



BECA PRIC 2018:

Ecologia del moviment del gavià argentat (*Larus michahellis*)
i la seva relació en la dispersió de patògens en zones
urbanes.

Investigador: Tomas Montalvo Porro

Agència de Salut Pública de Barcelona

Equip del projecte: Raül Aymí
Jordi Figuerola
Joan Navarro

(Institut Català d'Ornitologia)
(CSIC- Estació Biològica Doñana)
(CSIC – Institut Ciències del Mar)

INDEX

1. Introducció
2. Metodologia
 - 2.1. Captura, anellament i instrumentació amb GPS
 - 2.2. Potencial zoonòtic
 - 2.3. Anàlisi del moviment i ús de l'habitat
3. Resultats
 - 3.1. Captura, anellament i instrumentació amb GPS
 - 3.2. Potencial zoonòtic
 - 3.3. Lectures, anàlisi del moviment i ús de l'habitat
 - 3.4. Descripció dels moviments i dels comportaments dels gavians per edats
4. Discussió
5. Conclusions
6. Producció científica del proyecto y lines de treball futures
 - 6.1. Publicacions en revistes científiques indexades en el SCI
 - 6.2. Treballs Fi de Grau
 - 6.3. Treballs Fi de Master
 - 6.4. Congressos
7. Agraïments
8. Bibliografia

1. Introducció

Els ecosistemes urbans poden proporcionar recursos alimentaris accessibles i abundants per a diferents espècies, incloent un microclima urbà més temperat i estable i menys depredadors naturals que els entorns naturals (Castell-Contreras et al. 2018). A més, moltes espècies com les aus, tenen una disponibilitat d'aliment més estable al llarg de l'any a les zones urbanes.

Entre la fauna que ha colonitzat els entorns urbans, diferents espècies de gavians i gavines amb comportaments molt oportunistes utilitzen els hàbitats urbans per reproduir-se o buscar aliment (Spelt et al. 2019). Encara que durant molt de temps s'ha considerat que aquests ocells marins nidifiquen a illes remotes o àrees naturals costaneres, en les darreres dècades, algunes espècies de gavines oportunistes s'han convertit més comuns a les zones urbanes i fins i tot han establert poblacions reproductores a ciutats de tot el món (Spelt et al. 2019). Aquests depredadors es veuen afavorits per diversos factors com la presència de recursos tròfics accessibles i diversos en entorns ambients urbans, incloent preses d'origen antropogènic, terrestre o d'aigua dolça (Schwartz et al. 2018). Lligat a un ús dels hàbitats i recursos presents a les zones urbanes, les poblacions urbanes de gavines i gavians oportunistes poden entrar en conflicte amb els interessos humans (Vergara et al. 2017; Navarro et al. 2019), donant lloc a problemes com la contaminació acústica, els danys a les infraestructures urbanes, la transmissió de patògens i les col·lisions amb vehicles (Vergara et al. 2017; Vidal et al. 1998). Per això, s'han proposat diferents mesures de gestió per reduir la abundància de gavines a les ciutats com a programes de sacrifici (d'ous i/o individus), l'ús d'estructures per impedir la instal·lació de nius a les teulades dels edificis, o la reducció de l'accés als recursos alimentaris (Belant 1997). Tot i que diferents aspectes relacionats amb la dinàmica poblacional, la dieta o els moviments espacials de les gavines oportunistes són relativament coneguts al seu entorn natural (Ramírez et al. 2020), el coneixement precís de la seva ecologia urbana és molt escassa (Spelt et al. 2019). Conèixer els hàbits tròfics, la prevalença de patògens o els moviments espacials de les gavines urbanes és essencial per entendre com aquestes espècies s'han adaptat als entorns urbans i per dissenyar mesures de gestió eficaces per mitigar possibles conflictes amb l'ésser humà (Navarro et al. 2019; Spelt et al. 2019).

El gavià argentat (*Larus michahellis*) és un clar exemple de gavina oportunista que s'ha adaptat a viure en zones urbanes. Aquest depredador té un comportament de cerca d'aliment molt plàstic, que li permet explotar eficaçment una gran diversitat de recursos alimentaris tant d'origen natural com humà (Navarro et al. 2017). A més, aquesta espècie es considera problemàtica en tota la seva distribució, ja que entra en conflicte amb diverses d'activitats humanes (Navarro et al. 2019).

La població urbana de gavià argentat a Barcelona ha experimentat un augment notable, d'unes poques parelles als anys vuitanta fins al voltant de 500 parelles reproductores en l'actualitat (Anton et al., 2017; García-Petit et al., 1986). Barcelona presenta una sèrie de característiques que la fan atractiva per a aquesta espècie. La presència d'edificis alts i aïllats facilita la nidificació d'aquesta espècie a llocs segurs sense pertorbacions humanes. A més, el paisatge urbà de Barcelona envoltat de ports pesquers, instal·lacions d'abocadors, zones agrícoles i hàbitats d'aigua dolça, presenta una diversitat de recursos tròfics que poden ser aprofitats per les gavines. Una important activitat pesquera està associada al port pesquer de Barcelona, amb unes 3.200 tones de anuals (Idescat 2019), fet que suposa un gran volum de descartes, un dels principals recursos tròfics explotats per la gavina argentat (Arcos 2001; Ramos et al. 2008). De la mateixa manera, la disponibilitat de residus orgànics a la ciutat i a les plantes de processament d'escombraries i abocadors propers també ofereixen importants fonts subsidiàries d'aliment per a aquesta espècie

(Ramos et al. 2009), sense oblidar els coloms (*Columba livia*) o la cotorreta pit gris (*Myiopsitta monachus*), cada vegada més presents a la seva dieta (Méndez et al. 2020).

Els principals conflictes a la ciutat es donen durant l'època de reproducció, ja que els espais de nidificació coincideixen en gran part amb propietats privades, de manera que la defensa del niu provoca conflictes de convivència ciutadana recollint-se més de 200 incidències/any motivades per aquest tipus de conflicte (ASPB). L'adaptació al medi urbà ha fet que hagin perdut la por a l'home i actualment els gavians hi conviuen en molts espais urbans, especialment parcs, jardins, places, etc. Es precisament aquesta interacció entre home i ocell la que planteja una sèrie de potencials riscos sobre la població de Barcelona.

Està demostrat que els gavians són portadors de nombrosos patògens de manera natural la qual cosa determina l'epidemiologia de les malalties infeccioses (Daszak et al 2000), algunes d'elles de gran rellevància sanitària i no només això sinó que sabem que moltes d'aquestes bacteries són multiresistents la qual cosa pot generar un problema afegit als sistemes de salut, per la dispersió d'aquests patògens i la dificultat de poder-les controlar sanitàriament (Vergara et al. 2016, Navarro et al. 2019). Això és especialment rellevant en els paisatges transformats per l'home, on les espècies oportunistes arriben a altes densitats associades a l'explotació de fonts d'aliment antropogèniques que podrien ser portadores de bacteris patògens (Cerdeira-Cuellar et al. 2019). Això facilita la propagació de patògens entre la fauna silvestre i els éssers humans, en tots dos sentits. Això s'ha convertit en un problema de salut pública, però se sap poc sobre com les gavines propaguen les zoonosis a l'espai i el temps. La manca d'informació sobre el procés de disseminació dels patògens zoonòtics debilita les avaluacions de risc i els plans de gestió (Taff et al. 2016).

Durant l'última dècada, el nombre de patògens bacterians que presenten multiresistència als agents antibacterians ha augmentat dràsticament, convertint-se en una preocupació mundial emergent i en un important problema de salut pública. La causa principal de l'augment de les taxes de resistència es pot trobar, en última instància, en l'abús i el mal ús dels agents antibacterians, ja sigui que s'utilitzin en pacients i en el bestiar o que s'alliberin al medi ambient (Vergara et al 2016, Migura-García, L. et al 2017). Quan sorgeixen els bacteris resistents als antimicrobians, poden propagar-se a nivell local o globalment. Els principals factors que contribueixen a la seva propagació a nivell mundial són les aus, la globalització dels aliments comercials i els viatges internacionals

Per tot això la interacció entre els gavians i l'home planteja molts interrogants, tant a nivell de l'ecologia de l'espècie com de possibles riscos sanitaris per la qual cosa mereixen un seguiment acurat. Interrogants que es poden respondre mitjançant l'ús combinat de tècniques clàssiques de microbiologia, un seguiment acurat i continu dels moviments dels gavians utilitzant sensors electrònics GPS miniaturitzats i la lectura d'anelles a distància.

Objectius del projecte

- (1) Descriure els moviments espacials del gavià argentat tant en zones urbanes com fora i comparar els comportaments observats en funció de l'edat (juvenils, subadults i adults) i el sexe.
- (2) Descriure l'estat sanitari i els riscos de la possible dispersió de patògens.

2. Metodologia

La zona d'estudi està situada a la ciutat de Barcelona (nord-est de la península Ibèrica, Fig. 1). A la instal·lació del Zoo de Barcelona hi ha ubicada des de l'any 2009 una gàbia de captura gestionada per l'Institut Català d'Ornitologia, on els ocells diàriament poden menjar les restes de peixos que sobren dels animals en captivitat (principalment pingüins i pelicans) i a on es capturen regularment els gavians. Tots els gavians capturats es marquen amb una anella metàl·lica estàndard i una altra anella de color de lectura a distància.

Des de 2009 fins a 2017 s'han marcat 448 exemplars i s'han efectuat més de 2000 observacions o lectures de les anelles de color. Totes les observacions estan registrades de manera estandarditzada a la base de dades gestionada pel ICO: <http://marques.ornitologia.org/>. La gran majoria (prop del 96%) d'aquestes observacions són d'exemplars observats al mateix parc zoològic o zones properes a la ciutat de Barcelona. Però també s'han detectat moviments de llarga distància.

Aprofitant l'estructura i logística present al Zoo es van efectuar les tasques que seguidament s'exposen per dur a terme els objectius plantejats. Les tasques van ser realitzades durant les temporades de cria 2018-2021 en el període Abril – Juny.

** Cal tenir en compte que degut a la pandèmia del SARS-CoV2 durant dos anys no es van poder efectuar feina de camp, havent d'endarrerir el projecte.*

2.1. Captura, anellament i instrumentació amb GPS

Els animals van ser capturats majoritàriament a la trampa ubicada al Zoo de Barcelona. Els gavians van ser fidelitzats al lloc i horari mitjançant un encebament previ, el que va permetre poder efectuar captures setmanals. Els exemplars capturats de diferents edats (adults 4-anys, juvenils 1-any i adults 2/3 anys mínim) i sexes (es sexen molecularment en ploma), van ser marcats amb anelles metàl·liques oficials, anelles de color de lectura a distància, i se'ls hi van col·locar aparells GPS, amb l'objectiu de determinar els patrons de moviment i ocupació de l'espai, tant a la ciutat de Barcelona com els desplaçaments caps als abocadors o altres zones allunyades (mar endins, zones interiors de Catalunya).

Pel que fa a la col·locació dels GPS, es va dur a terme mitjançant un arnès fabricant amb tefló biodegradable (Fig. 2), que és el mètode de fixació recomanat per ocells de mida mitjana i gran com rapinyaires, ocells marins o làrids en particular (Lameris et al., 2018; Thaxter et al., 2014). Es van utilitzar dos tipologies diferents de GPS, uns 10 aparells GPS-WimbiTek, i la resta amb GPS-CatLog. La diferència del tipus de GPS utilitzats es va fonamentar en què els GPS model CatLog són aparells que registren cada 15 minuts (o menys si es necessari) durant 24 hores la posició GPS del individu marcat i queda registrat en una memòria interna que cal recuperar per descarregar la informació. En el cas del Model WimbiTek, el funcionament es diferent ja que la recepció de la posició es cada 30 minuts durant tota la vida útil del aparell (més d'1 any) però no cal recuperar l'aparell ja que l'usuari rep la informació via xarxa Wifi. Respecte al pes dels dos

models (18-20 grams), comentar que es menys del 3% del pes del gavià, que es el límit recomanable per no produir un efecte negatiu sobre el comportament natural en ocells marins.

Com a complement al seguiment GPS, es van realitzar transectes setmanals (mínim 1 dia a la setmana) en diferents punts d'agregació de gavians a la ciutat de Barcelona i rodalies amb la finalitat de fer lectures de anelles o recaptures d'exemplars amb GPS CatLog o WimbiTek. A la trampa de captura també es va col·locar una càmera digital de trapeig fotogràfic per obtenir lectures dels individus que la visiten durant els períodes de no captura.

2.2. Potencial zoonòtic

Tots els individus capturats van ser estabulats en caixes de cartró individualitzades amb un plàstic net al terra de la caixa per tal de facilitar la recollida d'excrement. Aquesta recollida es fa fer utilitzant hisops flocats amb medi de conservació. Les mostres van ser portades el mateix dia al laboratori de l'Agència de Salut Pública de Barcelona (ASPB) per tal d'iniciar les anàlisis. Els indicadors microbiològics utilitzats van ser aquells que tenen més importància en salut pública i sanitat animal: *Campylobacter spp*, *Salmonella spp*, *Listeria spp*, *Escherichia coli* resistents a àcids betalactàmics. El mostreig microbiològic es va fer tant amb els animals capturats, com amb els recapturats per poder establir la presència de bacteris i poder interpretar la possible dispersió en base als seus moviments.

2.3. Anàlisi del moviment i ús de l'hàbitat

Per analitzar el moviment dels gavians instrumentant amb GPS es van analitzar les dades entre març i maig del període 2018-2021, coincidint amb el període reproductor de l'espècie en aquesta població urbana (Méndez et al., 2020). La distribució espacial dels gavians es va representar mitjançant la creació de mapes de densitat utilitzant una funció Kernel quàrtica amb el software QGIS 3.12 (QGIS Development Team, 2020). Les funcions Kernel prediuen un valor desconegut a partir de valors coneguts mitjançant una funció de densitat de probabilitat (Rizzatti et al., 2020). En concret, la funció Kernel pondera amb un major pes els punts que estan pròxims amb un decreixement gradual. El radi d'influència utilitzat va ser de 5 km (calculat d'acord amb Rizzatti et al., 2020). A més a més, per a cada individu es va calcular la proporció de les posicions associades a mar respecte a les posicions totals registrades on s'inclouen també posicions en hàbitats terrestres. D'altra banda, a partir de la velocitat i l'angle de gir associats a les posicions a mar de cada individu es va estimar el tipus de comportament mitjançant un algoritme d'agrupació Expectation-Maximization binary Clustering (EMbC) (Garriga et al., 2016). Aquest mètode permet classificar el comportament dels gavians en 4 categories: descans (quan la velocitat i l'angle de gir tenen valors baixos), cerca intensiva (quan la velocitat té valors baixos i l'angle de gir té valors elevats), cerca extensiva (quan la velocitat i l'angle de gir tenen valors elevats) i viatjant (quan la velocitat té valors elevats i l'angle de gir té valors baixos). Per poder estandarditzar, es va calcular la proporció de les posicions associades a cadascun dels 4 comportaments per a cada individu. Aquesta informació espacial es va utilitzar per determinar el tipus d'hàbitat utilitzat per cada individu dins de la zona urbana i no urbana creuant les dades d'hàbitat i imatges aèries. També es va modelitzar la distribució a gran resolució dels individus que presenten algun tipus de bacteri per establir la possible dispersió de patògens.

3. Resultats

Al 2020 i 2021 les tasques relacionades amb el projecte no van poder efectuar-se d'una manera planificada, sobretot amb motiu de les restriccions associades a la Covid-19 i també pels darrers brots de grip aviària a Europa que van propiciar l'aplicació de mesures de prevenció en instal·lacions amb aus (com es el cas del Zoo de Barcelona). Tot i l'ampliació del lliurament d'aquest projecte per part del Zoo de Barcelona, aquest fet va afectar a la planificació de les tasques, molt evident en la col·locació i recuperació de GPS al 2020 i 2021, així com la recaptura dels exemplars, aquests dos fets va fer reduir gran part de les dades sobre mobilitat i dispersió de patògens.

3.1. Captura, anellament i instrumentació amb GPS

Des de 2009 fins a 2021 s'han marcat 650 exemplars i s'han efectuat més de 8.000 lectures de les anelles de color al Zoo de Barcelona. La majoria dels exemplars marcats s'han observat posteriorment i només un 13% no s'han tornat a detectar més. La mitjana de lectures per exemplar és de 13. La gran majoria d'aquestes observacions són d'exemplars observats al mateix parc zoològic, encara que també s'han detectat moviments de llarga distància en més de 80 exemplars.

Durant el període del present projecte (2018-2021) es van processar un total de 186 exemplars, col·locant a cadascú una anella metàl·lica i una anella de lectura a distància. Es van marcar amb GPS un total de 124 exemplars, 14 d'ells amb GPS-WimbiTek i 110 amb GPS-CatLog. Del total d'exemplars marcats un 48,4 % corresponien a exemplars adults, un 29% subadults i un 22,6% juvenils. Dels anàlisis fets per sexar als exemplars s'han inclòs els tres primers anys, predominant els mascles, un 65% al 2018, un 60% al 2019 i un 57,8 % al 2020 (Figura 1).

	2018	2019	2020	2021	TOTAL
Exemplars analitzats	50	50	52	34	186
GPS	50	50	N	24	124
Adults	25	16	31	18	90
Subadults	18	19	8	9	54
Juvenils	7	15	12	8	42
Mascles	32	29	26	N	87
Femelles	17	19	19	N	55

N: sense dades disponibles

Figura 1. Relació de dades de gavià argentat (*Larus michahellis*) al període 2018-2021 generades a partir de les captures de la trampa ubicada al Zoo de Barcelona,

3.2. Potencial zoonòtic

Seguint les directrius de malalties zoonòtiques a la Unió Europea es van seleccionar aquells patògens que podien tenir una major rellevància des del punt de vista de salut pública i salut animal, motiu pel qual es van analitzar la presència de *Campylobacter spp*, *Salmonella spp*, *Listeria spp* i *Escherichia coli* resistents a àcids beta-lactàmics.

L'anàlisi microbiològic del període 2018-2021 posa de manifest una baixa incidència d'aquests patògens a la població de gavià argentat que viu a la ciutat de Barcelona. Cal fer l'incís en la prevalença trobada en *Escherichia coli* resistents a àcids beta-lactàmics (Figura 2). Aquesta bacteri en concret s'ha consolidat com un dels problemes emergents a nivell de salut, i la prevalença detectada tot i ser menor a la trobada en estudis anteriors a Barcelona (Vergara et al 2016), posa de manifest que el gavià actua de reservori.

	2018 - 2021		
	Exemplars analitzats	Nr. positius	Prevalença %
<i>Salmonella spp</i>	168	1	0,6
<i>Campylobacter spp</i>	168	1	0,6
<i>Listeria spp</i>	168	1	0,6
<i>Escherichia coli B-lact.</i>	168	23	13,7

Figura 2. Relació de soques positives durant el període 2018-2021.

Pel que fa a la relació d'edats en base a les soques positives, podem veure que són els exemplars adults i els juvenils els que tenen una incidència més elevada de patògens (Figura 3)

	2018	2019	2020	2021	TOTAL
Adult	3	1	2	3	9
Subadult	1	0	0	3	4
Juvenil	0	6	1	2	9

Figura 3. Relació per grups d'edat de soques positives de *Salmonella*, *Campylobacter* i *Escherichia coli* en el període 2018-2021.

3.3. Lectures, anàlisi del moviment i ús de l'hàbitat

Pel que fa als resultats obtinguts a partir de les lectures dels gavians anellats al Zoo de Barcelona els podríem resumir en diverses tipologies (Figura 4).

- I. Individus residents que només s'observen al voltant del Zoo i parc de la Ciutadella.
- II. Individus residents a la ciutat però amb una major àrea de mobilitat que es veuen en diversos indrets (conca dels rius Llobregat i Besòs, zones portuàries, etc.). Alguns fins i tot mostren certa predilecció per alguns indrets com PYJD observat regularment a la plaça Catalunya on està especialitzat en capturar coloms.
- III. Dispersió llunyana cap al Cantàbric que pot arribar fins a Galícia, Astúries, país Basc i sud de França. Aquests exemplars són principalment joves en dispersió postnupcial però també pot haver algun adult.
- IV. Dispersió per la costa catalana amb visites als principals abocadors propers. Són els moviments més habituals i amb especial predilecció per la costa de Barcelona i Girona i amb visites als abocadors de Banyoles, Beuda, Llagostera, Lloret, Pedret, etc.
- V. Dispersió pels ports de pesca amb observacions a Arenys, Mataró, Vilanova, Torredembarra i Tarragona.
- VI. Observats en alta mar des d'embarcacions de pesca, especialment davant la costa de Barcelona o el Maresme.
- VII. Observacions a les illes Balears d'exemplars probablement hivernants a Barcelona.



Figura 4. Mapa dels albiraments llunyans de gavià argentat marcats al Zoo de Barcelona amb anelles de lectura a distància. El punt amb negre indica el lloc d'anellament i en verd es mostren totes les localitats on s'han observat. Mereix un comentari especial l'abocador de Solius, Llagostera (punt vermell) amb més de 50 lectures de 33 exemplars.

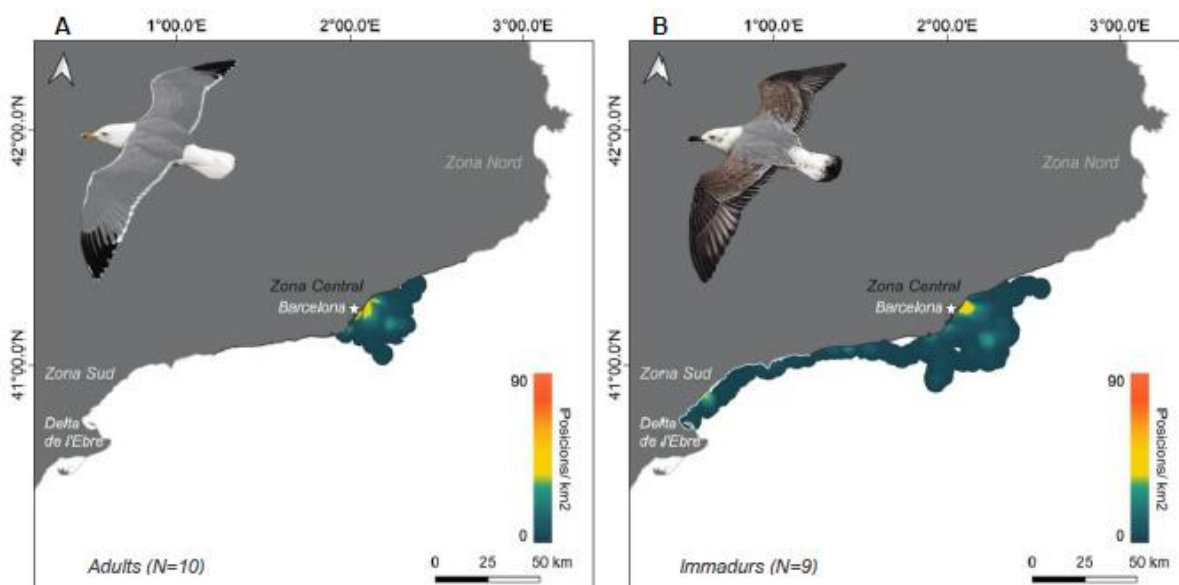
3.4. Descripció dels moviments i dels comportaments dels gavians per edats

L'àrea marina mitjana utilitzada per tots els adults i juvenils va ser de magnituds similars (AD=870,37 km², JU=827,86 km²) mentre que, en individus immadurs l'àrea utilitzada va ser més del doble (IM=2.583,18 km²). Tot i que el valor de l'extensió marina utilitzada en adults i juvenils és similar es van trobar diferències clares en la distribució d'aquestes àrees entre els tres grups d'edat (Fig. 5). Els individus adults es van distribuir en una zona reduïda i concentrada davant de la ciutat de Barcelona (Fig. 5A). Els individus immadurs van ser els que van mostrar una distribució més ampla al llarg de la costa arribant fins al Delta de l'Ebre, zona Sud (Fig. 5B). Els individus juvenils es van distribuir de l'àrea marítima davant de Barcelona fins a Platja d'Aro (Fig. 5C). En els tres grups, la gran majoria de posicions es van mantenir pròximes a la línia de costa, exceptuant a la zona Central, concretament a regió marina davant de la ciutat de Barcelona que és on es va trobar el màxim de densitat en totes les edats. En juvenils aquest màxim és menys marcat perquè el nombre d'individus recapturats va ser menor (Figura 5)

	2018	2019	2020	2021
Exemplars mostrejats	50	46	22	23
Exemplars remostrejats	15	4	0	4

Figura 6. Exemplars mostrejats per a microbiologia en una primera captura, i recapturats i remostrejats en una segona captura en el període 2018 – 2021.

En individus immadurs es va poder observar una segona regió amb màxims a prop del Delta de l'Ebre. Els individus que menys es van allunyar de la línia de costa són els juvenils, els que més són els individus immadurs (distàncies màximes perpendiculars a la línia de costa: AD=23 km, IM=30 km, JU=14 km).



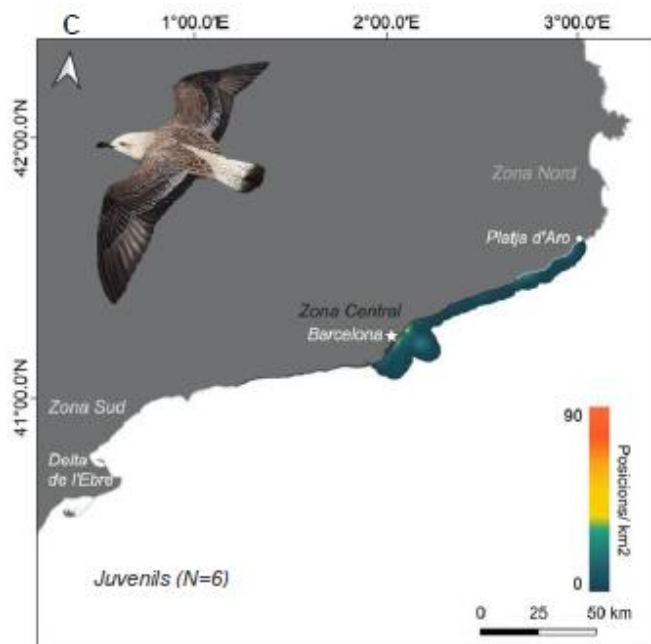


Figura 5. Distribució espacial (posicions/ km²) a mar d'individus Adults (A), Immadurs (B) i Juvenils (C) de gavià argentat de la població urbana de Barcelona calculada a partir de les posicions obtingudes mitjançant els GPS entre l'1 de març i el 31 de maig de 2019. Àrea del continent d'EMODnet Bathymetry Consortium (2020). Les il·lustracions són de Marti Franch.

Tots els individus estudiats van utilitzar el medi marí, però ho van fer de manera diferenciada segons l'edat ($F_{2,23} = 3,98$, $p=0,03$, Fig. 5), sent els individus juvenils els que van utilitzar proporcionalment més temps el mar (Fig. 7).

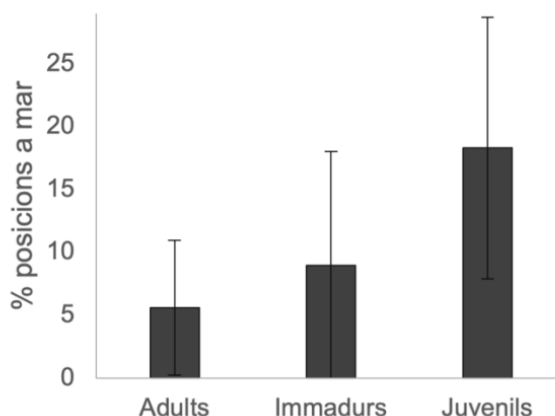


Figura 7. Valor de la mitjana i la desviació estàndard (interval) del percentatge de les posicions a mar per a cada grup d'edat: adults (N= 10), immadurs (N=9) i juvenils (N=6).

Referent al comportament associat a les diferents posicions es van observar diferències significatives entre els individus adults i els altres grups d'edat pel que fa a la cerca extensiva i al descans (Fig. 6). Els individus adults van passar més temps amb un comportament de cerca

extensiva ($F_{2,23}=3,7$, $p=0,04$, Fig. 6), mentre que els individus immadurs i juvenils van passar més temps descansant ($F_{2,23}=9,05$, $p=0,001$, Fig. 8). Pel que fa a les posicions associades a la cerca intensiva només es van observar diferències entre adults i juvenils, estant aquests últims més associats a aquest comportament ($F_{2,23}=3,7$, $p=0,04$, Fig. 6).

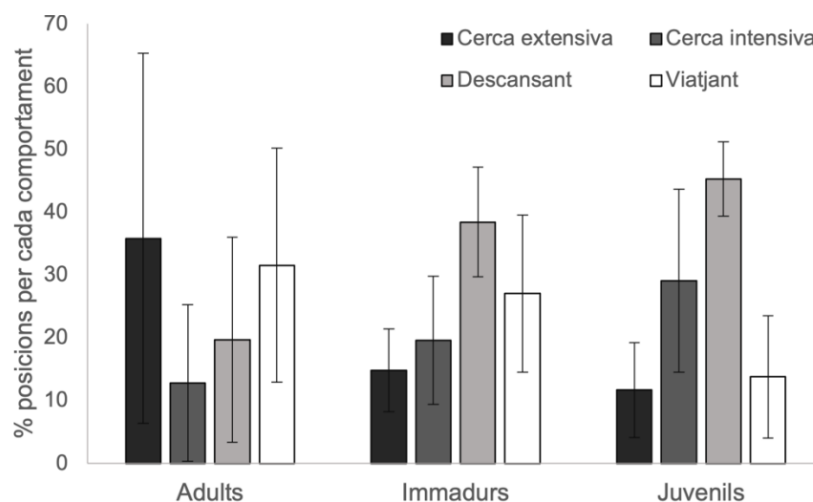


Figura 8 Valor de la mitjana i la desviació estàndard (interval) del percentatge de les posicions associades a cada tipus de comportament (cerca extensiva, cerca intensiva, descansant i viatjant) per a cada grup d'edat: adults (N= 10), immadurs (N=9) i juvenils (N=6).

4. Discussió

Aquest treball és un dels primers a utilitzar dades ecològiques i epidemiològiques d'individus adults, immadurs i juvenils de un depredador marí instrumentats amb dispositius GPS. Si bé el coneixement de l'ecologia tròfica i de cerca d'aliment del gavià argentat adult és ben coneguda la possibilitat d'estudiar individus immadurs i juvenils ha permès descriure per primera vegada diferències ontogèniques en el comportament de cerca d'aliment d'aquesta espècie i observar diferències entre edats tant en els seus desplaçaments com en la seua capacitat de dispersió de patògens.

Pel que fa a l'ús del medi marí, tal com s'havia predit, l'àrea de distribució dels individus immadurs és més gran que la dels adults. D'altra banda, contràriament al que s'esperava, l'àrea recorreguda pels individus juvenils és la més petita de totes. D'acord amb la teoria de la cerca òptima d'aliment, els individus adults tenen previsiblement un millor coneixement dels llocs on poden trobar aliment i poden desplaçar-se de manera més directa (Schmid-Hempel, 1988). Per tant, els adults optimitzen al màxim la seva cerca d'aliment minimitzant la distància a recórrer del niu fins a l'àrea d'alimentació, és a dir, si poden trobar aliment a menys distància no aniran més lluny. És per això que l'àrea de distribució dels adults es veu altament concentrada a la regió marítima davant de Barcelona i, en conseqüència, és considerablement més petita que l'àrea de distribució dels individus immadurs. Els juvenils, a causa de les seves habilitats més limitades s'allunyen molt poc de la línia de costa fent que l'àrea de distribució sigui també petita. Tanmateix, aquest grup, a diferència dels adults, no es limita únicament a la regió marítima del davant de Barcelona sinó que també viatja cap al NE. L'elevada competència per l'aliment a la regió marítima davant de Barcelona pot obligar alguns individus a buscar alternatives. La segregació espacial per edats s'ha observat prèviament en ocells marins, per exemple, en els individus de primer any de l'albatros camanegre (*Phoebastria nigripes*) de les illes de Hawaii que es distribueixen pel SO del Pacífic Nord en comptes d'anar a buscar els màxims de productivitat cap al Nord que és on estan els adults (Gutowsky et al., 2014). Per últim, els immadurs, com que no tenen limitacions pel que fa a les habilitats de vol ni limitacions relacionades amb les tasques reproductives es poden desplaçar més distància tant mar endins com al llarg de la costa Catalana per cercar zones amb més abundància d'aliment o menys competència pels recursos, tenint un comportament similar al que s'esperaria dels adults no reproductors (Baert et al., 2021).

Seguint amb les hipòtesis inicials, els individus immadurs i juvenils van invertir més temps a mar que els individus adults. Aquest resultat està relacionat amb l'eficiència més gran en la cerca d'aliment per part dels individus adults. Que el període d'estudi correspongui al període reproductor de l'espècie podria fer pensar que els individus adults invertirien més temps a mar, ja que no s'han d'alimentar només a ells sinó també als seus polls. Tanmateix, que els resultats obtinguts mostrin el contrari, demostra la seva major eficiència en la cerca d'aliment dels individus adults. El coneixement del medi permet a aquests individus fer un ús òptim del temps que tenen i tornar ràpidament al niu per alimentar als seus polls. Aquest raonament es veu recolzat pel comportament predominant dins les posicions associades a mar en adults: la cerca extensiva. Aquest comportament ens indica que l'animal es mou en actitud de cerca i amb valors de velocitat elevats, per tant, el temps invertit a la cerca d'aliment queda previsiblement reduït, mostrant una major efectivitat a l'hora de trobar l'aliment. S'ha observat un comportament similar en adults reproductors de gavià fosc (*Larus fuscus*) que durant el període de cria fan viatges d'alimentació més curts (Baert et al., 2021). Referent al temps a mar en juvenils, s'ha observat com el nombre de localitzacions al mar ha sigut significativament major que en adults. Aquest resultat, possiblement ens està mostrant com els individus juvenils compensen la manca d'habilitats amb més temps invertit a la cerca d'aliment (De Grissac et al., 2017; Riotte-Lambert & Weimerskirch, 2013). En canvi, en immadurs, no s'observen diferències significatives ni amb els adults ni amb els juvenils, per tant, es pot dir que aquest grup es troba en un punt entremig. Això reforça la idea comentada prèviament al parlar de l'àrea utilitzada: les seves habilitats de cerca d'aliment són similars a les

dels adults, però sense l'obligació de tornar al niu, i per tant el temps d'ús del medi marí pot ser més prolongat.

Els resultats obtinguts també mostren que juvenils i immadurs presenten més localitzacions al mar amb comportament de descans en comparació amb els adults. Aquest resultat coincideix amb els resultats obtinguts per De Grissac et al., (2017) en individus juvenils d'albatros viatger (*Diomedea exulans*) mitjançant el mateix algoritme d'agrupació (EMbC). Que els immadurs i els juvenils tinguin més posicions associades amb el descans reflecteixi les demandes energètiques comparativament més altes dels adults reproductors que s'han d'alimentar a si mateixos i als polls (De Grissac et al., 2017). Això obliga els individus adults a mantenir un nivell d'alimentació més elevat mentre que immadurs i juvenils disposen de "temps lliure" que poden passar al mar descansant.

En individus juvenils també s'ha observat que el nombre de posicions associades a la cerca intensiva és significativament major que en adults. L'elevada competència per l'aliment, comentada prèviament, podria explicar aquesta diferència (Catry et al., 2004; De Grissac et al., 2016). Els adults van volant a més velocitat (cerca extensiva) detecten el vaixell quan està descartant s'alimenten ràpidament i marxen, en canvi els juvenils, com han de competir amb adults, immadurs i d'altres espècies que també fan ús del rebuig pesquer han de donar més voltes, cercant a velocitats més baixes (cerca intensiva), per veure que els queda.

Pel que fa als patrons d'ús al llarg de la setmana també s'observen diferències entre grups d'edat. A les dades es pot veure com els adults deixen de visitar el mar durant el cap de setmana. Aquest comportament s'havia descrit prèviament en adults d'aquesta espècie (Parra-Torres et al., 2020), i mostra com l'ús del medi marí està altament lligat a la presència de la flota pesquera. Aquesta disminució també s'entreveu en els individus immadurs, tot i que molt menys marcada. Això mostra una diferència d'habilitats entre edats. Els individus juvenils encara no saben interpretar els senyals que indiquen que aquell dia hi haurà activitat de la flota pesquera i això fa que aquests segueixin anant al mar a buscar els vaixells encara que durant el cap de setmana els vaixells no pesquen.

Pel que fa a l'estudi dels patògens, els nostres resultats revelen que les gavines adultes i les juvenils són les que potencialment tenen un risc més elevat de dispersió de patògens dins de la ciutat. En aquest sentit els exemplars adults són els que serien considerats amb un risc més alt de dispersió a la ciutat per l'elevada freqüentació dels habitats urbans que fan. Quant als juvenils, aquests es veuen obligats a tenir un àrea de distribució més gran, i no passarien tant de temps a la ciutat ja que descansen normalment al mar, reduint així les possibilitats de dispersió i exposició a la població de Barcelona.

Cal tenir en compte que arreu del món s'han realitzat diferents estudis sobre la presència de bacteris resistents en gavines, fins al punt de ser considerades com un indicador de la presència de resistència als antibiòtics al medi ambient, ja que estan distribuïdes per gairebé tot el món. En algunes circumstàncies, aquest enfocament podria ampliar-se per construir una xarxa internacional, utilitzant gavines i altres vectors potencials de patògens animals, per aconseguir una vigilància zoonòtica a gran escala i per identificar i aplicar mesures de prevenció als hàbitats potencialment sensibles.

5. Conclusions

En aquest treball s'han pogut quantificar les diferències en la distribució i el comportament de cerca d'aliment a mar obert en relació amb l'edat d'un ocell marí oportunista, el gavià argentat, així com les implicacions en la dispersió de patògens.

L'observació de la distribució espacial ha permès veure com els individus adults es troben lligats a la ciutat de Barcelona i, com la competència pels recursos pot donar lloc a una segregació en l'hàbitat marí. L'estudi del temps al mar i dels comportaments associats a les posicions marines ha mostrat com els individus adults fan un ús òptim del medi marí (mitjançant la cerca extensiva) que els permet tornar ràpidament al niu per alimentar als seus polls, mentre que immadurs i juvenils inverteixen més temps a descansar.

L'estudi dels comportaments associats a les posicions a mar també ha permès veure com els individus juvenils necessiten donar més voltes per a alimentar-se (cerca intensiva). Els individus immadurs es troben en un punt entremig, són més hàbils i tenen més coneixements que els juvenils, però no són encara individus reproductors com els adults i, és per això, que en alguns aspectes com el temps emprat a mar no mostren diferències significatives amb cap de les dues classes d'edat.

Així les diferències entre edats es deuen principalment a dos factors: (1) el fet que, a diferència dels individus immadurs i juvenils, els adults estaven reproduint-se, que permet diferenciar als adults dels altres grups d'edat (2) les diferències ontogenètiques relacionades amb l'aprenentatge de l'individu a mesura que creix, que permet diferenciar entre adults i juvenils

Per finalitzar les dades de l'estudi del potencial zoonòtic han posat de manifest la baixa incidència de bacteris com *Salmonella*, *Campylobacter* i *Listeria*, i per contra el paper potencial del gavià argentat en la difusió i propagació de bacteris resistents com *Escherichia coli*, proporcionant una valuosa informació del risc de propagació zoonòtica, des de l'escala local fins a la regional i internacional.

6. Producció científica del projecto

6.1. Publicacions en revistes científiques indexades en el SCI

Publicades:

- Martín-Velez V, Montalvo T, Afán I, Sánchez-Márquez A, Aymí R, Figuerola J, Lovas-Liss Á, Navarro J (2022) Gulls living in cities as overlooked seed dispersers within and outside urban environments. *Science of the Total Environment*, in press
- Carmona M, Aymí R, Navarro J (2021) Importance of predictable anthropogenic food subsidies for an opportunistic gull inhabiting urban ecosystems. *European Journal of Wildlife Research* 67:9
- Méndez A, Montalvo T, Aymí R, Carmona M, Figuerola J, Navarro J (2020) Adapting to urban ecosystems: unravelling the foraging ecology of an opportunistic predator living in cities. *Urban Ecosystems* 23, 1117–1126

En revisió:

- Gimeno M, García JA, Afán I, Aymí R, Montalvo T, Navarro J (en revisió) Age-related differences in foraging behaviour at sea and interactions with fishing vessels in an opportunistic gull inhabiting urban marine environments. *ICES Journal of Marine Science*

6.2. Treballs Fi de Grau

Finalizats

- VICTOR GORDILLO (2021) Breeding biology of the yellow-legged gull (*Larus michahellis*) inhabiting the Zoo of Barcelona. TFG project. Bachelor in Veterinary. Universitat de Lleida (Spain)
- MIRIAM GIMENO (2021) *Fishing activity patterns and movement of marine scavengers*. TFG project. Bachelor in Marine Sciences. Universitat de Barcelona (Spain)
- MARIA CARMONA (2019) *Population structure and distribution of the yellow-legged gull (Larus michahellis) in Barcelona*. TFG project. Bachelor in Biology. Universitat de Barcelona (Spain)

6.3. Treballs Fi de Màster

Finalizats

- ADRIÁN MÉNDEZ (2019) *Foraging strategies of an opportunistic seabird living in urban environments*. Master in Biodiversity- Universitat de Barcelona. Supervised with Tomas Montalvo.

En execució

- MARC VEZ: *Effects of the COVID-19 lockdown on the foraging ecology of an opportunistic predator inhabiting urban environments*. Master in Biodiversity - Universitat de Barcelona.

6.4. Congressos

- 2019: BCN Gulls, el gavià argentat a Barcelona: Tertúlia Aula Ambiental Sagrada Família, Barcelona
- 2019: Ecology of an opportunistic predator living in an urban ecosystem: the yellow-legged gull in Barcelona. International Gull Meeting 2019, San Sebastián
- 2019: Investigating the ecology of an opportunistic predator living in urban ecosystems: the yellow-legged gull in Barcelona. European Congress of Ornithology, Cluj-Napoca, Romania

6. Agraïments

A tot el personal del Zoo de Barcelona, en especial a Pablo Cermeño, Camilo Iriondo, Josep Colell i Miquel Serra per la seva ajuda en la captura i seguiment dels individus a les instal·lacions del Zoo. A tots els voluntaris de l'Institut Català d'Ornitologia pel seu suport en les tasques d'anellament.

7. Bibliografia

- Anton, M., Vila, S. H., Garcia, D., Parareda, X. F., & Cebrian, R. (Eds.). (2017). *Atlas dels ocells nidificants de Barcelona*, 1ra Ed. *Edicions de la Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain*.
- Arcos, J. M., Oro, D., & Sol, D. (2001). Competition between the yellow-legged gull *Larus cachinnans* and Audouin's gull *Larus audouinii* associated with commercial fishing vessels: The influence of season and fishing fleet. *Marine Biology*, 139(5), 807–816. <https://doi.org/10.1007/s002270100651>
- Baert, J. M., Stienen, E. W. M., Verbruggen, F., Van de Weghe, N., Lens, L., & Müller, W. (2021). Context-dependent specialisation drives temporal dynamics in intra- and inter-individual variation in foraging behaviour within a generalist bird population. *Oikos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/oik.08067>
- Belant J. L (1997) Gulls in urban environments: landscape-level management to reduce conflict. *Landsc Urban Plan* 38:245–258. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00037-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00037-6)
- Castillo-Contreras R, Carvalho J, Serrano E et al (2018) Urban wild boars prefer fragmented areas with food resources near natural corridors. *Sci Total Environ* 615:282–288. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.277>
- Catry, P., Campos, A., Almada, V., & Cresswell, W. (2004). Winter segregation of migrant European robins *Erithacus rubecula* in relation to sex, age and size. *Journal of Avian Biology*, 35(3). <https://doi.org/10.1111/j.0908-8857.2004.03266.x>
- Cerdà-Cuellar, M. et al. ¿Propagan los humanos las bacterias entéricas zoonóticas en la Antártida? *Sci. Total Environ.* 654, 190-196 (2019).
- Daszak, P., Cunningham, A. A. & Hyatt, A. D. Emerging Infectious Diseases of Wildlife- Threats to Biodiversity and Human Health. *Science* 287, 443-449 (2000).
- De Grissac, S., Bartumeus, F., Cox, S. L., & Weimerskirch, H. (2017). Early-life foraging: Behavioral responses of newly fledged albatrosses to environmental conditions. *Ecology and Evolution*, 7(17), 6766–6778. <https://doi.org/10.1002/ece3.3210>
- De Grissac, S., Börger, L., Guitteaud, A., & Weimerskirch, H. (2016). Contrasting movement strategies among juvenile albatrosses and petrels. *Scientific Reports*, 6, 1–12. <https://doi.org/10.1038/srep26103>
- EMODnet Bathymetry Consortium (2020). EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2020). *EMODnet Bathymetry Consortium*. <https://doi.org/10.12770/bb6a87dd-e579-4036-abe1-e649cea9881a>
- García-Petit, J., Martí, M., & Tomàs, X. (1986). Colonització de la ciutat de Barcelona pel gavià argentat (*Larus cachinnans*). *Miscel·lània Zoològica*, 10, 401–403.

- Garriga, J., Palmer, J. R. B., Oltra, A., & Bartumeus, F. (2016). Expectation-maximization binary clustering for behavioural annotation. *PLoS ONE*, 11(3), 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151984>
- Gutowsky, S. E., Tremblay, Y., Kappes, M. A., Flint, E. N., Klavitter, J., Laniawe, L., Costa, D. P., Naughton, M. B., Romano, M. D., & Shaffer, S. A. (2014). Divergent post-breeding distribution and habitat associations of fledgling and adult Black-footed Albatrosses *Phoebastria nigripes* in the North Pacific. *Ibis*, 156(1), 60–72. <https://doi.org/10.1111/ibi.12119>
- Idescat. (2019). Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Direcció General de Pesca i Afers Marítims. <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=468>
- IDMA. (2019). The control of the Landing Obligation in Spain. In *Client Earth*. <https://www.documents.clientearth.org/library/download-info/the-control-of-the-landing-obligation-in-spain/>
- Lameris, T. K., Müskens, G. J. D. M., Kölzsch, A., Dokter, A. M., Van der Jeugd, H. P., & Nolet, B. A. (2018). Effects of harness-attached tracking devices on survival, migration, and reproduction in three species of migratory waterfowl. *Animal* 20
- Méndez, A., Montalvo, T., Aymí, R., Carmona, M., Figuerola, J., & Navarro, J. (2020). Adapting to urban ecosystems: unravelling the foraging ecology of an opportunistic predator living in cities. *Urban Ecosystems*, 23(5), 1117–1126. <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00995-3>
- Migura-García, L., Ramos, R. & Cerdà-Cuellar, M. Resistencia antimicrobiana de serovares de Salmonella y Campylobacter spp. aislados de una especie de gaviota oportunista, la gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*). *J. Wildl. Dis.* 53, 148-152 (2017).
- Navarro, J., Aymí, R., Carmona, M., Méndez Beltrán, A., Nos, D., Figuerola, J., & Montalvo, T. (2019). *Investigating the ecology of an opportunistic predator living in urban ecosystems: the yellow-legged gull in Barcelona*. <http://hdl.handle.net/10261/204573>
- Navarro, J., Grémillet, D., Afán, I., Miranda, F., Bouten, W., Forero, M. G., & Figuerola, J. (2019). Pathogen transmission risk by opportunistic gulls moving across human landscapes. *Scientific reports*, 9(1), 1-5.
- Oro, D., Genovart, M., Tavecchia, G., Fowler, M. S., & Martínez-Abraín, A. (2013). Ecological and evolutionary implications of food subsidies from humans. *Ecology Letters*, 16(12), 1501–1514. <https://doi.org/10.1111/ele.12187>
- Parra-Torres, Y., Ramírez, F., Afán, I., Aguzzi, J., Bouten, W., Forero, M. G., & Navarro, J. (2020). Behavioral rhythms of an opportunistic predator living in anthropogenic landscapes. *Movement Ecology*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s40462-020-00205-x>
- QGIS Development Team (2020). QGIS geographic information system. *Open Source Geospatial Foundation Project*. <http://qgis.osgeo.org>
- Ramírez F, Afán I, Bouten W, Carrasco JL, Forero MG, Navarro J (2020) Humans shape the year-round distribution and habitat use of an opportunistic scavenger. *Ecol Evol*. <https://doi.org/10.1002/ece3.6226>
- Ramos, R., Ramírez, F., Carrasco, J. L., & Jover, L. (2011). Insights into the spatiotemporal component of feeding ecology: An isotopic approach for conservation management sciences. *Diversity and Distributions*, 17(2). <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00736.x>
- Riotte-Lambert, L., & Weimerskirch, H. (2013). Do naive juvenile seabirds forage differently from adults? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1768). <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.1434>
- Rizzatti, M., Lampert Batista, N., Cezar Spode, P. L., Bouvier Erthal, D., Mauro de Faria, R., Volpato Scotti, A. A., Trentin, R., Petsch, C., Turba Costa, I., & Quoos, J. H. (2020). Mapeamento da COVID-19 por meio da densidade de Kernel. *Metodologias e Aprendizagem*, 3(2012), 44–53. <https://doi.org/10.21166/metapre.v3i0.1312>
- Schmid-Hempel, P. (1988). Stephens, D. W., and J. R. Krebs, *Foraging Theory*, Princeton University Press, Princeton. 1986. 247 pp. \$ 14.50 (pbk.) \$ 40.00 21. *Journal of Evolutionary Biology*. <https://doi.org/10.1046/j.1420-9101.1988.1010086.x>
- Spelt A, Williamson C, Shamoun-Baranes J, Shepard E, Rock P, Windsor S (2019) Habitat use of urban-nesting lesser black-backed gulls during the breeding season. *Sci Rep* 9:10527. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46890-6>

- Schwartz ALW, Williams HF, Chadwick E et al (2018) Roadkill scavenging behaviour in an urban environment. *J Urban Ecol* 4. <https://doi.org/10.1093/jue/juy006>
- Thaxter, C. B., Ross-Smith, V. H., Clark, J. A., Clark, N. A., Conway, G. J., Marsh, M., Leat, E. H. K., & Burton, N. H. K. (2014). A trial of three harness attachment methods and their suitability for long-term use on Lesser Black-backed Gulls and Great Skuas. *Ringing and Migration*. <https://doi.org/10.1080/03078698.2014.995546>
- Vergara, A. et al. Prevalencia de Escherichia coli productora de ESBL y/o carbapenemasas aislada de gaviotas patiamarillas de Barcelona, España. *Antimicrob. Agents Chemother.* 61, AAC.02071-16 (2016).
- Taff, C. C. et al. Influencia de la ecología y el comportamiento del huésped en la prevalencia de Campylobacter jejuni y el riesgo de contaminación ambiental en una especie de ave silvestre sinantrópica. *Appl. Environ. Microbiol.* 82, 4811-4820 (2016).