sintetitzar-la en uns pocs gradients d'estructura del paisatge. En la taula 1 queden recollides les variables LiDaR que indiquen vegetació arbustiva i herbàcia a baixa alçada (<1,5m), vegetació arbustiva baixa (1,5-2,5m), i vegetació arbustiva alta i arbòria (>2,5m). La CP1- LiDaR és un gradient que va de parcel·les amb molt recobriment de vegetació baixa (< 1m, matollars), a parcel·les amb molt recobriment de vegetació alta (>2,5m, boscos). Aquesta CP1-LIDAR ha estat inclosa com a covariable en els models d'ocupació estacional de cadascuna de les tres espècies de petits mamífers comuns.

Els models d'ocupació amb la CP1- LiDaR com a covariable indiquen la influència de l'estructura de la vegetació en els diferents paràmetres calculats, sobretot en el cas de *Mus spretus* i *Crocidura russula*. Aquestes dues espècies veuen afectades les seves taxes d'ocupació, colonització, extinció, i persistència, al llarg del gradient de vegetació representat per la CP1- LiDaR. En el cas d'*A.sylvaticus* els gradients d'estructura del paisatge provoquen canvis molt subtils en els paràmetres poblacionals, tot i que en el mateix sentit que les altres dues espècies. S'observa una correlació significativa entre l'abundància mitjana per parcel·la i els paràmetres calculats per les tres espècies, indicant que la ocupació és un bon substitut de l'abundància en els models de dinàmica poblacional.

3. Taula. Valors mitjans de la cobertura dels tres estrats principals de vegetació a les 19 parcel·les SEMICE de la XPN del sud de Barcelona

Numero	Estació	Altitud	0,15 a 1,50m	1,50 a 2,50m	Per sobre 2,50m
1	Pineda pi blanc - Garraf	286	28,49	10,16	61,35
2	Garriga Pla de Querol - Garraf	484	97,07	2,93	0,00
3	Alzinar Can Balasc - Collserola	271	9,85	5,54	84,61
4	Franja prevenció n°1 - Collserola	276	8,70	6,81	84,49
5	Alzinar - Serralada Marina	247	8,32	5,39	86,29
6	Màquia - Serralada Marina	325	59,81	17,62	22,58
9	Alzinar Sot del Fangar	516	5,98	1,80	92,22
10	Riera de Vallgorguina - Montnegre	193	5,35	0,98	93,67
11	Roureda del Turó Gros - Montnegre	736	8,67	0,72	90,61
25	Garriga Cal Ganxo - Garraf	92	86,66	7,39	5,95
26	Garriga Montgrós - Garraf	318	93,08	5,07	1,84
36	Pineda Mas de l'Artís	195	28,27	2,59	69,14
67	Collserola - Centre d'Informació	306	6,82	5,69	87,49
68	Alzinar n°2 - Sant Llorenç del Munt	540	6,85	2,21	90,93
69	Màquia La Muntada - Sant Llorenç del Munt	533	68,95	16,12	14,93
70	Franja prevenció n°2 - Collserola	299	11,79	3,97	84,24
73	Turó de Miralles	257	9,85	5,37	84,78
107	Màquia Serralada Litoral	391	94,75	3,32	1,93
108	Alzinar Serralada Litoral	387	3,90	0,95	95,15

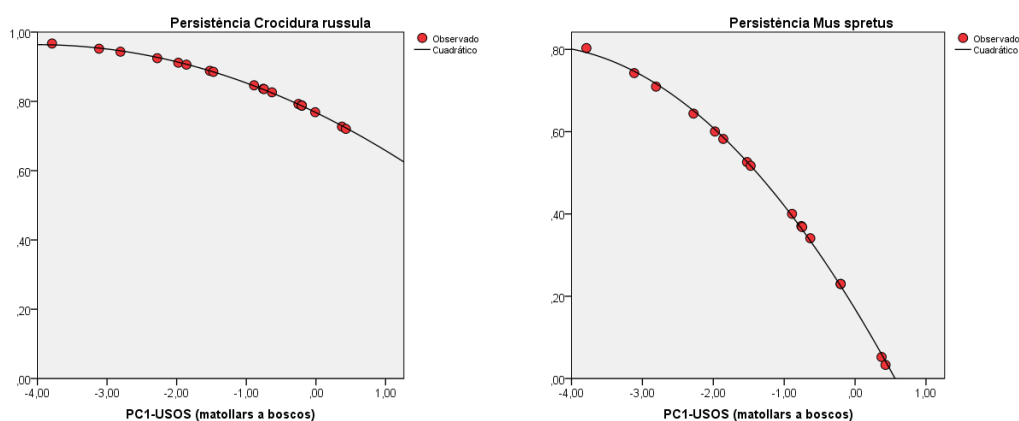
11. Figura. Paràmetres poblacionals (ocupació, colonització, extinció, i persistència) de *C.russula* i *M.spretus* en funció de l'estructura de la vegetació (LiDaR) a 19 estacions SEMICE de la XPN del sud de Barcelona



Els efectes de l'estructura de la vegetació a escala de parcel·la són molt evidents..., però, aquests efectes es poden observar a escales espacials més grans? És versemblant que tots els processos demogràfics que afecten la dinàmica de poblacions dels petits mamífers comuns a escala de parcel·la, també s'observin a escales més grans. Com a escala de paisatge no disposem de dades LiDaR, s'ha treballat amb els usos del sòl a una escala de 500 m. S'ha fet la mateixa aproximació, una ACP de totes les variables d'usos del sòl en un radi de 500m als voltants de les estacions SEMICE i s'han recalculat els paràmetres a partir de models d'ocupació amb una covariable (CP1-500). Els gradients de paisatge generats per les CPs tenen el mateix significat a les dues escales (parcel·la i 500m) i mostren una correlació elevada ($r = 0,78$, $p < 0,01$, $n = 19$). Igualment, els paràmetres calculats mostren una correlació

positiva a les dues escales espacials de mesura (ex., ψ : $r = 0,85; 0,77; 0,83$; respectivament per *C.russula*, *M.spretus*, i *A.sylvaticus*). Per tant, les probabilitats d'ocupació, colonització, i persistència es veuen incrementades en entorns oberts (matollars), mentre que el contrari s'observa amb la probabilitat d'extinció. Tenint en compte la consistència dels models poblacionals a escala petita i gran, s'ha intentat realitzar una extrapolació (predicció) dels paràmetres poblacionals a escala de la XPN. Per això, s'ha comptat amb una base de dades dels usos del sòl en els espais naturals de la XPN, a escala d'1 km². S'ha fet el mateix procediment, amb una primera ACP per sintetitzar la variabilitat dels usos del sòl. La CP1 extreta també representa un gradient de zones cobertes per matollars a zones cobertes per boscos, per tant, els gradients de paisatge a les diferents escales són semblants.

12. Figura. Persistència poblacional de *C.russula* i *M.spretus* en funció de l'estructura de la vegetació (usos del sòl 1km²) a 19 estacions SEMICE de la XPN del sud de Barcelona

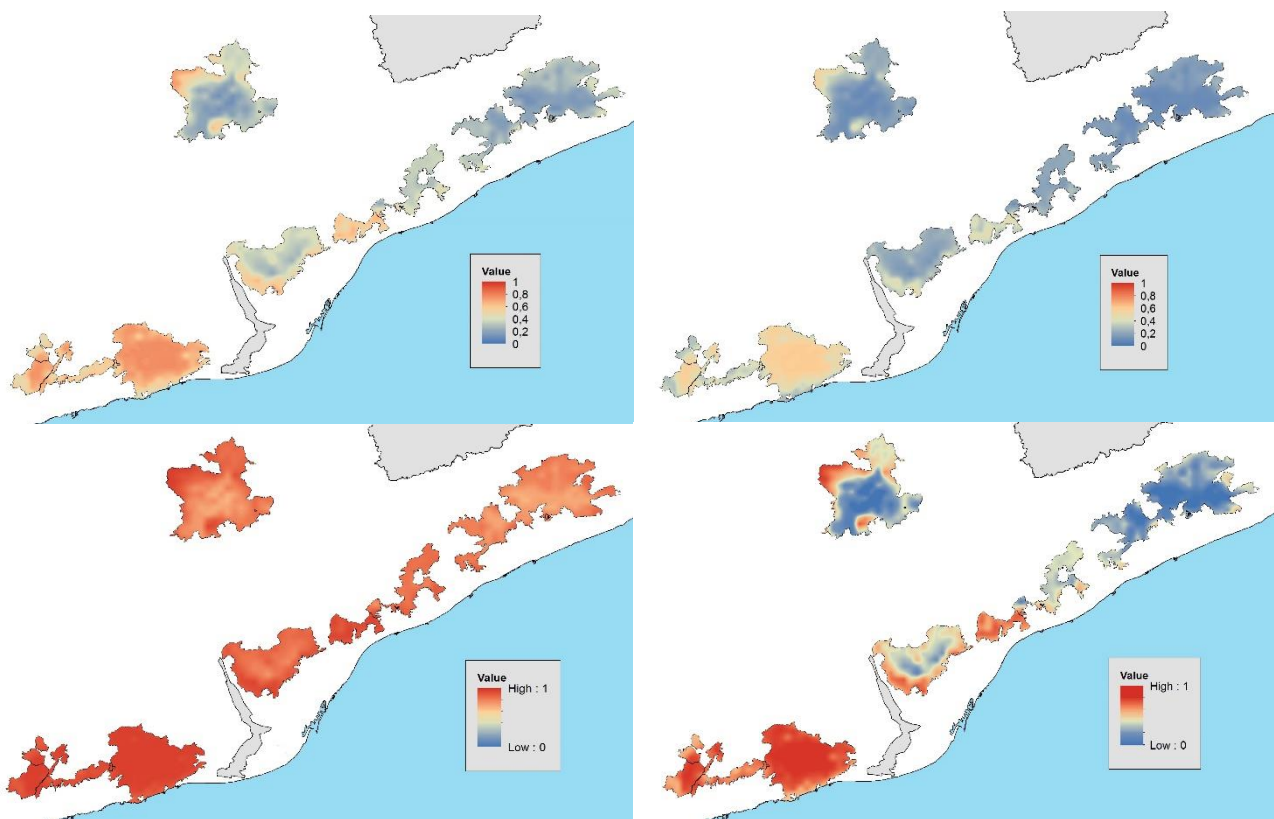


Es pot suposar que una parcel·la situada en un matollar es trobi envoltada d'ambients estructuralment semblants a escales espacials més grans, ja que la composició del paisatge mostra una elevada autocorrelació espacial (Baśnou et al., 2013), tot i què no sempre ha de ser així (ex. clapes de bosc envoltades de conreus, matollars, etc.). Els valors de la CP1 obtinguts per les UTM amb estacions SEMICE s'han utilitzat per realitzar els models d'ocupació amb una covariable. Els resultats també apunten uns clars efectes de la composició dels usos del sòl en les UTM on es troben les estacions SEMICE, sobre els paràmetres calculats. A banda, han permès realitzar extrapolacions dels paràmetres a d'altres zones on no hi ha estacions SEMICE, degut al bon ajust dels paràmetres amb els usos del sòl. Així doncs, els valors s'ajusten amb una funció quadràtica amb els usos del sòl en totes tres espècies, i la mostra d'estacions SEMICE es troba regularment distribuïda al llarg de tot el gradient de paisatge representat per la CP1 a escala de la XPN.

5.5. Extrapolació dels paràmetres poblacionals a la Xarxa de parcs naturals

Els models d'ocupació calculats amb PRESENCE han estat traslladats a escala de la XPN amb l'ajut d'un sistema d'informació geogràfica (SIG), observant un patró molt coincident entre les dues espècies més associades a espais oberts pel que fa a la probabilitat d'ocupació. No obstant, hi ha diferències rellevants, ja que la persistència de *C.russula* és molt superior a la de *M.spretus*, fet que indica que la presència de boscos, tot i que desfavorable per ambdues espècies, no ho és tant com per la segona espècie. Així doncs, en el sector central del Montnegre les poblacions de *M.spretus* són molt poc persistents ($<0,1$), mentre que les de *C.russula* superen el 0,6. Aquests valors indicarien la probabilitat d'ocupació en períodes successius tenint en compte l'historial d'ocupacions previ analitzat (2008-2020). D'altra banda, la probabilitat d'extinció en sectors del Montnegre és molt alta en *M.spretus* ($>0,9$), mentre que no ho és tant en *C.russula* ($<0,5$). En l'altra extrem, hi ha espais naturals amb persistències molt elevades per ambdues espècies, com és el sector de Garraf-Olèrdola-Foix, amb una gran superfície de matollars i pinedes esclarissades amb vegetació arbustiva a baixa alçada. *A.sylvaticus* mostra unes probabilitats d'ocupació i persistència molt elevades a tots els parcs, amb diferències molt subtils entre parcs malgrat les evidents diferències en la composició dels usos del sòl.

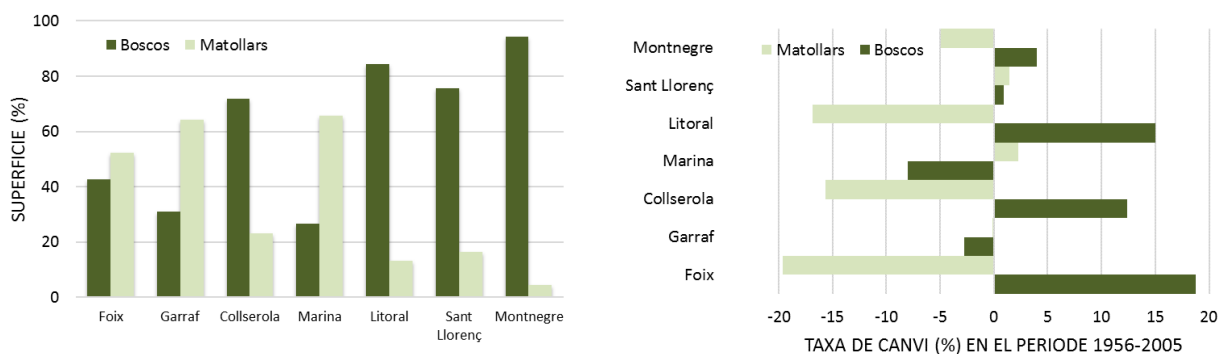
13. Figura. Probabilitat d'ocupació (dalt) i persistència (baix) de *C.russula* (esquerra) i *M.spretus* (dreta) als parcs de la XPN del sud de Barcelona



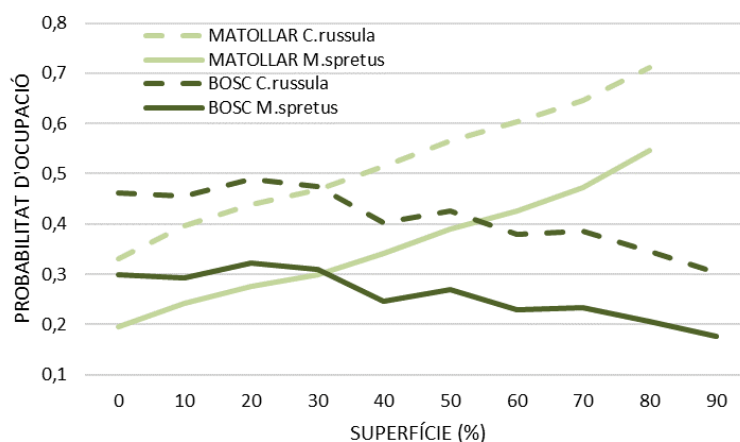
La composició del paisatge i la taxa de canvi dels usos del sòl en les darreres dècades (Pino et al. 2013) indiquen la idoneïtat dels diferents espais naturals per als petits mamífers comuns i permeten preveure l'evolució de les poblacions d'aquests en el temps. La relació molt estreta entre l'estructura de l'hàbitat (a diferents escales espacials) i certs trets de la demografia de les espècies, posa de manifest que el

procés natural d'aforestació que s'observa majorment en els EN del sector nord està afectant negativament les poblacions de petits mamífers comuns. Al contrari, el procés de desforestació a causa d'incendis antics i l'abandonament de conreus que esdevenen matollars que s'observa en EN del sector sud, afecta positivament les poblacions de petits mamífers comuns. A banda del canvi d'usos del sòl, la composició actual del paisatge també és un bon indicador de la probabilitat d'ocupació i persistència de les poblacions en els diferents EN, amb ocupacions i persistències més altes en el Garraf, Marina i Foix, i molt més baixes en el Montnegre, Litoral, i Sant Llorenç. Collserola mostra una situació intermèdia entre les condicions altament favorables dels parcs de Garraf-Olèrdola-Foix (molta superfície de matollars i pinedes amb molt sotabosc), i les condicions molt desfavorables del Montnegre i sectors de Sant Llorenç del Munt (poca superfície de matollar i boscos densos sense sotabosc). A Collserola, la tendència de canvi en els usos del sòl porta a la pèrdua d'espais oberts per aforestació, amb unes conseqüències potencialment desfavorables per a les poblacions de petits mamífers comuns, i per a la biodiversitat en general (Pino et al. 2013).

14. Figura. Usos del sòl principals (boscos i matollars) i taxa de canvi en set EN de la XPN del sud de Barcelona (Pino et al. 2012)



15. Figura. Probabilitat d'ocupació de *C.russula* i *M.spretus* a Collserola en funció de la superfície de matollar i bosc



Com a espècies d'espais oberts, tant *C.russula* com *M.spretus* (sobretot) augmenten molt més la seva probabilitat d'ocupació al llarg d'un gradient de coberta de matollar, i disminueixen menys (en proporció) al llarg d'un gradient de coberta forestal a Collserola, i a tota la XPN.

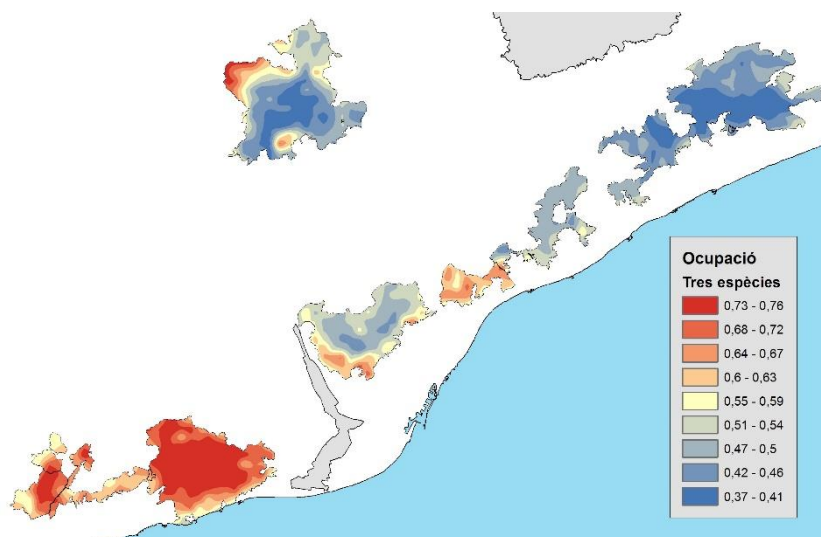
La gran quantitat de serveis ecosistèmics que proporcionen les tres espècies de petits mamífers comuns es veuran afectades pel canvi ambiental, amb fenòmens sinèrgics -difícils de quantificar- per les possibles interaccions entre el canvi d'usos i el canvi climàtic, que poden multiplicar els efectes negatius sobre les seves poblacions. Així doncs, els models climàtics preveuen expansions del rang de distribució potencial de *M.spretus* en els propers 50 anys a la península ibèrica (Araújo et al. 2011), malgrat l'anàlisi de les tendències poblacionals i els models d'ocupació semblen indicar el contrari a la XPN (Torre et al. 2018a). A la XPN, els efectes del canvi ambiental sobre les poblacions de *M.spretus* es preveuen molt importants, ja que aquesta espècie es veurà negativament afectada pels canvis en el paisatge (aforestació), però també pel canvi climàtic. Així doncs, durant els anys 2015-2017 les poblacions assoliren mínims històrics coincidint amb períodes especialment secs i càlids. Efectes sinèrgics entre clima i vegetació podrien estar al darrera de les baixes persistències i ocupacions en comparació amb espècies de requeriments semblants com *C.russula*. En aquesta darrera espècie, els models climàtics preveuen contraccions moderades del rang de distribució potencial (Araújo et al. 2011), malgrat no trobar-se afectada pels efectes del canvi climàtic a curt termini a la XPN (Torre et al., 2020). No obstant, *C.russula* es veu afectada pel canvi d'usos, ja que certs paràmetres com l'abundància i el reclutament són més alts en matollars que en boscos; els primers hàbitats són considerats com a fonts i els segons com a embornals, en el context de la dinàmica de meta-poblacions. *A.sylvaticus*, un autèntic "tot-terreny" entre els petits mamífers, no es veurà -probablement- tan afectada pel canvi d'usos del sòl com pel canvi climàtic, amb poblacions clarament minvades en períodes secs, amb un patró d'abundància estacional/interanual molt semblant a *M.spretus* a la XPN (sincronia temporal: $r = 0,55$, $p < 0,01$, $n = 26$). La forta contracció del rang de distribució potencial d'*A.sylvaticus* predita en base a models climàtics (Araújo et al. 2011), probablement es veurà compensada a la XPN amb l'alta capacitat d'adaptació de l'espècie a hàbitats amb estructures molt diverses. Així doncs, en el marc del canvi climàtic, el procés d'aforestació podria afavorir les poblacions d'*A.sylvaticus*, ja que farà desaparèixer espècies competidores més ben adaptades als espais oberts (*M.spretus* i *C.russula*), a la vegada que farà retrocedir espècies forestals adaptades a climes freds (*A.flavicollis* i *M.glareolus*), tot i què aquestes darreres també es poden veure beneficiades per l'aforestació (Torre et al., 2015).

D'altra banda, el paper de depredador i presa que juguen els petits mamífers no sembla gens menyspreable en el context de la XPN. Un estudi recent indicaria el paper potencial dels petits mamífers comuns com a controladors de plagues forestals (Stefanescu et al., 2020). Així doncs, una defoliació massiva causada per *Lymantria dispar* al boscos del Montnegre podria trobar-se darrera d'una irrupció de la plaga en no trobar-se mecanismes naturals de control per manca de depredadors en el període previ a la irrupció, ja que els petits mamífers depreden sobre l'espècie principalment en la fase de crisàlide.

El paper com a presa de molts depredadors ha estat molt més ben documentat en el context de la XPN. Els diferents estudis de la dieta de carnívors i rapinyaires (tant generalistes com especialistes) recolzen la gran importància dels petits mamífers comuns, ja que representen la base de la dieta de genetes (95%) i òlibes (75%) (Torre et al., 2018a), i influeixen en la demografia d'aligots i mosteles (Torre et al., 2018b), i probablement en la resta de mesocarnívors. Així doncs, l'abundància de mesocarnívors és més elevada en els parcs del Garraf i Foix que a Sant Llorenç del Munt (Torre i Vilella 2019), un fet que podria atribuir-se a la baixa abundància potencial de les seves preses principals (petits mamífers).

En aquest context, un mapa de probabilitat d'ocupació (o persistència) mitjana conjunta podria ajudar a determinar quina és la distribució espacial dels serveis ecosistèmics que ofereixen els petits mamífers a la XPN. Per garantir la persistència de les poblacions de petits mamífers comuns s'haurà de lluitar activament contra el procés natural d'aforestació que provoca una pèrdua d'idoneïtat dels hàbitats pels petits mamífers comuns i per moltes altres espècies amb interès de conservació (Regos et al., 2016).

16. *Figura. Probabilitat d'ocupació mitjana de les tres espècies de petits mamífers comuns a la XPN del sud de Barcelona*



5.6. Incidències per senglar en el mostreig

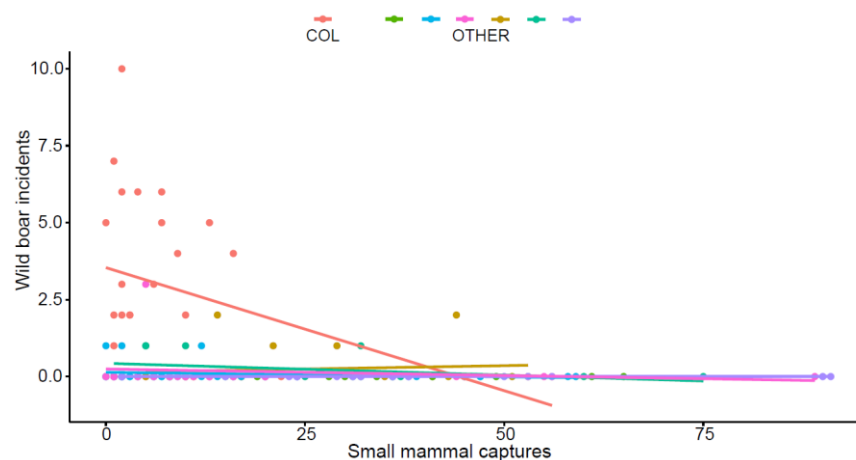
Des de l'any 2016, gràcies a la implementació del web del projecte SEMICE (www.semice.org), disposem d'un formulari d'entrada de dades exhaustiu en el qual queden enregistrades no solament les captures, si no també totes les incidències que s'observen en el decurs del mostreig. Podem definir "incidència" com tots aquells problemes que han afectat a l'operativitat (o bon funcionament) dels paranys. Per tal de trobar una solució al problema de la pèrdua de paranys per atac de senglar, es va decidir crear una estructura d'acer galvanitzat per protegir-los. A partir del 2020 s'han deixat permanentment al camp les proteccions en les estacions de la franja i del Centre d'Informació. A banda, degut a l'estassada de la vegetació, s'ha decidit substituir una de les estacions situada a la franja pel tancat del CREAF que ofereix seguretat enfront dels atacs de senglar. El nombre mitjà d'incidències amb els paranys enregistrades per parcel·la a Collserola és superior que a la resta dels espais naturals de la XPN, especialment durant la tardor. De fet, les incidències són tan elevades que provoquen una disminució del nombre de captures en inhabilitar més paranys que a la resta de parcs.

17. Foto. Protecció d'acer galvanitzat que es fixa amb quatre claus de manera permanent, amb un parany Sherman a dins



Malauradament, hem continuat tenint problemes d'atacs de senglar malgrat les proteccions, i en alguns casos els senglars han estat capaces de treure el parany de la protecció per que queda molt a ras, o simplement per que la han pogut aixecar (en alguns casos no es poden clavar bé els claus pel tipus de terreny, molt tou o molt dur). En la zona de la franja els atacs han estat menors (o menys cruentos) que a la parcel·la del Centre d'Informació. Seria necessari fer modificacions en el disseny (allargar la protecció) i una millor solució de fixació, per poder rebaixar a zero els atacs per part dels senglars.

18. Figura. Nombre mitjà d'incidències per senglar en funció del nombre de captures de petits mamífers a Collserola en comparació a la resta de parcs de la XPN



6. DISCUSSIÓ

Durant aquest 2020 es completa el tretzè any de seguiment de petits mamífers comuns (SEMICE) a la Xarxa de Parcs Naturals de Barcelona (XPN-DiBa) i al Parc Natural de la Serra de Collserola. Durant aquest any hem pogut comprovar la recuperació de les poblacions de les dues espècies de rosegadors (*A.sylvaticus* i *M.spretus*), després d'un llarg període amb tendències negatives (2008-2017). Als bocos de Collserola, malgrat l'heterogeneïtat observada a cada parcel·la, els patrons de recuperació poblacional coincideixen plenament amb els observats a tota la XPN. Les poblacions dels dos rosegadors oscil·len de forma similar (relativament sincrònica), fet que permet establir que ambdues responen als mateixos factors extrínsecs. Durant aquests darrers anys, el clima ha estat més humit (més precipitació) i més càlid (tardor-hivern més càlida) que la mitjana, fet que ha contribuït favorablement a la recuperació de les poblacions dels rosegadors, després d'uns anys excepcionalment secs (2015-2017, Torre et al. 2020). Per contra, les poblacions de *C.russula* continuen molt baixes (no ha estat capturada a Collserola en el període 2019-2020) si es comparen amb les d'altres estacions forestals de la XPN. Com es tracta d'una espècie clarament associada a entorns oberts (matollars), el procés natural d'aforestació que experimenten els espais naturals de l'entorn de Barcelona no la beneficia (Torre et al. 2020).

Els alzinars de la zona de Can Balasc presenten una estructura forestal poc favorable per als petits mamífers. Amb una alta densitat de peus arboris o d'arbusts de port arbori, i un sotabosc molt pobre (recobriments arbustiu o herbaci a baixa alçada gairebé inexistent). Això comporta que aquests tipus de boscs siguin hàbitats amb una capacitat de càrrega baixa, amb una disponibilitat baixa de refugi i d'aliment a l'abast dels petits mamífers, i amb una elevada pressió de depredació i un elevat risc de depredació (Torre i Díaz 2004, Torre et al. 2020). Les accions de maneig realitzades en boscos mediterranis poden contribuir a augmentar la coberta arbustiva a baixa alçada que beneficia als petits mamífers (Carrilho et al. 2017). Per tant, la creació i manteniment de la franja pot representar un benefici sobre les poblacions de petits mamífers degut a que representa una discontinuïtat en l'estructura uniforme del bosc, incrementant-se la heterogeneïtat en la composició i estructura de la vegetació (Torre i Arrizabalaga 2001).

D'altra banda, la necessitat de potenciar els espais oberts sembla clau per poder mantenir les poblacions de petits mamífers, i en general, per altres elements de la biodiversitat (Pino et al. 2013, Regos et al. 2016). Els mapes de distribució de petits mamífers de la XPN obtinguts en base als models d'ocupació palesen que Collserola es troba en una situació intermèdia quant a favorabilitat de l'hàbitat per als petits mamífers. La presència d'espais oberts en la zona perifèrica és important per poder mantenir les poblacions de petits mamífers, doncs aquests ambients representen "fonts" en la dinàmica de meta-poblacions en que els boscos serien "embornals", ja que les poblacions en aquests darrers poden augmentar en rebre individus immigrants dispersants des d'ambients més favorables. La gran quantitat de serveis ecosistèmics que proporcionen les tres espècies de petits mamífers comuns es veuran afectades pel canvi ambiental, amb fenòmens sinèrgics -difícils de quantificar- per les possibles interaccions entre el canvi d'usos i el canvi climàtic, que poden multiplicar els efectes negatius sobre les seves poblacions. En aquest context, un mapa de probabilitat d'ocupació (o persistència) mitjana conjunta podria ajudar a determinar quina és la distribució espacial dels serveis ecosistèmics que ofereixen els petits mamífers a la XPN. Per garantir la persistència de les poblacions de petits mamífers comuns s'haurà de lluitar activament contra el procés natural d'aforestació que provoca una pèrdua d'idoneïtat dels hàbitats pels petits mamífers comuns i per moltes altres espècies amb interès de conservació (Pino et al. 2013, Regos et al., 2016).

Les poblacions de senglar semblen augmentar any rere any arreu del continent europeu, i especialment a Espanya (Peris 2019). L'increment de la densitat de senglar pot comportar unes afectacions directes sobre les poblacions dels petits mamífers (Amori et al. 2016, Sunyer 2015), a la vegada que comporta unes afectacions indirectes en interferir en la metodologia de seguiment implementada per avaluar les tendències poblacionals d'aquells. Així doncs, durant els darrers anys hem pogut copsar l'increment dels atacs als paranys per part dels senglars, els quals deixen inoperatius els dispositius de captura en disparar-los (en el millor dels casos) o mossegar-los (inutilitzables). A banda de la pèrdua econòmica (1.650€ en quatre anys de seguiment), la interacció del senglar amb els paranys provoca una pèrdua de paranys disponibles per a la captura de petits mamífers, fet que pot provocar la subestimació de la població. De fet, Collserola és l'únic parc de la XPN on els senglars interfereixen significativament en el seguiment de petits mamífers, provocant un efecte negatiu (fig. 19). En aquest sentit, es va decidir crear una estructura d'acer galvanitzat per protegir-los, solució ja implementada en les estacions de la franja i del Centre d'Informació durant l'any 2020. Tot i això, les cobertes no semblen infalibles, i encara reben atacs que comporten la destrucció dels paranys. Sembla necessari redissenyar aquesta estructura, incrementant la seva longitud, per augmentar la seva eficiència.

Sorprenentment, els incidents produïts pels senglars a Collserola no semblen relacionats amb la densitat d'aquesta espècie, una zona amb una densitat moderada de senglars i amb una disminució de les poblacions (Rosell et al. 2019). No obstant, a Collserola els senglars estan molt acostumats a la presència humana (Cahill et al., 2012). Ja que els paranys estan clarament impregnats de l'olor tant dels petits mamífers com dels esquers que s'utilitzen, podria convertir-los en objectius nous per als senglars mentre s'alimenten. Tot i això, els atacs als paranys només s'observen ocasionalment a la majoria de parcs, excepte a Collserola. La nostra hipòtesi és que aquest elevat índex d'atacs a trampes en una àrea petita i localitzada podria estar relacionat amb la possibilitat que a Collserola els senglars poguessin associar la presència humana amb majors oportunitats d'obtenir aliments d'origen antròpic. De fet, se sap que els senglars exploten sovint aquests recursos a les àrees (peri)urbanes d'aquest parc i sovint són alimentats, directament o indirectament, per persones (Cahill et al. 2012, Castillo Contreras 2019).

7. AGRAÏMENTS

Al Francesc Llimona i Sean Cahill, pel seu interès en aquest projecte de seguiment, i al Consorci del Parc de Collserola pel suport econòmic i logístic. Volem agrair a la SECEM, per l'interès mostrat en el projecte SEMICE, i pel seu suport econòmic i logístic. Al *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*, pel seu suport econòmic des de l'any 2011 al 2013, i a la Fundación Biodiversidad pel seu ajut concedit l'any 2015. Durant la seva fase inicial, el seguiment ha estat finançat bàsicament per la Diputació de Barcelona a través dels diferents parcs naturals que gestiona: Agrair als tècnics d'aquests espais naturals l'interès en el projecte i el seu suport: Durant la seva fase inicial, el seguiment ha estat finançat bàsicament per la Diputació de Barcelona a través dels diferents parcs naturals que gestiona: Agrair als tècnics d'aquests espais naturals l'interès en el projecte i el seu suport: Daniel Guinart (Parc del Montseny), Toni Bombí (Parc del Montnegre-Corredor), Mireia Vila (Parcs del Montnegre-Corredor i Serralada de Marina), Daniel Pons (Parc de Sant Llorenç del Munt i l'Obac), Roser Loire (Parc de la Serralada Litoral), Emilio Valbuena-Ureña (Parcs del Garraf i Foix), Joan Carles Àngel (Parc de Montesquiú) i Alba Ludevid (Guilleries-Savassona).

A l'Alfons Raspall per la seva implicació en la coordinació del seguiment SEMICE, i en particular per la seva aportació al seguiment de petits mamífers a Collserola. Volem agrair també la implicació del personal tècnic del Parc i altres col·laboradors habituals en la creació de la nova parcel·la de seguiment

al costat del Centre d'Informació del Parc. En particular al Sean Cahill, Dani Díaz, Andrea Garmendia, i Josep López.

Agrair també als diversos col·laboradors voluntaris del projecte a la XPN de Barcelona: Alfons Raspall, Tomàs Pulido, Dolors Escruela, James Manresa, Joan Manuel Riera, Cristina Terraza, Oriol Palau, Marc Vilella.

8. BIBLIOGRAFIA

- Amori G, Luiselli L, Milana G, Casula P (2016) Negative effect of the wild boar (*Sus scrofa*) on the population size of the wood mouse (*Apodemus sylvaticus*) in forest habitats of Sardinia. *Mammalia* 80:463–467 . doi: 10.1515/mammalia-2015-0023.
- Başnou, C., Álvarez, E., Bagaria, G., Guardiola, M., Isern, R., Vicente, P., Pino, J., 2013. Spatial patterns of land use changes across a mediterranean metropolitan landscape: Implications for biodiversity management. *Environ. Manage.* 52, 971–980. doi:10.1007/s00267-013-0150-5
- Battersby, J. E. and J. J. D. Greenwood (2004). Monitoring terrestrial mammals in the UK: Past, present and future, using lessons from the bird world. *Mammal Review* 34(1-2): 3-29
- Bombí, A. (1997). Pla de seguiment de paràmetres ecològics, Parc Natural del Montnegre i el Corredor. Diputació de Barcelona, 47 pgs.
- Bombí, A. (2001). El Pla de seguiment del Montnegre i el Corredor. Primers passos d'un projecte (1996-1999). III Trobada d'Estudiosos del Montnegre i el Corredor, Monografies 32: 17-20.
- Bombí, A., Castell, C., Guinart, D. Llacuna, S. & Miño, A. (2002). Los planes de seguimiento en los parques naturales gestionados por la Diputación de Barcelona. *Ecosistemas* 2.
- Bubb P.J., Almond R., Kapos V., Stanwell-Smith D., Jenkins M., 2010. *Guidance for national biodiversity indicator development and use*. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. 120 pp.
- Cahill, S., Llimona, F., Cabañeros, L., and Calomardo, F. (2012). Characteristics of wild boar (*Sus scrofa*) habituation to urban areas in the Collserola Natural Park (Barcelona) and comparison with other locations. *Anim. Biodivers. Conserv.* 35, 221–233.
- Carrilho M, Teixeira D, Santos-Reis M, Rosalino LM (2017) Small mammal abundance in Mediterranean Eucalyptus plantations: how shrub cover can really make a difference. *For Ecol Manage* 391:256–263.
- Castell, C. (1998). Els programes de seguiment ecològic als parcs naturals de la Diputació de Barcelona. II Trobada d'Estudiosos del Garraf, Monografies 26: 9-12.
- Castell, C. (2000). El programa de seguiment ecològic del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac (1994-1998). IV Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, Monografies 29: 17-19.
- Castillo Contreras, R. (2019). Urban wild boar. Drivers of presence, phenotypic responses and health concerns. Ph.D. Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Diaz M., Concepcion E.D., Alonso C.L., 2015. Conservacion de la biodiversidad en los sistemas forestales de Andalucia. En: *Biodiversidad, usos del agua forestal y recolección de setas silvestres en los sistemas forestales de Andalucía* (Campos P., Diaz M., eds). Memorias científicas de RECAMAN. Volumen 2. Memoria 2.1. Editorial CSIC, Madrid.
- Environment Agency (EEA), 2010. Assessing biodiversity in Europe — the 2010 report. EEA, Copenhagen. 45 pp.
- European Environment Agency (EEA), 2012. Streamlining European biodiversity indicators 2020: Building a future on lessons learnt from the SEBI 2010 process. EEA, Copenhagen. 50 pp.

- Flowerdew, J.R., Shore, R.F., Poulton, S.M. i Sparks, T.H. (2004). Live trapping to monitor small mammals in Britain. *Mammal Review* 34: 31-50.
- Gao, T., Nielsen, A. B., & Hedblom, M. (2015). Reviewing the strength of evidence of biodiversity indicators for forest ecosystems in Europe. *Ecological Indicators*, 57, 420-434.
- García, F.J., M. Díaz, J.M. de Alba, C.L. Alonso, R. Carbonell, M.L. de Carrión, C. Monedero i T. Santos (1998). Edge effects and patterns of winter abundance of wood mice *Apodemus sylvaticus* in Spanish fragmented forests. *Acta Theriologica* 43: 255-262.
- Gosàlbez, J. (1987). Insectívors i rosegadors de Catalunya. Ketres editora, S.A.
- Gotelli, N.J. and G.L. Entsminger. 2001. EcoSim: Null models software for ecology. Version 7.0. Acquired Intelligence Inc. & Kesy-Bear. <http://homepages.together.net/~gentsmin/ecosim.htm>.
- Gregory, R.D., van Strien, A. va, Vorisek, P., Gmelig Meyling, A.W., Noble, D.G., Foppen, R.P.B. & Gibbons, D.W., (2005). Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 360: 269-288.
- Harris S, Yalden DW.2004. An integrated monitoring programme for terrestrial mammals in Britain. *Mamm Rev.* 34(1-2):157-167. doi:10.1046/j.0305-1838.2003.00030.x
- Herrando, S., Anton, M., Sardà-Palomera, F., Bota, G., Gregory, R.D., Brotons, L. (2014). Indicators of the impact of land use changes using large-scale bird surveys: Land abandonment in a Mediterranean region. *Ecological Indicators* 45: 235-244.
- Herrando, S. et al. (2015). Assessing impacts of land abandonment on Mediterranean biodiversity using indicators based on bird and butterfly monitoring data. *Environmental Conservation*
- Herrando, S., Stefanescu, C., Villero, D., Torre, I. (2018). Un indicador de l'estat de les poblacions d'animals. Report núm. 16 del Programa SOCC, 8-9.
- Jaime-González, C., Acebes, P., Mateos, A., Mezquida, E.T., 2017. Bridging gaps: On the performance of airborne LiDAR to model wood mouse-habitat structure relationships in pine forests. *PLoS One* 12, e0182451. doi:10.1371/journal.pone.0182451
- Lima, M., Keymer, J.E. and Jaksic, F.M. (1999). ENSO-driven rainfall variability and delayed density-dependence cause rodent outbreaks in western South America: linking demography and population dynamics. *American Naturalist* 153: 476-491.
- MacKenzie, D.I., 2012. PRESENCE User Manual.
- Mackenzie, D.I., Nichols, J.D., Lachman, G.B., Droege, S., Royle, J.A., Langtimm, C.A., 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* 83, 2248–2255.
- Marsh, A. (1999). The National Yellow-Necked Mouse Survey. The Mammal Society Research report nº 2.
- McDonald, D.W., Mace, G. & Rushton, S.P. (1998). Proposals for the Future Monitoring of British Mammals. DETR, London.
- Miño, A. (1999). Pla de seguiment i control de paràmetres físics, químics i biològics de la reserva de la biosfera del Montseny. III i IV Trobada d'Estudiosos del Montseny, Diputació de Barcelona, pgs.15-19.
- Newman, C., Buesching, C. D., & Macdonald, D. W. (2003). Validating mammal monitoring methods and assessing the performance of volunteers in wildlife conservation - "Sed quis custodiet ipsos custodies?" *Biological Conservation*, 113(2), 189–197. [http://doi.org/10.1016/S0006-3207\(02\)00374-9](http://doi.org/10.1016/S0006-3207(02)00374-9)
- Overmars, K. P., Schulp, C. J., Alkemade, R., Verburg, P. H., Temme, A. J., Omtzigt, N., & Schaminée, J. H. (2014). Developing a methodology for a species-based and spatially explicit indicator for biodiversity on agricultural land in the EU. *Ecological Indicators*, 37, 186-198.

- Pannekoek, J. & van Strien, A.J., (2006). TRIM 3 Manual (TRends & Indices for Monitoring data). Statistics Netherlands, The Netherlands. <http://www.ebcc.info>.
- Peris, A. (2019). Ecología del jabalí (*Sus scrofa*) en ambientes mediterráneos. Tesis Doctoral, UAB, 164 pàgs.
- Pino, J., et al. (2013). Anàlisi en el marc del SITxell dels canvis en el paisatge (1956-2005) i de la seva repercussió en la conservació dels espais naturals protegits de la província de Barcelona. Diputació de Barcelona, 1-67 pàgs.
- Previtali, M.A., Lima, M., Meserve, P.L., Kelt, D.A., Gutierrez, J.R., 2009. Population dynamics of two sympatric rodents in a variable environment: rainfall, resource availability, and predation. *Ecology* 90, 1996–2006. doi:10.1890/08-0405.1
- Regos, A., D’Amen, M., Titeux, N., Herrando, S., Guisan, A., Brotons, L., 2016. Predicting the future effectiveness of protected areas for bird conservation in Mediterranean ecosystems under climate change and novel fire regime scenarios. *Divers. Distrib.* 22, 83–96. doi:10.1111/ddi.12375
- Rosell, C., Pericas, B., Colomer, J., Navàs, F., and Colomer, A. (2019). Programa de seguiment de les poblacions de senglar a catalunya temporada 2018-2019. Generalitat de Catalunya.
- Seoane J, Carrascal LM (2008) Interspecific differences in population trends of Spanish birds are related to habitat and climatic preferences. *Glob Ecol Biogeogr* 17:111–121.
- Sibbald, S., Carter, P. & Poulton, S. (2006). Proposal for a National Monitoring Scheme for Small Mammals in the United Kingdom and the Republic of Eire. The Mammal Society Research Report nº 6.
- Slade, N.A. and Blair, S.M. (2000). An empirical test of using counts of individuals captured as indices of population size. *Journal of Mammalogy* 81, 1035-1045.
- Solari, S., Rodriguez, J. J., Vivar, E., & Velazco, P. M. (2002). A framework for assessment and monitoring of small mammals in a lowland tropical forest. *Environmental Monitoring and Assessment*, 76(1), 89–104. <http://doi.org/10.1023/a:1015272905263>
- Stefanescu, C., Soldevila, A., Gutiérrez, C., Torre, I., Ubach, A., Miralles, M., 2020. Explosions demogràfiques de l'eruga peluda del suro, *Lymantria dispar* (Linnaeus, 1758), als boscos del Montnegre el 2019 i 2020: possibles causes, impactes i idoneïtat dels tractaments per combatre la plaga. Butlletí la Inst. Catalana d’Història Nat.
- Sunyer, P. (2015). Context dependency in acorn predation and dispersal by *Apodemus sylvaticus* in Mediterranean oak forests: the role of seasonality, spatial heterogeneity and animal-animal interactions. Tesis Doctoral, UAB, 122 pàgs.
- Szpunar, G., Aloise, G., Mazzotti, S., Nieder, L., & Cristaldi, M. (2008). Effects of global climate change on terrestrial small mammal communities in Italy. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(9B), 1526–1533.
- Stefanescu, C., Torre, I., Jubany, J. i Páramo, F. (2011). Recent trends in butterfly populations from north-east Spain in light of habitat and climate change. *Journal of Insect Conservation* 15: 83-93.
- Sunyer, P. (2015). Context dependency in acorn predation and dispersal by *Apodemus sylvaticus* in Mediterranean oak forests: the role of seasonality, spatial heterogeneity and animal-animal interactions. Tesis Doctoral, UAB, 122 pgs.
- Toms, M.P., Siriwardena, G.M., & Greenwood, J.J.D. (1999). Developing a mammal programme for the UK. British Trust for Ornithology, Report nº 223.
- Torre, I. (1997, inèdit). Petis mamífers i ecologia forestal: els rosegadors com a agents dispersants de les llavors dels arbres mediterranis. Premis Fundació Caixa de Sabadell, 102 pgs.

- Torre, I. & Arrizabalaga, A. (2000). Patrons de predació de llavors d'arbres mediterranis pel ratolí de bosc (*Apodemus sylvaticus*). I Jornades sobre Recerca en els sistemes naturals de Collserola: aplicacions a la gestió del Parc (F. Llimona, J.M. Espelta, J.C. Guix, E. Mateos, J.D. Rodríguez-Teijeiro, eds.), pàgs. 101-104.
- Torre, I. & Arrizabalaga, A. (2001, inèdit). Els petits mamífers i la gestió forestal al Parc metropolità de Collserola. Patronat del Parc metropolità de Collserola, 41 pgs
- Torre, I., Arrizabalaga, A. & Díaz, M. (2002) Ratón de campo *Apodemus sylvaticus* (Linnaeus, 1758). *Galemys* 14 (2): 1-26.
- Torre I, Diaz M (2004). Small mammal abundance in Mediterranean post-fire habitats: a role for predators? *Acta Oecologica* 25:137–142 . doi: 10.1016/j.actao.2003.10.007
- Torre, I., Arrizabalaga A, Freixas, L., Pertierra, D., & Raspall, A. (2011). Primeros resultados del programa de seguimiento de micromamíferos comunes de España (SEMICE). *Galemys*, 23(NE), 81–89.
- Torre, I., Gracia-Quintas, L., Arrizabalaga, A., Baucells, J., & Díaz, M. (2015). Are recent changes in the terrestrial small mammal communities related to land use change? A test using pellet analyses. *Ecological Research*. <http://doi.org/DOI> 10.1007/s11284-015-1279-x
- Torre, I., Freixas, L., Arrizabalaga, A., Díaz, M. (2016). The efficiency of two widely used commercial live-traps to develop monitoring protocols for small mammal biodiversity. *Ecological Indicators* 66: 481-487. DOI:10.1016/j.ecolind.2016.02.017
- Torre, I., Raspall, A., Arrizabalaga, A., Díaz, M. (2018a). SEMICE: An unbiased and powerful monitoring protocol for small mammals in the Mediterranean Region. *Mammalian Biology* 88: 161-167.
- Torre, I., Raspall, A., Arrizabalaga, A., Díaz, M., (2018b). Weasel (*Mustela nivalis*) decline in NE Spain: prey or land use change? *Mammal Res*. doi:doi.org/10.1007/s13364-018-0388-7
- Torre I, Raspall A, Arrizabalaga A, Díaz M (2019). Evaluating trap performance and volunteers' experience in small mammal monitoring programs based on citizen science: the SEMICE case study. *Mammalian Biology* 95:26–30 . doi: 10.1016/J.MAMBIO.2019.01.004
- Torre I, Bastardas-Llabot J, Arrizabalaga A, Díaz M (2020). Population dynamics of small endotherms under global change: Greater white-toothed shrews *Crocidura russula* in Mediterranean habitats. *Sci Total Environ*.
- Voříšek P, Klvaňová A, Wotton S, Gregory RD (2010) A best practice guide for wild bird monitoring schemes. Brussels: European Union.
- Watkins, A.F., McWhirter, J.L., King, C.M., 2010. Variable detectability in long-term population surveys of small mammals. *Eur. J. Wildl. Res.* 56, 261–274.
- Wright, L. J., Newson, S. E., & Noble, D. G. (2014). The value of a random sampling design for annual monitoring of national populations of larger British terrestrial mammals. *European Journal of Wildlife Research*, 60(2), 213–221.
- White, G. C., Burnham, K.P., Otis, D.L. i Anderson, D.R. (1978). User's Manual for Program CAPTURE, Utah State University Press, Logan, Utah, 40 pp.