

Títol del treball:

LA DIETA DEL CORB MARÍ EMPLOMALLAT DEL MEDITERRANI

Estudiant: Anna M^a Fuentes López-Dóriga

Grau en Biologia

Correu electrònic: u1929484@campus.udg.edu

Tutor: Pere Pons

Cotutor*:

Empresa / institució: Universitat de Girona

Vistiplau tutor (i cotutor*):

Nom del tutor: Pere Pons

Nom del cotutor*:

Empresa / institució: Universitat de Girona

Correu(s) electrònic(s): pere.pons@udg.edu

*si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 18/07/2018

**LA DIETA DEL CORB MARÍ
EMPLOMALLAT DEL MEDITERRANI
(*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*)**



Anna M^a Fuentes López-Dóriga

Tutor: Pere Pons

Treball de Final de Grau de Biologia

Facultat de Ciències, Universitat de Girona

Curs 2017-2018

RESUM

El corb marí emplomallat (*Phalacrocorax aristotelis*) és una espècie d'au marina usada com a indicador de canvis en els ecosistemes marins. Presenta dues subespècies dins la Península Ibèrica: *P. a. aristotelis*, distribuïda per tota la costa càntabre-atlàntica, i *P. a. desmarestii*, distribuïda per diverses zones del litoral Mediterrani, essent endèmica del mateix i objecte d'aquest estudi. Aquesta subespècie disposa d'una baixa densitat de població reproductora als penya-segats rocosos de la costa mediterrània i es troba catalogada com a *Vulnerable* dins el *Llibre Vermell de les Aus d'Espanya*. Nombrosos estudis s'han centrat en estudiar la dieta de la subespècie nominal, en canvi, no hi ha tanta informació sobre la dieta de la subespècie del Mediterrani. El propòsit, per tant, d'aquest estudi és l'anàlisi de la dieta d'aquesta subespècie per tal de conèixer millor la seva ecologia i, consegüentment, poder-hi aplicar les mesures adients per a la seva conservació. El present projecte té, concretament, com a objectiu estudiar la dieta d'una colònia de *P. a. desmarestii* situada al Maresme durant l'època no reproductiva. D'aquesta manera, es pretén determinar si la subespècie del Mediterrani presenta una dieta més aviat generalista, com s'ha postulat en els estudis de la subespècie càntabre-atlàntica, o si per contra, és especialista. Per tal d'observar la composició de la dieta, s'han analitzat 91 egagròpiles, a partir de les quals s'han identificat un total de 9.322 otòlits *sagittae* de peixos, i s'han comparat els resultats entre 3 períodes (juliol, setembre i novembre). Posteriorment, s'ha comparat la longitud dels individus presa dels tàxons més abundants entre els mateixos 3 períodes. Essent aquests tàxons: l'espècie *Ariosoma balearicum*, dins la família *Congridae*, que representa un 77,8% de la dieta, la família *Sparidae* un 9,7%, el gènere *Gymnamodytes*, dins la família *Ammodytidae*, un 5% i la família *Trachinidae* un 4,5%. Amb tot això, s'ha pogut concloure que el corb marí emplomallat del Mediterrani, d'igual forma que la subespècie càntabre-atlàntica, presenta una dieta generalista basada en la disponibilitat de les espècies presa presents a la zona i que, tant la composició com les talles d'aquestes espècies presa, varien en funció de l'estacionalitat, possiblement a conseqüència de les variacions naturals en les poblacions dels peixos.

RESUMEN

El cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*) es una especie de ave marina usada como indicador de cambios en los ecosistemas marinos. Se diferencian dos subespecies en la Península Ibérica: *P. a. aristotelis*, distribuida por toda la costa cántabro-atlántica, y *P. a. desmarestii*, distribuida por diversas zonas del litoral Mediterráneo, siendo endémica del mismo y objeto de este estudio. Esta subespecie dispone de una baja población reproductora en los acantilados rocosos de la costa Mediterránea y se encuentra catalogada como *Vulnerable* en el *Libro Rojo de las Aves de España*. Múltiples estudios se han centrado en estudiar la dieta de la subespecie nominal, en cambio, no se dispone de tanta información en lo que a la dieta de la subespecie Mediterránea se refiere. El propósito, por tanto, de este estudio es analizar la dieta de esta subespecie con la finalidad de conocer mejor su ecología y, en consecuencia, ser capaces de aplicar las medidas más adecuadas para su conservación. El presente proyecto tiene, concretamente, como principal objetivo estudiar la dieta de una colonia de *P. a. desmarestii* situada en el Maresme durante la época no reproductiva. De esta forma, se pretende determinar si la subespecie del Mediterráneo presenta una dieta más bien generalista, como se ha postulado en estudios realizados sobre la subespecie cántabro-atlántica o si, contrariamente, es especialista. Con tal de observar la composición de la dieta, se han analizado un total de 91 egagrópilas, a partir de las cuales se han podido identificar 9.322 otolitos *sagittae* de peces, y se han comparado los resultados entre tres períodos (julio, septiembre i noviembre). Posteriormente, se ha comparado la longitud de los individuos presa de los taxones más abundantes entre los mismos tres períodos. Estos taxones serían: la especie *Ariosoma balearicum*, dentro de la familia *Congridae*, que representa un 77,8% de la dieta, la familia *Sparidae* un 9,7%, el género *Gymnamodytes*, dentro de la familia *Ammodytidae*, un 5% i la familia *Trachinidae* un 4,5%. Finalmente, se ha podido concluir que el cormorán moñudo del Mediterráneo, como la subespecie cántabro-atlántica, presenta una dieta generalista basada en la disponibilidad de las especies presa presentes en la zona y que, tanto la composición como las tallas, de estas especies presa, varían en función de la estacionalidad, posiblemente a consecuencia de cambios naturales en las poblaciones de peces.

ABSTRACT

The European Shag (*Phalacrocorax aristotelis*) is a seabird species used as an indicator of changes in marine ecosystems. Two subspecies exist in the Iberian Peninsula: *P. a. aristotelis*, distributed along the Cantabric-Atlantic coast, and *P. a. desmarestii*, distributed throughout several Mediterranean littoral areas, where is endemic from, being the former one, the object of this study. This subspecies has a low reproductive population in the rocky cliffs of the Mediterranean coast and is listed as *Vulnerable* in the *Red Book of the Birds of Spain*. Up to now, multiple studies have focused on studying the diet of the nominal subspecies, however, there is not as much information available regarding the diet of the Mediterranean subspecies. Therefore, the purpose of this study is to analyze the diet of this subspecies in order to improve the knowledge about its ecology to apply the most appropriate measures for its conservation. Specifically, the main objective of this project is to study the diet of a colony of *P. a. desmarestii* located in the Maresme during the non-breeding season. In this way, it is expect to determine if the subspecies of the Mediterranean has an opportunistic diet, like other studies had been postulated for the Cantabrian-Atlantic subspecies, or it is specialist. In order to observe the composition of the diet, a total of 91 pellets have been analyzed, identifying 9,222 *sagittae* otoliths of the fish. The results have been compared between three periods: July, September and November. Also, the preys length of the most abundant taxa has been compared between the same three periods. These taxa were: the species *Ariosoma balearicum*, which belongs to the *Congridae* family, which represents the 77.8% of the diet, the *Sparidae* family the 9.7%, the *Gymnammodytes* genus, which belongs to the *Ammodytidae* family, the 5% and the *Trachinidae* family the 4.5%. Finally, it has been concluded that the Mediterranean shag, as the Cantabrian-Atlantic subspecies, has an opportunistic diet based on the availability of prey species. Additionally, the composition and sizes of these prey species varying according to seasonality, maybe as a result of natural fluctuations in fish populations.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. El corb marí emplomallat	1
1.2. Dieta del corb marí emplomallat.....	3
1.3. Els otòlits com a objecte d'estudi	4
2. OBJECTIVES	6
3. METODOLOGIA	6
3.1. Mostreig.....	6
3.2. Tractament de les mostres i identificació d'espècies de peixos	7
3.3. Biometria dels otòlits i les preses	9
3.4. Tractament de les dades	10
4. CRITERIS ÈTICS I DE SOSTENIBILITAT	12
5. RESULTATS	13
6. DISCUSSIÓ	19
7. CONCLUSIONS	21
8. PERSPECTIVES DE FUTUR	21
9. AGRAÏMENTS	22
10. BIBLIOGRAFIA	23

1. INTRODUCCIÓ

Les aus marines representen una peça clau en la xarxa tròfica del medi marí, per això molts estudis les usen com indicadors de canvis dins d'aquest ecosistema, esdevenint objectes d'estudi científic de gran importància (Morat *et al.*, 2011). Aquests depredadors, d'un alt nivell tròfic, informen, per exemple, sobre fluctuacions en poblacions de peixos o sobre diferents condicions oceanogràfiques com la temperatura de l'aigua, la densitat, la salinitat o els corrents marins. Això es deu a que aquestes condicions determinen la producció, distribució i abundància dels principals organismes presa dels ocells marins. (Montevecchi, 1993; Barrett *et al.*, 2007; Cosolo *et al.*, 2011).

1.1. El corb marí emplomallat

Més concretament, el corb marí emplomallat (*Phalacrocorax aristotelis*) és una espècie d'au marina que pertany a la família *Phalacrocoracidae*, dins l'ordre dels *Pelecaniformes*. Habita als penya-segats rocosos costaners de la regió Paleàrtica occidental, on s'han identificat tres subespècies: *P. a. riggenbachi*, *P. a. aristotelis*, i *P. a. desmarestii*. Les dues últimes són les úniques que es reproduïxen a la Península Ibèrica, on resideixen durant tot l'any. Les dues subespècies tenen una clara diferència pel que fa a la seva distribució, ja que, *P. a. aristotelis* ocupa bona part del litoral càntabre-atlàntic i *P. a. desmarestii*, en canvi, és endèmica del Mediterrani, nidificant des de Gibraltar fins al Mar Negre, essent l'objecte d'aquest estudi (Álvarez i Velando, 2007) (Figura 1).



Figura 1. Mapa on es mostra la distribució de l'espècie *Phalacrocorax aristotelis* a la Península Ibèrica i la zona de mostreig del present Treball de Fi de Grau. Dades extretes de *The IUCN Red List of Threatened Species*, 2018. Autor: Marc Morella.

La subespècie mediterrània es diferencia visualment de l'atlàntica per presentar una mida corporal més petita, un bec més llarg de tonalitat més groguenca i el plumall característic del cap, durant el plomatge reproductor, més curt (Al-Ismail *et al.*, 2013). A més, els juvenils són fàcilment identificables per presentar el ventre de color clar (Figura 2). Pel que fa a les dimensions, es tracta d'un ocell amb uns 65-80 centímetres de longitud, una envergadura alar d'entre 90 i 105 centímetres i una massa corporal que no acostuma a superar els 2 kilograms. Aquestes mesures considerables el converteixen en una espècie de fàcil albirament. També cal dir que, dins l'espècie no existeix dimorfisme sexual més enllà d'una mida i robustesa menor en les femelles (SEO BirdLife, 2016).



Figura 2. Imatges on s'observen: un corb marí emplomallat del Mediterrani (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*) adult anellat (esquerra) i un juvenil, de la mateixa subespècie, també anellat (dreta). Autors: Enric Badosa i Carles Tobella, 2017.

La població del corb marí emplomallat va patir una forta regressió a Espanya a finals de la dècada del 1970 com a conseqüència de la recollida d'ous i la caça, tant d'adults com de polls, per al consum humà. La seva inclusió a l'Annex de la Llei 4/1989, del 27 de març, de Conservació dels Espais Naturals i de la Flora i Fauna Silvestres, que comportava la prohibició d'aquestes activitats per tal d'assegurar la supervivència i la reproducció dins la seva àrea de distribució, va fer que a finals del segle XX la població es recuperés (Álvarez i Velando, 2007). Altres problemàtiques més actuals són: la sobrepesca de les espècies presa, la contaminació per hidrocarburs (un exemple extrem seria el vessament de petroli del *Prestige*, l'any 2002 (Velando *et al.*, 2005)), les molèsties ocasionades per l'ésser humà (ja sigui als nius o a la mar), les captures accidentals per diferents arts de pesca i el canvi climàtic. Aquestes amenaces per a la conservació de l'espècie afecten sobretot a la població de la subespècie cantàbre-atlànica. Per contra, tot i detectar grans fluctuacions interanuals en les poblacions reproductores (Cosolo *et al.*, 2011), sembla que la població de *P. a. desmarestii* s'ha vist incrementada en els últims anys, tot i això, aquesta subespècie es troba catalogada com a "Vulnerable" segons el *Llibre Vermell de les Aus d'Espanya* (Sallent *et al.*, 2017) per presentar una població reduïda dins el país i la qual, a causa de la present pressió urbanística, cada cop més estesa per tota la costa litoral de la Península, podria patir una davallada important (Muntaner, 2004). Com a conseqüència d'aquestes fluctuacions de la població del corb marí emplomallat, succeïdes en períodes curts de

temps, a causa de l'estreta relació que presenten amb les poblacions d'algunes espècies de peixos (per exemple amb la família *Ammodytidae*), es posa de manifest la necessitat d'aplicar mesures de gestió en les activitats pesqueres i en les amenaces antropogèniques, tant en zones de cria com en dormidors, per a la correcta conservació de l'espècie (Guyot, 1990; Badosa *et al.*, 2017).

Actualment, la població reproductora de la subespècie mediterrània s'estima entre les 3.000 i les 10.000 parelles en tot el Mediterrani (Guyot, 1990; Cosolo *et al.*, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013). Pel que fa a tot l'Estat Espanyol, es calcula un total d'unes 1.383 parelles reproductores, localitzant el 96% a les Illes Balears (Muntaner, 2004), situant a Mallorca la colònia de més grandària (Álvarez i Velando, 2007). Pel que fa, doncs, al territori de la Península, s'estima un valor d'unes 50 parelles distribuïdes entre: Catalunya, la Comunitat Valenciana, Murcia i Andalusia (Almeria). A partir d'aquestes dades, s'ha suggerit la idea que les Illes Balears actuen com a font de procedència d'individus que, posteriorment, es dispersen cap a altres zones de la Península (Al-Ismail *et al.*, 2013).

1.2. Dieta del corb marí emplomallat

El corb marí emplomallat és una espècie ictiòfaga molt lligada al medi marí que, en l'època de reproducció, s'alimenta dins d'un radi d'entre 7 i 17 kilòmetres de distància de la colònia (Cosolo *et al.*, 2011), realitzant immersions entre els 8 i 30 metres de profunditat, depenent de les característiques de la zona. Tot i que és una au que normalment s'alimenta de forma individual, s'han arribat a enregistrar cooperacions en grup, realitzant una estratègia per a facilitar la localització de moles de peixos, fet més necessari en zones d'elevada profunditat (Barros *et al.*, 2016). Els seus objectius presa solen ser espècies d'ecologia bentònica, sobretot de fons sorrencs, però també demersals i pelàgiques, pel que s'ha classificat l'espècie com a oportunista, ja que varia els seus hàbits, espacial i temporalment, segons la disponibilitat d'espècies presa i la localització (Coloso *et al.*, 2011; Hillersøy, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013). El tipus de substrat, per tant, és una variable molt determinant per al tipus d'espècies preses i, consegüentment, per a la composició de la dieta del corb marí emplomallat (Velando *et al.*, 1999).

La dieta del corb marí emplomallat ha estat un tema de gran interès científic, sobretot pel que fa a la subespècie *P. a. aristotelis*, ja un primer estudi l'any 1933 (Steven, 1933) va investigar la seva dieta per intentar esbrinar l'impacte d'aquesta au en les poblacions d'espècies de peixos comercials (Velando *et al.*, 1999). Aquests estudis han observat com a presa principal individus de les famílies: *Ammodytidae* (38-100%), *Gadidae* (40-69%) i *Labridae* (0-52%) (Lumsden i Haddow, 1946; Harris i Wanless, 1991; Velando *et al.*, 1999; Morat *et al.*, 2011). Per contra, hi ha menys informació sobre la dieta de *P. a. desmarestii*, la qual sembla ser més variada, prenent importància les famílies: *Labridae*, *Ammodytidae*, *Atherinidae*, *Sparidae* i *Gobiidae* (Morat *et al.*, 2007; Cosolo *et al.*, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013).

Existeixen diversos mètodes per tal d'estudiar la dieta de les aus marines, com: observacions directes *in situ*, anàlisis d'excrements o dels continguts estomacals (ja sigui d'individus morts o d'obtenicions de mostres, d'individus vius, mitjançant rentats estomacals), realització de mostresjos histològics per a l'estudi d'isòtops estables o àcids

grassos, o l'examinació d'egagròpiles produïdes per aquests animals (Johnstone *et al.*, 1990; Harris i Wanless, 1993; Barret *et al.*, 2007).

1.3. Els otòlits com a objecte d'estudi

Diferents estudis han conclòs que els corbs marins emplomallats regurgiten d'una a dues egagròpiles diàriament. Aquestes egagròpiles contenen, recobertes per un mucus, material no digerit com ara dents, parts de crustacis, otòlits i pedres petites (Harris i Wanless, 1991; Johnstone *et al.*, 1999; Morat *et al.*, 2011). Per tal de conèixer més concretament la composició de la seva dieta, s'han realitzat múltiples estudis, com és el cas del present, fonamentats en l'anàlisi dels otòlits trobats en les egagròpiles produïdes, els quals també permeten esbrinar la longitud i biomassa de les preses a partir de la longitud i alçada dels otòlits trobats (Hillersøy, 2011). Es tracta d'un bon mètode per diferents motius (Harris i Wanless, 1991):

1. És una tècnica no invasiva.
2. Es poden obtenir mostres de forma regular.
3. Es pot arribar a identificar fàcilment, si hi són presents, un gran nombre de preses.

Els otòlits són concrecions, del líquid endolimfàtic, compostes principalment per cristalls de carbonat de calci, en forma d'aragonita o vaterita, disposats sobre una matriu proteica de conquiolina (Leta i Keim, 1982). Existeixen 3 otòlits a cada costat dels peixos teleostis, un parell de cada tipus, anomenats: *sagitta*, *asteriscus* i *lapillus*. Es localitzen a les cambres òtiques respectives (*sacculus*, *lagena* i *utriculus*) dels canals semicirculars de l'aparell vestibular, dins l'orella interna (Figura 3). La seva funció es relaciona amb el sentit de l'equilibri ja que, segons el moviment del cap del peix, exerceixen diferents pressions sobre les màcules vestibulars, informant així d'un tipus de moviment o un altre. Aquestes estructures s'analitzen i s'empren en temàtiques molt variades com podrien ser estudis ecotròfics, paleontològics, arqueològics o filogenètics (Volpedo i Vaz-dos-Santos, 2015).

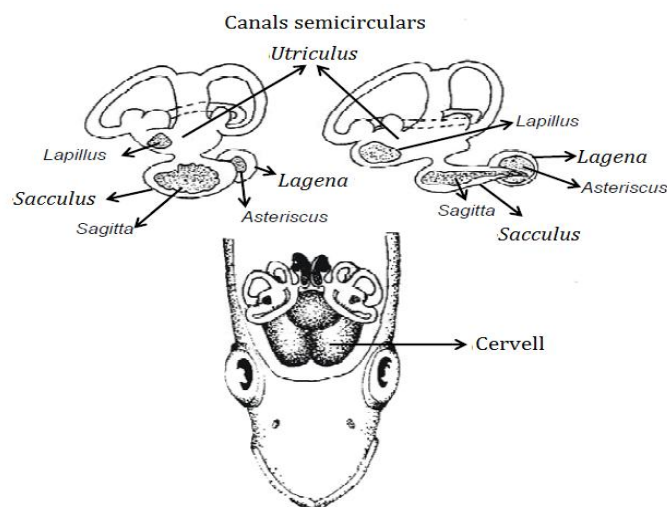


Figura3. Figura on es representen les vistes laterals de l'orella interna d'un peix teleostí, amb els 3 tipus d'otòlits situats a les cambres òtiques respectives. També es representa la vista superior del cap del peix, on s'observa la ubicació de l'orella interna. Extreta de *Métodos de estudios con otolitos: principios y aplicaciones* (Volpedo i Vaz-dos-Santos, 2015).

En aquest estudi, basat en la composició de la dieta del corb marí emplomallat del Mediterrani, s'ha analitzat l'otòlit *sagitta* (Figura 4). Aquest tipus d'otòlit és el més estudiat per presentar una major variabilitat morfològica entre espècies (Tuset *et al.*, 2008), unes dimensions més grans (Leta i Keim, 1982), unes característiques més fàcilment identificables i una elevada freqüència dins dels continguts estomacals de depredadors i en els registres fòssils (Volpedo i Vaz-dos-Santos, 2015).

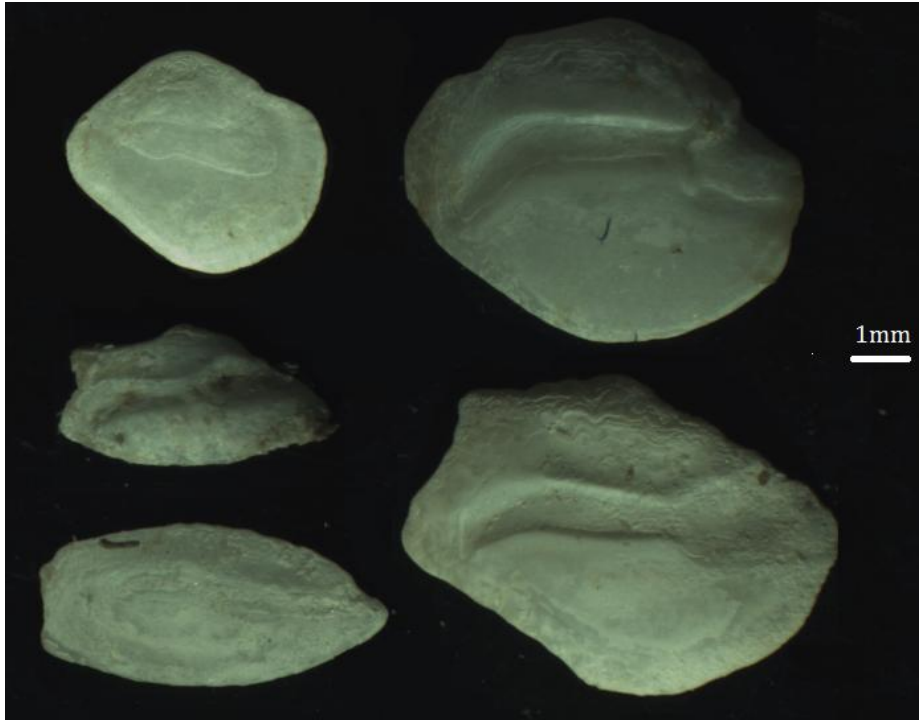


Figura 4. Fotografia on es poden observar les diferents morfologies de 5 otòlits *sagittae*, del costat dret, d'espècies diferents. Autora: Anna M^a Fuentes, 2018.

No obstant això, hi ha certes problemàtiques associades a aquest tipus d'estudi, com ara la possible digestió parcial dels otòlits abans de produir-se la regurgitació, fet que pot influir en els resultats. En aquest cas, les espècies de peixos de mida petita serien les més afectades a causa de la subestimació de la seva mida i biomassa a partir de la mesura dels otòlits trobats. Un altre error pot ser la sobreestimació de l'abundància d'espècies presa deguda a la possibilitat de tractar-se d'espècies presa secundàries, és a dir, si l'ocell va ingerir un peix que havia depredat un altre peix anteriorment. Així i tot, l'ús d'egagròpiles és un bon mètode per a l'estudi de la dieta del corb marí emplomallat, i en general de les aus marines, potser no tant a nivell d'abundància però sí a nivell de composició, per detectar diferències a escala espacial i temporal (Velando *et al.*, 1999; Barrett *et al.*, 2007; Hillersøy, 2011).

2. OBJECTIVES

The main aims for this project are:

- 1) To determine the Mediterranean European Shag's diet composition. Otoliths found in pellets were collected in a communal roosting site of the Catalan coast during the non-breeding season.
- 2) To compare the composition and the length of prey species found in pellets between three periods of the non-breeding season (July, September and November).

3. METODOLOGIA

3.1. Mostreig

L'estudi d'aquest Treball de Final de Grau s'ha efectuat dins del projecte de Seguiment del Corb Marí Emplomallat a la Costa Catalana, amb Carles Tobella com a coordinador, emmarcat pel Grup de Recerca en Biologia Animal de la Universitat de Girona (UdG). El present Treball de Fi de Grau es va realitzar a partir de l'estudi d'un total de 91 egagròpiles de corb marí emplomallat del Mediterrani (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*), recollides per una persona durant un matí en tres períodes diferents (15 de juliol, 23 de setembre i 7 de novembre) l'any 2017. El treball de camp i, per tant, les mostres a analitzar van ésser facilitades per l'equip del projecte que, amb una freqüència de 15 dies, recull les egagròpiles de corb marí emplomallat a una mateixa àrea (Figura 5), coincidint amb el dormidor de la colònia situada a la comarca catalana del Maresme, concretament al municipi de Calella de Mar, a la zona dels penya-segats que es troba entre la platja de la Roca Grossa i el far de Calella. Aquest dormidor només es troba actiu durant l'època postnupcial (no reproductora) de l'espècie, que correspon al període de temps comprès entre els mesos de maig i desembre. L'àrea prospectada pot variar uns pocs metres en funció de si els ocells canvien la seva posició. Per altra banda, hi ha egagròpiles que no es recullen per trobar-se en mal estat (s'han assecat i s'han trencat o han estat trepitjades pels mateixos individus o, fins i tot, han servit d'aliment a diferents artròpodes com ara: formigues, vespes, etc.) Tot i això, s'assegura en cada prospecció la recollida del total d'egagròpiles, en bon estat, presents al dormidor, i es calcula una durada màxima de 15 dies per a les egagròpiles a la intempèrie.



Figura 5. Mapa on s'observa l'àrea de mostreig prospectada per a l'estudi, al municipi de Calella de Mar. Autor: Marc Morella.

3.2. Tractament de les mostres i identificació d'espècies de peixos

Aquesta fase de la metodologia va ésser realitzada al laboratori del grup de recerca per l'autora del present TFG. Primerament, per tal de processar les mostres correctament, calia que els otòlits es separessin del mucus, per això es va procedir a estovar totes les mostres, dipositant-les individualment en diferents pots amb una solució d'aigua i una gota de sabó. Cada pot es va identificar anotant el període, la zona de mostreig i si es tractava de mostres fresques (regurgitades la nit abans al mostreig) o seques (regurgitades amb anterioritat a la nit abans del mostreig), tot observant si el sobre que contenia l'egagròpila es trobava enganxat a la mostra o no. Transcorregudes 48 hores es va iniciar l'anàlisi de cadascuna de les egagròpiles mitjançant un estereomicroscopi o lupa binocular OLYMPUS SZH10 i una font de llum freda halògena OLYMPUS HIGHLIGHT 2100, per tal d'assegurar la detecció de tots els otòlits *sagittae*, fins i tot els més petits, presents a cada mostra (Figures 6 i 7). Els otòlits trobats per cada egagròpila es van deixar assecar i es van col·locar en eppendorfs identificats corresponentment segons la mostra i la mida. Si en la mostra a analitzar es trobaven pedres, paràsits, parts de crustacis, llavors o d'altres, s'anotava i es guardaven en diferents eppendorfs degudament rotulats.



Figura 6. Imatge on s'observa la instrumentació emprada, l'estereomicroscopi i la font externa de llum halogenada, per a la detecció dels otòlits. També s'hi observen alguns pots, degudament rotulats, que contenen les diferents egagròpiles. Autora: Anna M^a Fuentes, 2018.



Figura 7. Imatge on s'observa una egagròpila, disposada sobre una placa de petri, després d'estar 48 hores en una solució d'aigua i una gota de sabó. Autora: Anna M^a Fuentes, 2018.

Tot seguit, per tal de conèixer exactament el nombre total d'individus presents en cadascuna de les mostres, es van aparellar, sempre que va ésser possible, els otòlits dret i esquerre per a una mateixa espècie i mida i, aleshores, es va comptabilitzar únicament un otòlit per parella. Si per contra, hi havia otòlits sense aparellar es comptabilitzaven cadascun d'ells com a un individu. En el cas en que els otòlits d'una mateixa espècie i mida superaven les 50 unitats per mostra es va estimar el nombre d'individus, dividint per dos el nombre total d'otòlits trobats, sense realitzar l'aparellament.

Seguidament, es van dur a terme les fotografies dels otòlits mitjançant l'acoblament d'una càmera digital CMEX PRO-5 a l'estereomicroscopi OLYMPUS SZX12 i amb il·luminació procedent d'una font de llum freda halogenada OLYMPUS KL1500 LCD. Les fotografies es van realitzar sobre un fons negre per a un major contrast i emprant 2 centímetres de paper mil·limetrat com a escala de referència en cadascuna de les fotografies (Figura 8). Si el nombre d'otòlits d'igual espècie i mida per mostra era inferior a 50, es procedia a fotografiar el total de les parelles realitzades. Si, per contra, es superava aquesta xifra, només es fotografiava una fracció del total sense aparellar.

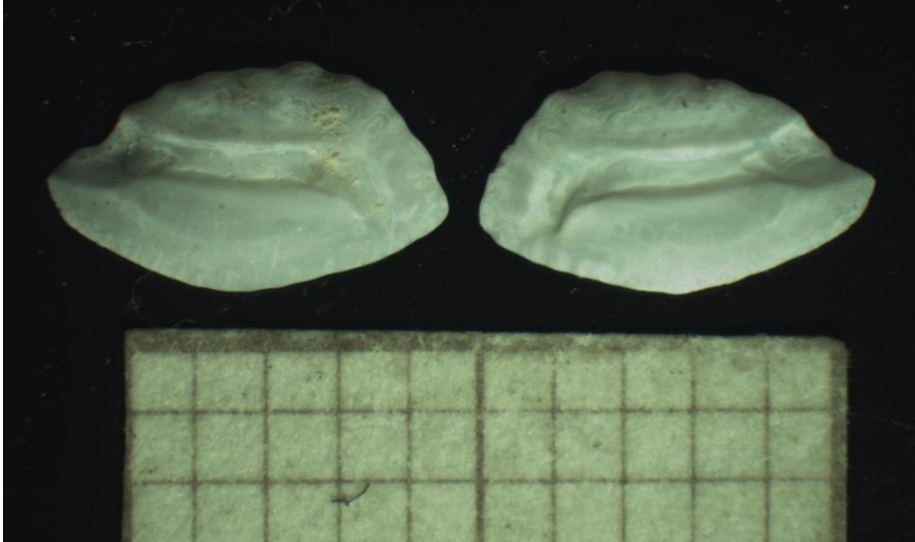


Figura 8. Fotografia realitzada al laboratori, a partir de l'acoblament d'una càmera a l'estereomicroscopi, on s'observa un parell d'otòlits de la família Sparidae, identificats posteriorment com a l'espècie *Spondyliosoma cantharus*, i el paper mil·limetrat usat com a escala. Autora: Anna M^a Fuentes, 2018.

La identificació d'otòlits es va realitzar, fins al nivell més concret possible (família, gènere o espècie), mitjançant la comparació de les fotografies realitzades amb imatges de la base de dades AFORO (Lombarte *et al.*, 2006) i el *Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic* (Tuset *et al.*, 2008). En algun cas concret va ésser necessari utilitzar el sistema de classificació automàtic de la base de dades AFORO (Lombarte *et al.*, 2006) que, mitjançant algorismes de transformació de Wavelet, reconeix els patrons del contorn i els compara amb la base de dades, donant diverses opcions específiques possibles segons la quantificació d'irregularitats, tot indicant els punts on els contorns difereixen. Excepcionalment, per tal d'identificar a nivell d'espècie els individus classificats dins la família *Trachinidae* va ésser necessari, primer, realitzar les mesures descrites a l'apartat següent.

3.3. **Biometria dels otòlits i les preses**

Inicialment, un cop es va disposar de tots els otòlits identificats, es van analitzar les fotografies realitzades mitjançant el programa de processament d'imatges *ImageJ*, obtenint així una mesura per cada parella d'otòlits, que es tradueix en un únic individu, a partir de mesurar la longitud de cadascun dels otòlits. A més, tal i com s'ha comentat anteriorment, en el cas d'aquells otòlits classificats dins la família *Trachinidae*, es va mesurar també l'alçada. Així doncs, a partir dels dos valors obtinguts, es va calcular una relació d'aspecte o *aspect ratio* (Equació 1) per tal de determinar, segons la proximitat amb els valors mitjans per a aquesta relació descrits a la base de dades AFORO (Lombarte *et al.*, 2006), a quina espècie pertanyia l'otòlit en qüestió.

$$\text{Aspect ratio} = \frac{\text{Alçada de l'otòlit}}{\text{Longitud de l'otòlit}} \quad \text{Equació 1}$$

D'altra banda, gràcies al paper mil·limetrat col·locat en cadascuna de les fotografies, es van convertir les mesures realitzades per l'*ImageJ*, de píxels a mil·límetres.

Pel que fa a les preses, inicialment, es va usar, com a factor de conversió entre la longitud de l'otòlit i la longitud del peix, l'equació potencial (Equació 2),

$$y = a \cdot x^b \quad \text{Equació 2}$$

on: y és la longitud del peix que es vol saber (en centímetres), x la longitud obtinguda en la mesura de l'otòlit (en centímetres), i les constants a i b valors extrets de la base de dades AFORO (Lombarte *et al.*, 2006) i d'altra bibliografia (Giménez *et al.*, 2016). Per a l'equivalència entre la longitud de peix i la biomassa de peix es va emprar la mateixa equació potencial, essent: y la biomassa de l'individu (en grams), x la longitud d'aquest (en centímetres) i extraient, en aquest cas, les constants a i b de la bibliografia (Morey *et al.*, 2003; Giménez *et al.*, 2016) i de la base de dades de FishBase (2018). Concretament, pel que fa a l'espècie *Ariosoma balearicum*, a la base de dades AFORO (Lombarte *et al.*, 2006), només disposàvem de dos valors, fet que implicava la realització d'una recta (Equació 3) en comptes d'una equació potencial.

$$y = a + b \cdot x \quad \text{Equació 3}$$

Aquesta equació però, portava implícit un error conceptual, ja que si la longitud de l'otòlit fos zero, forçosament la longitud del peix hauria d'esdevenir també zero, cosa que podia no complir-se segons l'equació de la recta. També es va observar que, al aplicar l'equació per a otòlits de petita longitud, s'obtenien valors negatius per a la longitud del peix. Per tal de solucionar aquests problemes, es va realitzar una aproximació, forçant a la línia de tendència a passar per un punt P proper a zero ($P(0,00001; 0,00001)$), obtenint així, amb el mínim de tres punts, una equació potencial d'igual forma en que s'havia realitzat per a les altres espècies.

3.4. Tractament de les dades

Abans de procedir a analitzar estadísticament les dades obtingudes, cal realitzar l'exploració de les mateixes i preguntar-se quins són els tests més adients per analitzar-les. Les dades atípiques o *outliers*, valors molt diferents en relació al conjunt de dades, tenen la capacitat de determinar el resultat en diferents anàlisis estadístiques. Per això, les gràfiques anomenades diagrames de caixes o *boxplots* són una bona eina per identificar aquests valors extrems dins d'un conjunt i, a més, situar la mediana i representar la difusió del total de dades. Si s'identifiquen dades atípiques produïdes per errors, per exemple de mostreig, es poden eliminar a l'hora de fer el tractament de les dades (Zuur *et al.*, 2010).

Un altre aspecte a tenir en compte és l'acompliment del supòsit d'homogeneïtat de variàncies o homoscedasticitat i el de normalitat per tal de realitzar diferents anàlisis com, per exemple, l'anàlisi de variància (ANOVA). Si les dades presenten heterogeneïtat o no segueixen una distribució normal, cal transformar-les per tal d'acomplir els supòsits. Si, tot i així, segueixen sense acomplir-los, caldrà emprar altres tècniques estadístiques que no assumeixin aquests supòsits per tal d'analitzar-les (Zuur *et al.*, 2010).

Per analitzar tot el conjunt de dades obtingudes es van emprar els programaris estadístics *R-Studio* i *R Commander*.

Per tal d'analitzar les dades estadísticament, primerament, es va realitzar una base de dades on es van anotar tots els valors i es van identificar i classificar els individus trobats segons la família, el gènere o l'espècie. Aleshores, es va fer un histograma per a cada període estudiat (juliol, setembre i novembre) on es representa la freqüència d'ocurrència (FO) (Equació 4), en forma de percentatge, per a totes les famílies identificades, emprant com a unitat mostral l'egagròpila.

$$FO = \frac{\text{Nombre d'egagròpiles on apareix l'espècie}}{\text{Nombre total d'egagròpiles}} \quad \text{Equació 4}$$

Així doncs, amb les 4 famílies, gèneres o espècies amb una freqüència d'ocurrència major (*Ariosoma balearicum*, *Gymnammodytes sp.*, *Sparidae* i *Trachinidae* (Figura 7)), es va realitzar un gràfic *boxplot*, comparant la longitud de cadascuna de les espècies (en centímetres) per als 3 períodes estudiats i, així, poder observar la distribució general de les dades obtingudes, la mediana i la possible presència d'*outliers*. Per tal de saber si aquestes comparacions temporals presentaven diferències significatives respecte a la longitud del peix, es va voler realitzar una anàlisi de variància (ANOVA), però les dades no complien els supòsits d'homoscedasticitat i de normalitat. Es va procedir, doncs, a transformar les variables successivament mitjançant logaritme, funció inversa, arrel quadrada i potència d'exponent 2. Només en un cas es va aconseguir normalitat i homogeneïtat de variàncies, al transformar les dades mitjançant logaritmes, per tant només en aquest cas es va poder realitzar l'anàlisi ANOVA. Per als altres 3 casos, tot i aplicar les transformacions, les dades seguien sense presentar una distribució normal. Com a alternativa es va realitzar el test no paramètric *Kruskal-Wallis*, que no pressuposa la normalitat de les dades. Després, per a aquelles espècies que presentaven diferències significatives en el nombre d'individus entre els tres períodes, es va realitzar el test de *Wilcoxon* per a dues mostres per tal d'observar entre quins dels 3 períodes era que hi havia diferències significatives.

Per altra banda, per tal de comparar els períodes segons la seva similitud respecte a la composició, també es va realitzar, de forma qualitativa, l'índex de similitud de *Jaccard* (Equació 5) que, únicament, té en compte les presències i absències de les famílies, gèneres i espècies segons el període. On *c* són les famílies, gèneres o espècies presents en els dos períodes, *a* les famílies, gèneres o espècies presents en un període i *b* les famílies, gèneres o espècies presents en l'altre. Els resultats es va representar mitjançant un dendrograma.

$$I_j = \frac{c}{a + b - c} \quad \text{Equació 5}$$

Finalment, per tal d'observar més concretament quines famílies representen millor cadascun dels períodes, es va fer una anàlisi multivariant. Concretament es va realitzar una anàlisi de components principals (PCA), emprant com a factors totes les famílies identificades en l'estudi, per una banda, i els 3 períodes estudiats, per l'altra.

4. CRITERIS ÈTICS I DE SOSTENIBILITAT

En el transcurs d'aquest estudi, s'han intentat realitzar cadascun dels procediments de la forma més ètica i responsable possible envers el corb marí emplomallat del Mediterrani, com a espècie objecte d'estudi, el seu hàbitat i el medi ambient en general. Aquests procediments serien, per exemple, l'obtenció de les mostres analitzades, duta a terme sense inferir directament sobre els individus estudiats ja que, en el moment de l'inici del mostreig els individus ja no es troben al dormidor. Per altra banda, el mètode emprat es caracteritza per ésser no invasiu, evitant, d'aquesta forma, la manipulació física dels ocells i, consegüentment, possibles canvis comportamentals que afectessin a l'espècie i al seu ecosistema (C.Tobella, comunicació personal, 2018).

A més, pel que fa al treball realitzat al laboratori, entès com a propi, sempre s'ha tingut en compte la reducció i reutilització del material emprat, per exemple, netejant els pots emprats o reutilitzant els sobres que contenen les egagròpiles, emprant-los com a superfície per tal d'assecar els otòlits trobats. Finalment, s'ha realitzat una correcta separació dels residus generats, conservant tot aquell material, trobat en les egagròpiles, que podia ésser interessant (otòlits, paràsits, cargols, pedres, pòlips d'hidrozous, etc.) i abocant la resta de matèria orgànica (mucus i espines) al contenidor pertinent. Totes aquestes accions es van fer pensant en l'impacte ambiental que suposaria no realitzar-les d'una forma adequada i, per tant, sostenible.

5. RESULTATS

Per tal d'estudiar la dieta del corb marí emplomallat del Mediterrani a un dormidor del Maresme, primerament, es van identificar tots els individus trobats dins les 91 egagròpiles analitzades, essent un nombre total de 4.661 individus, la classificació a nivell de família o d'espècie, quan va ésser possible, es troba a la Taula 1.

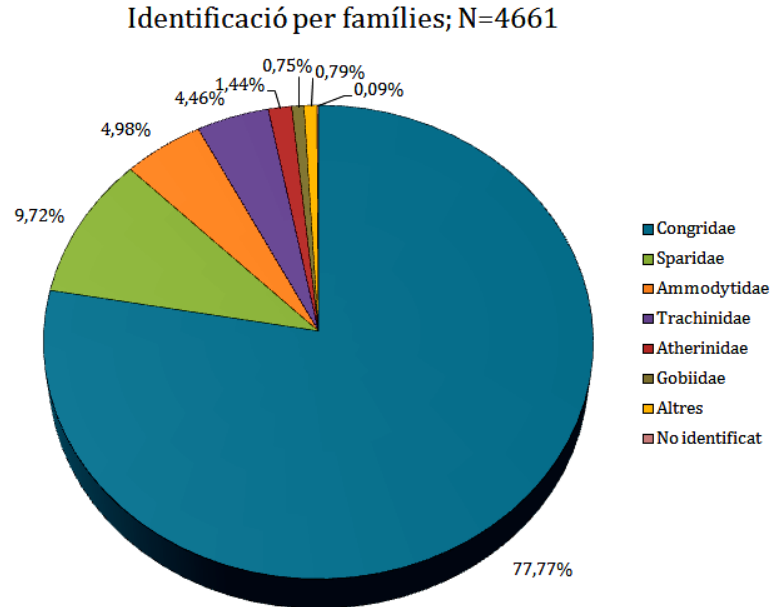
Taula 1. Classificació, segons família o espècie, del nombre d'individus identificats a partir dels otòlits trobats.

Família	Nº individus	Família	Nº individus
Espècie	Nº individus	Espècie	Nº individus
Ammodytidae	232	Ophidiidae	2
<i>Gymnammodytes sp.</i>	232	<i>Ophidion rochei</i>	2
Apogonidae	1	Phycidae	1
<i>Apogon imberbis</i>	1	<i>Phycis phycis</i>	1
Atherinidae	57	Scophthalmidae	1
<i>Atherina sp.</i>	57	Serranidae	1
Blenniidae	5	<i>Serranus sp.</i>	1
Bothidae	88	Sparidae	453
<i>Arnoglossus imperialis</i>	88	<i>Pagellus erythrinus</i>	32
Centracanthidae	8	<i>Diplodus sp.</i>	14
<i>Spicara maena</i>	8	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	3
Congridae	3625	Sphyraenidae	1
<i>Ariosoma balearicum</i>	3625	<i>Sphyraena sphyraena</i>	1
Gobiidae	45	Synodontidae	5
Labridae	2	<i>Synodus saurus</i>	5
<i>Symphodus sp.</i>	2	Trachinidae	208
Mugilidae	1	<i>Echiichthys vipera</i>	28
<i>Chelon auratus</i>	1	<i>Trachinus araneus</i>	88
Mullidae	1	<i>Trachinus draco</i>	46
<i>Mullus sp.</i>	1	<i>Trachinus radiatus</i>	46
		No identificat	4

En total, per a les espècies presa del corb marí emplomallat del Mediterrani es van identificar un total de 19 famílies i 21 espècies diferents.

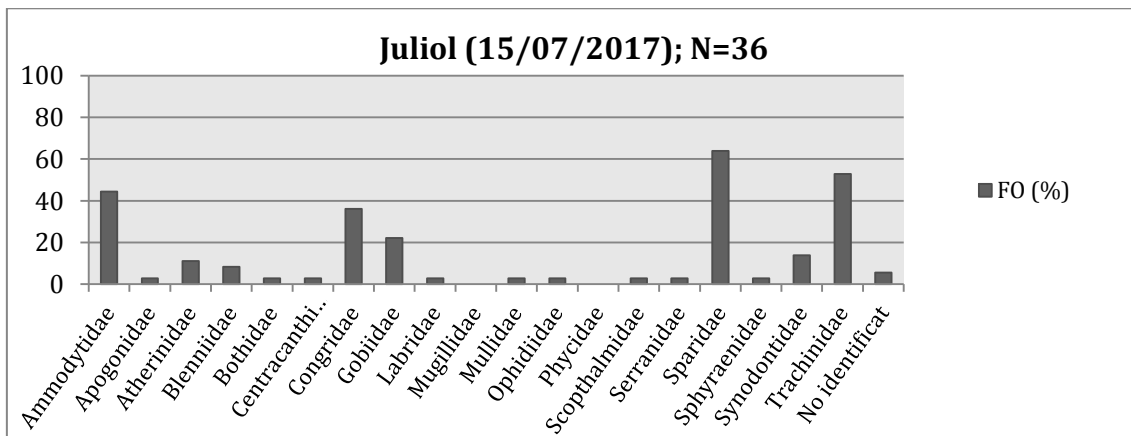
Una representació més visual de les principals famílies identificades, en forma de percentatge, es mostra al Gràfic 1. L'espècie *Ariosoma balearicum*, de la família *Congridae*, seria la més comuna (77,77%), seguida de la família *Sparidae* (9,72%), el gènere *Gymnammodytes*, dins la família *Ammodytidae* (4,98%), la família *Trachinidae* (4,46%), el gènere *Atherina*, dins la família *Atherinidae*, (1,44%) i la família *Gobiidae* (0,75%). Altres famílies representarien un total del 0,79%, dins les quals hi hauria les famílies *Bothidae* i *Centracanthidae* amb un 0,17% cadascuna, *Blenniidae* i *Synodontidae* amb un 0,11%, *Labridae* i *Ophidiidae* amb un 0,04%, i amb un 0,02% cadascuna les famílies següents:

Apogonidae, Mugilidae, Mullidae, Phycidae, Scophthalmidae, Serranidae i *Sphyraenidae*. Per altra banda, 4 individus no es van poder identificar pel fet d'estar fragmentats o massa desgastats, representen un 0,09% del total.

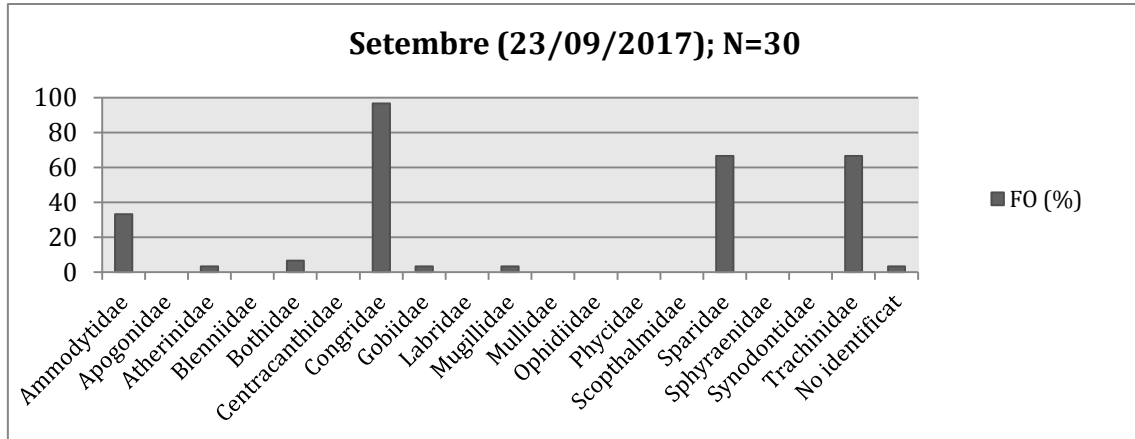


Gràfic 1. Gràfic que representa, en forma de percentatge, les famílies més abundants identificades a partir dels otòlits.

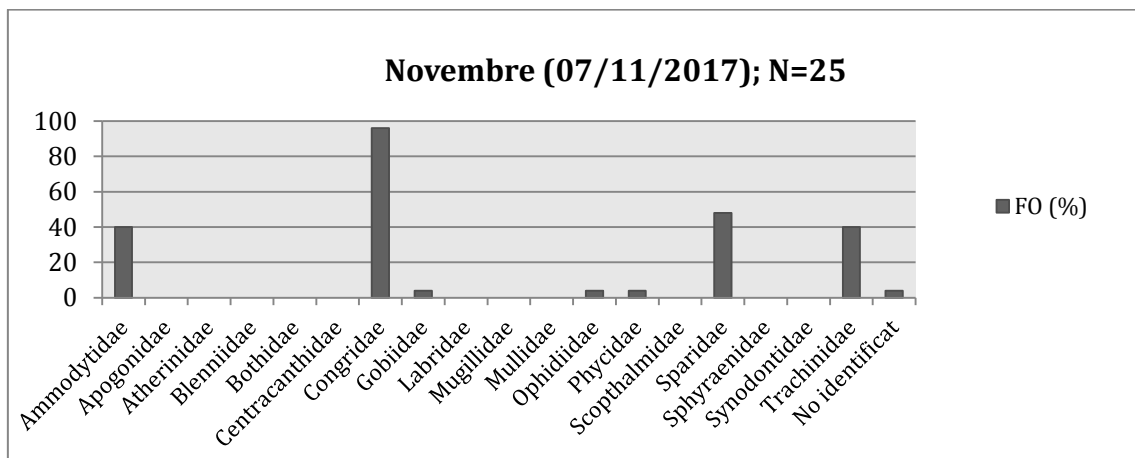
Seguidament, per tal d'observar la composició de les mostres en relació al total d'egagròpiles, per a cada període, dels individus de corb marí emplomallat del dormidor mostrejat, es va realitzar el càlcul de la freqüència d'ocurrència (FO), en forma de percentatge. Els resultats es varen representar mitjançant 3 histogrames, un per a cada període (Gràfics 2, 3 i 4).



Gràfic 2. Histograma on es representa les freqüències d'ocurrència, de les diferents famílies identificades a partir dels otòlits trobats, per al mes de juliol (15/07/2017) a partir d'un total de 36 egagròpiles.



Gràfic 3. Histograma on es representa les freqüències d'ocurrència, de les diferents famílies identificades a partir dels otòlits trobats, per al mes de setembre (23/09/2017) a partir d'un total de 30 egagròpiles.



Gràfic 4. Histograma on es representa les freqüències d'ocurrència, de les diferents famílies identificades a partir dels otòlits trobats, per al mes de novembre (07/11/2017) a partir d'un total de 25 egagròpiles.

A partir d'aquests histogrames, es van obtenir 4 famílies amb una elevada freqüència d'ocurrència en comparació amb el total de les famílies identificades, que serien: *Congridae* (*Ariosoma balearicum*), *Sparidae*, *Ammodytidae* (*Gymnammodytes sp.*) i *Trachinidae* (Figura 9).

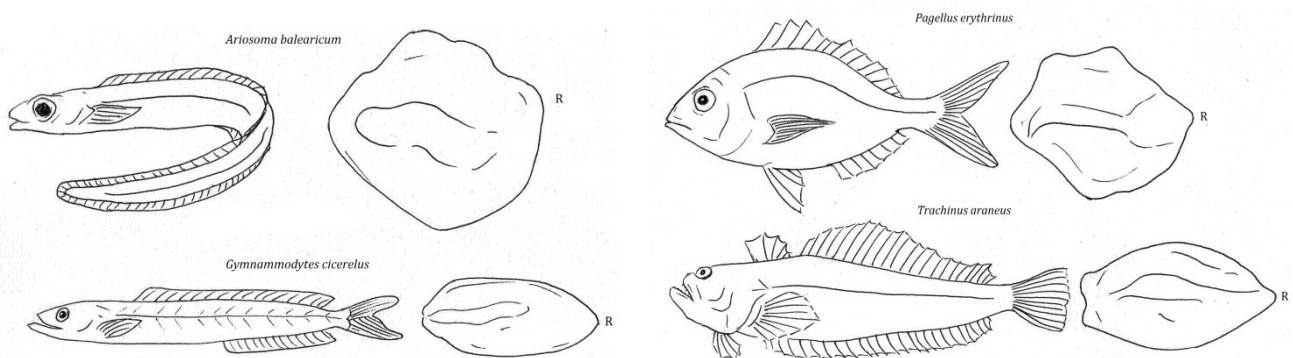
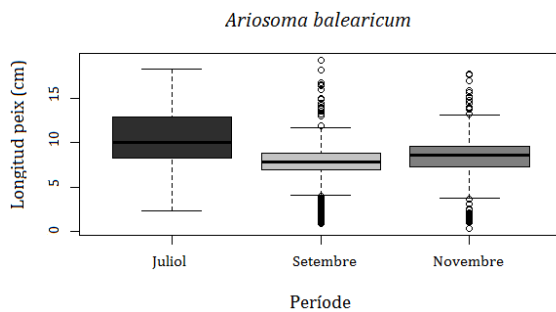
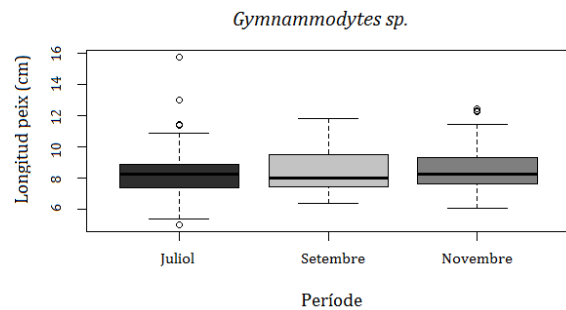


Figura 9. Il·lustració on s'observen 4 espècies (d'esquerra a dreta i de dalt a baix: *Ariosoma balearicum*, *Pagellus erythrinus*, *Gymnammodytes cicereus* i *Trachinus araneus*) de les famílies amb una elevada freqüència d'ocurrència (*Congridae*, *Sparidae*, *Ammodytidae* i *Trachinidae*) a les egagròpiles analitzades. Cadascuna amb l'otòlit *sagitta* específic dret al seu costat dret. Autora: Anna M^a Fuentes, 2018.

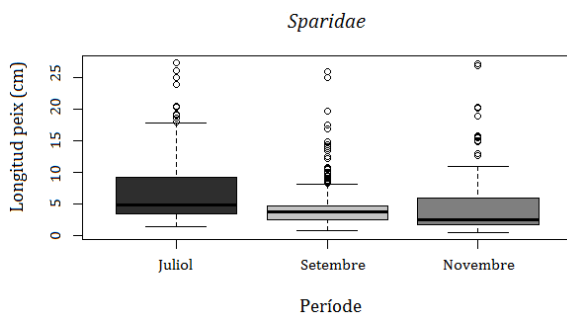
Aleshores, amb l'obtenció d'aquestes 4 famílies més recurrents es va realitzar, per a cadascuna, un diagrama de caixes on s'observa la comparació entre els 3 períodes estudiats (juliol, setembre i novembre) per a les longituds obtingudes, en centímetres, dels individus identificats (Gràfics 5, 6, 7 i 8). Per a l'espècie *Ariosoma balearicum* (Gràfic 5) s'observen longituds compreses entre els 0,41 i els 19,24 centímetres, i una mediana de 8,15 centímetres. Per als individus del gènere *Gymnammodytes* (Gràfic 6) s'observen longituds entre els 5 i 15,74 centímetres i una mediana de 8,21 centímetres. Els individus identificats dins la família *Sparidae* (Gràfic 7) presenten longituds entre els 0,53 i 27,25 centímetres, situant la mediana als 3,77 centímetres. Per últim, pel que fa a la família *Trachinidae* (Gràfic 8), els individus identificats tenen longituds compreses entre els 1,50 i 20,32 centímetres, amb una mediana de 7,94 centímetres.



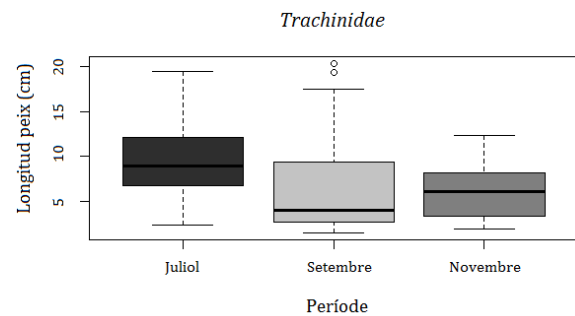
Gràfic 5. *Boxplot* que mostra les longituds dels peixos (cm) per a l'espècie *Ariosoma balearicum*, comparant-les entre els 3 períodes estudiats (juliol, setembre i novembre).



Gràfic 6. *Boxplot* que mostra les longituds dels peixos (cm) per al gènere *Gymnammodytes sp.*, comparant-les entre els 3 períodes estudiats (juliol, setembre i novembre).



Gràfic 7. *Boxplot* que mostra les longituds dels peixos (cm) per a la família *Sparidae*, comparant-les entre els 3 períodes estudiats (juliol, setembre i novembre).



Gràfic 8. *Boxplot* que mostra les longituds dels peixos (cm) per a la família *Trachinidae*, comparant-les entre els 3 períodes estudiats (juliol, setembre i novembre).

Amb la finalitat de saber si les longituds dels individus, observades en els diagrames de caixes, entre els tres períodes estudiats presentaven diferències significatives, es van emprar diversos estadístics. Per als individus classificats dins el gènere *Gymnammodytes* es va realitzar una anàlisi de variàncies (ANOVA). Es va obtenir un *p-valor* de 0,3536, com que aquest és més gran que el grau de significació (0,05), es rebutja la hipòtesi alternativa del contrast paramètric, acceptant, per tant, la nul·la, que diu que totes les mitjanes són

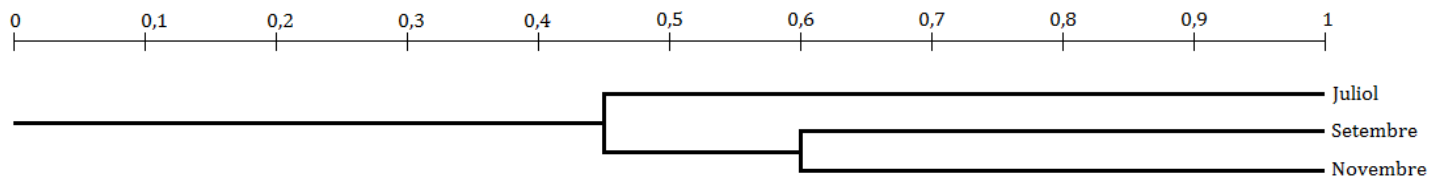
iguals i, consegüentment, no hi ha diferències significatives entre els tres períodes per a la longitud dels individus.

Pel que fa als individus identificats com a *Ariosoma balearicum*, *Sparidae* o *Trachinidae* es va emprar el test no paramètric *Kruskal-Wallis*, obtenint respectivament els següents *p-valors*: $2,2 \cdot 10^{-16}$; $3,298 \cdot 10^{-9}$; $5,254 \cdot 10^{-7}$. Tots els *p-valors* resultaren ser més petits que el nivell de significació (0,05), per tant, es rebutja la hipòtesi nul·la i s'accepta la hipòtesi alternativa, les mitjanes entre els tres períodes per a la longitud dels individus són significativament diferents. Per tal d'observar, per a aquestes 3 espècies, quins són els mesos, dins dels 3 períodes, que presenten les diferències significatives, es va realitzar el test no paramètric de *Wilcoxon*. Així, es van obtenir els *p-valors* indicats a la Taula 2. Només es van trobar diferències no significatives dins la família *Trachinidae*, per a la comparació entre els mesos de setembre i novembre, per tant, les longituds dels individus d'aquesta família i entre aquests mesos es considerarien estadísticament iguals.

Taula 2. Resultats dels p-valors obtinguts amb el test estadístic no paramètric de *Wilcoxon*, on es comparen els mesos dos a dos per a la longitud dels individus de les famílies *Congridae*, *Sparidae* i *Trachinidae*.

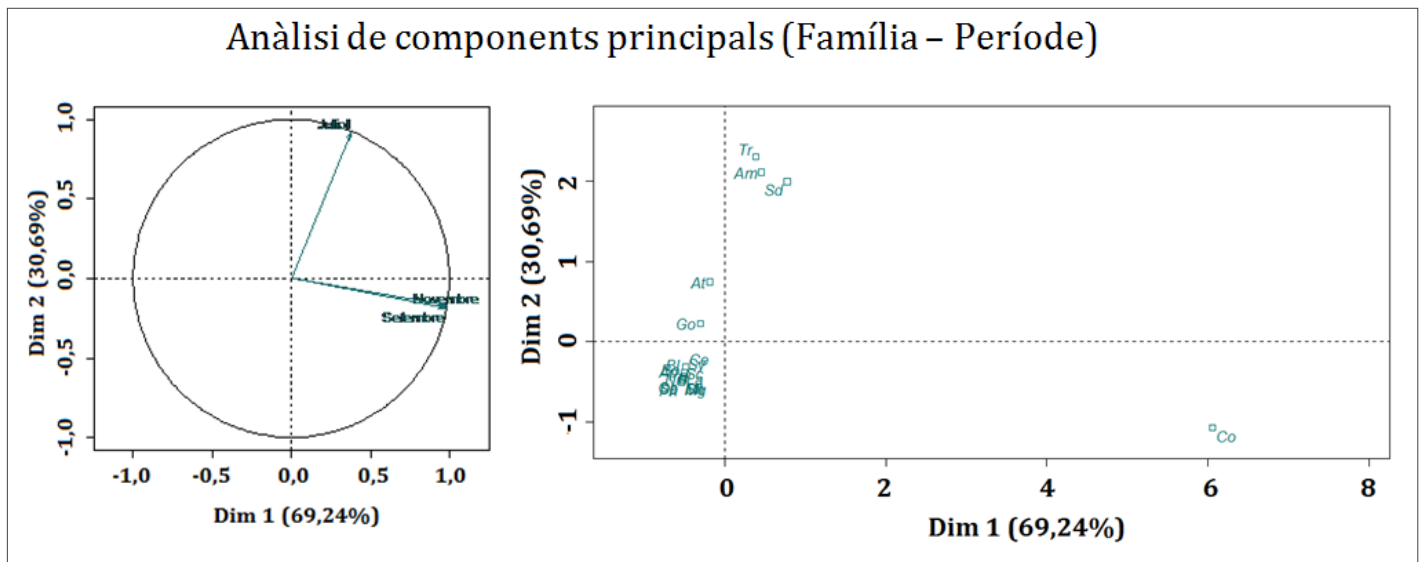
Família	Períodes comparats	P-valor	Hipòtesi acceptada	Resultat
<i>Congridae</i> (<i>Ariosoma Balearicum</i>)	Juliol - Setembre	$5,576 \cdot 10^{-8}$	Alternativa	Diferències significatives
	Juliol - Novembre	$1,103 \cdot 10^{-4}$	Alternativa	Diferències significatives
	Setembre - Novembre	$2,2 \cdot 10^{-16}$	Alternativa	Diferències significatives
<i>Sparidae</i>	Juliol - Setembre	$7,974 \cdot 10^{-7}$	Alternativa	Diferències significatives
	Juliol - Novembre	$6,887 \cdot 10^{-8}$	Alternativa	Diferències significatives
	Setembre - Novembre	$2,653 \cdot 10^{-3}$	Alternativa	Diferències significatives
<i>Trachinidae</i>	Juliol - Setembre	$3,406 \cdot 10^{-6}$	Alternativa	Diferències significatives
	Juliol - Novembre	$1,52 \cdot 10^{-4}$	Alternativa	Diferències significatives
	Setembre - Novembre	0,711	Nul·la	No hi ha diferències significatives

Tornant al tema de la composició de la dieta entre els diferents mesos, es va realitzar el càlcul de l'índex de similitud de *Jaccard*, a partir del qual es va obtenir el dendrograma representat al Gràfic 9. Els mesos de setembre i novembre resultaren els més semblants, amb un valor de 0,6, seguidament dels mesos de juliol i setembre, amb un valor de 0,52 i, per últim, els mesos de juliol i novembre els més distants, amb un valor de 0,38. El valor per a l'agrupament, mitjançant la mitjana, és el 0,45.



Gràfic 9. Dendrograma on es representen els valors obtinguts a través de l'índex de similitud de *Jaccard* per a la comparació de la composició d'espècies identificades entre els tres períodes (juliol, setembre i novembre).

Finalment, per tal d'observar, en una representació, la composició d'espècies que explica millor cadascun dels períodes estudiats es va emprar un anàlisi multivariant, concretament una anàlisi de components principals (PCA). Els resultats s'observen en el Gràfic 10. A partir d'aquest gràfic, es pot observar que les dues dimensions representades expliquen conjuntament un 99,63%, que segregades explicarien, un 69,24% la dimensió 1 i un 30,69% la dimensió 2. A la representació, es pot observar que, d'entre els tres períodes estudiats, juliol és el mes que més difereix, essent setembre i novembre més semblants per la seva representació conjunta. Pel que fa a la composició, doncs, juliol esdevé influenciat sobretot per les famílies *Sparidae*, *Trachinidae*, *Ammodytidae* i, en menor grau, per les famílies *Atherinidae* i *Gobiidae*. En menys mesura es trobaria determinat per la família *Congridae*, que sí esdevindria una variable de gran importància per a la representació dels altres dos mesos, setembre i novembre, determinant la consegüent semblança entre aquests. Totes les altres famílies identificades, no tindrien un pes important en els components dels mesos.



Gràfic 10. Gràfics que representen l'anàlisi de components principals (PCA) realitzada pel factor nombre d'individus de cada família identificada i pel factor període (juliol, setembre i novembre).

6. DISCUSSIÓ

Els individus de corb marí emplomallat del Mediterrani presents a la colònia del Maresme durant l'època no reproductora s'han alimentat, segons els resultats obtinguts, de 19 famílies diferents, les quals representen, com a mínim, un total de 24 espècies diferents.

Concretament, més d'una tercera part dels individus consumits pertanyien a la família *Congridae*, concretament a l'espècie *Ariosoma balearicum*, aquesta xifra tan elevada no s'havia vist en altres estudis anteriors (Morat *et al.*, 2007; Cosolo *et al.*, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013), en els resultats dels quals no es tractava d'una espècie presa principal. En segon lloc, es trobaria la família *Sparidae*, dins la qual no tots els individus s'han pogut identificar a nivell d'espècie, distingint com a mínim 3 espècies. Aquesta família tampoc ha estat descrita com a espècie presa principal en altres estudis anteriors (Lumsden i Haddow, 1946; Harris i Wanless, 1991; Velando *et al.*, 1999; Morat *et al.*, 2011). Això fa pensar en un ampli ventall de les espècies objectiu, segons la disponibilitat d'aquestes, com ja s'havia dit en altres articles (Coloso *et al.*, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013). Seguint amb això, el gènere *Gymnammodytes*, dins la família *Ammodytidae*, seria el tercer pel que fa a l'abundància, essent un objectiu presa compartit amb la subespècie càntabre-atlàntica, però a un nivell molt menor en comparació a altres estudis (Lumsden i Haddow, 1946; Harris i Wanless, 1991; Velando *et al.*, 1999; Morat *et al.*, 2007; Cosolo *et al.*, 2011; Morat *et al.*, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013). Per últim, en quarta posició pel que fa a l'abundància d'individus, es troba la família *Trachinidae*, dins la qual s'han classificat tots els individus en 3 espècies. Aquesta família, al igual que la família *Congridae* i *Sparidae*, no es troba entre les espècies presa principals del corb marí emplomallat del Mediterrani segons estudis realitzats prèviament en altres zones (Lumsden i Haddow, 1946; Harris i Wanless, 1991; Velando *et al.*, 1999; Morat *et al.*, 2011).

Cal subratllar que, les freqüències d'ocurrència calculades, per a les espècies, gèneres i famílies identificades en cadascun dels períodes, concorden amb els resultats de les 4 famílies més abundants, citades en el paràgraf anterior, assegurant que els valors d'abundància no venen descrits, únicament, per uns pocs individus de corb marí emplomallat del Mediterrani de la colònia estudiada que facin esbiaixar els resultats.

A més, pel que fa a la composició d'espècies, gèneres o famílies dins de cada període estudiat, s'ha observat una clara diferència del mes de juliol en comparació amb els mesos de setembre i novembre, essent aquests dos últims més similars. Aquesta similitud vindria donada per l'elevada presència de l'espècie *Ariosoma balearicum* en tots dos mesos. Per contra, una presència menor d'aquesta espècie en el mes de juliol, que s'explica en igual mesura per a totes 4 famílies (*Congridae*, *Sparidae*, *Ammodytidae* i *Trachinidae*), faria diferir aquest període respecte dels altres.

Tanmateix, pel que fa a l'ecologia d'aquestes famílies, la família *Sparidae* és l'única que presenta una ecologia bentopelàgica (demersal), ja que les altres 3 famílies (*Congridae*, *Ammodytidae* i *Trachinidae*) són d'ecologia bentònica (*FishBase*, 2018) i, per tant, més lligades al substrat, sorrenc en aquest cas. Aquesta observació concorda amb altres estudis sobre el tipus d'espècie presa, en relació al substrat, per a aquesta au (Coloso *et al.*, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013).

Finalment, pel que fa a la longitud de les espècies de peixos, no s'han observat diferències significatives entre els 3 períodes per a la família *Ammodytidae*, essent un valor estable. En canvi, per a les altres tres famílies més abundants sí s'han observat diferències significatives, essent diferents per a tots tres períodes les longituds de les famílies *Sparidae* i *Congridae*. En canvi, la quarta família més abundant en nombre d'individus, la família *Trachinidae*, presenta diferències significatives en ambdues comparacions realitzades amb el mes de juliol. Aquest fet posa de manifest altre vegada, la major diferència existent entre el mes de juliol i els mesos de setembre i novembre.

Totes aquestes diferències entre els períodes estudiats, podrien ser degudes a les fluctuacions naturals de les poblacions d'aquestes famílies de peixos i als seus cicles vitals. Si es comparen les diferents longituds de peixos entre les espècies més abundants es pot observar una major longitud en les espècies presa més recurrents. Es recolza així la idea comentada en altres estudis de que els corbs marins emplomallats tenen més predisposició cap a aquelles preses amb major longitud, obtenint així una major rendibilitat, afectant, posteriorment, al seu èxit reproductiu (Hillersøy, 2011).

7. CONCLUSIONS

In this project, the diet of the Mediterranean European Shag has been studied. In order to determine the composition and characteristics of the diet, a total number of 9,322 otoliths from 91 pellets, were identified and analyzed. Finally, the main prey species and their length were compared between three periods during the non-breeding season. Therefore, we conclude that:

- 1) The present results compared with previous bibliographic studies (Coloso *et al.*, 2011; Al-Ismail *et al.*, 2013) revealed an opportunistic diet for the Mediterranean European Shag.
- 2) The comparison between three periods showed a variation in the prey species and their length, due to the natural population fluctuations of fish species and their availability (Hillersøy, 2011).

8. PERSPECTIVES DE FUTUR

Aquest estudi, sobre la dieta del corb marí emplomallat, s'ha realitzat dins del termini que es disposa per a un treball de fi de grau. Però, per tal d'aprofitar les hores dedicades, convindria, tal i com es pretén amb el present projecte, actualment en vies de concessió sota el nom *DESMARES*, seguir realitzant-lo en els pròxims anys, amb la finalitat d'obtenir una base de dades més sòlida. D'aquesta manera, es podrien comparar les diferents variables, com són les espècies presa, la seva ecologia i la longitud i/o biomassa d'aquestes, en un rang temporal més gran. Aquestes comparacions podrien esdevenir una bona base d'estudi per tal de millorar la gestió en la conservació del corb marí emplomallat com a espècie endèmica de la mar Mediterrània.

D'altra banda, si esdevingués un estudi a llarg termini, seria molt interessant aconseguir, per als mateixos períodes o anys, dades de l'activitat pesquera a la zona del Maresme. Així, es podria comparar la dieta del corb marí emplomallat amb les captures realitzades en els diferents arts de pesca de la zona, per tal d'estudiar l'impacte d'aquesta activitat sobre la població del corb marí, i observar si hi ha coincidències o si, per contra, els valors i característiques de les espècies de peixos difereixen entre les captures realitzades per l'ocell i les pesqueries.

9. AGRAÏMENTS

Per acabar m'agradaria fer una sèrie d'agraïments.

Pel que fa a l'àmbit acadèmic, primerament, al tutor d'aquest TFG, el Dr. Pere Pons, per la seva ajuda i perquè quan se'm van presentar dificultats en el TFG extern que anava a realitzar en un primer moment, em va aportar ràpidament una molt bona alternativa, aquest treball. També, evidentment, a en Carles Tobella, qui em va permetre ajudar-lo en aquest projecte, oferint-me la seva ajuda sempre que ho necessitava i sempre d'una forma propera, amable i tranquil·la. A la Universitat de Girona, per cedir-me l'espai del laboratori òptic i el material necessari per a la realització del treball. Finalment, a la meva tutora del PAT, la Dra. Marina Roldán, per tutoritzar-me durant aquests meravellosos anys que ha durat la carrera.

D'altra banda, els que em coneixen saben que sóc un poc sentimental, per això m'agradaria fer uns agraïments de caire més personal. Primerament, a tothom que per algun motiu o altre ha trepitjat el laboratori òptic, fent la feina més amena. Especialment, agrair a en Marc Morella per fer-me els mapes, però sobretot per ensenyar-me tant, mitjançant la seva saviesa i experiència, i per tots els *pitis*, que sempre se'm feien curts. Donar les gràcies a tots aquells amics amb qui he compartit tants i tants bons moments, als que he conegut durant aquests 5 anys i als que ja coneixia i, sorprenentment, encara m'aguanten. I ja per acabar, a la meva família, a qui escolliria més d'un dia, *gracias*.

10. BIBLIOGRAFIA

- Al-Ismail, S., Mcminn, M., Tuset, V. M., Lombarte, A., i Alcover, J. A. (2013). Summer diet of European Shags *Phalacrocorax aristotelis desmarestii* in southern Mallorca. *Seabird*, 26, 8–23.
- Álvarez, D., i Velando, A. (2007). *El cormorán moñudo en España. Población en 2006-2007 y método de censo.*
- Badosa, E., Tobella, C., Calderón, R., i Turon, F. (2017). Seguiment del corb marí emplomallat mediterrani (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*, Payraudeau 1826) a la costa del Maresme.
- Barrett, R. T., Camphuysen, K., Anker-Nilssen, T., Chardine, J. W., Furness, R. W., Garthe, S., Hüppop, O., Leopold, M. F., Montevecchi, W. A. I Veit, R. R. (2007). Diet studies of seabirds: A review and recommendations. *ICES Journal of Marine Science*, 64(9), 1675–1691.
- Barros, A., Álvarez, D., i Velando, V. (2016). Cormorán moñudo –*Phalacrocorax aristotelis*. *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. Recuperat de <http://www.vertebradosibericos.org>
- Cosolo, M., Privileggi, N., Cimador, B., i Sponza, S. (2011). Dietary changes of Mediterranean Shags *Phalacrocorax aristotelis desmarestii* between the breeding and post-breeding seasons in the upper Adriatic Sea. *Bird Study*, 58 (4), 461–472.
- FishBase. (02/2018). Recuperat de <http://fishbase.org/search.php>
- Giménez, J., Manjabacas, A., Tuset, V. M., i Lombarte, A. (2016). Relationships between otolith and fish size from Mediterranean and north-eastern Atlantic species to be used in predator-prey studies. *Journal of Fish Biology*, 89 (4), 2195–2202.
- Guyot, I. (1990). Le cormoran huppe en corse: Biologie et interactions avec la peche professionnelle. *Parc naturel régional de la Corse*, 28, 1-40.
- Harris, M. P., i Wanless, S. (1991). The importance of the lesser sandeel *Ammodytes marinus* in the diet of the shag *Phalacrocorax aristotelis*. *Ornis Scandinavica*, 22 (4), 375–382.
- Harris, M. P., Wanless, S. (1993). The diet of Shags *Phalacrocorax aristotelis* during the chick-rearing period assessed by three methods. *Bird Study*, 40, 135-139.
- Hillersøy, G. (2011). Annual variation in the diet of the European shag (*Phalacrocorax aristotelis*) at sklinna , central Norway, and a possible relationship between reproduction and abundance of year class 1-saithe in the diet, 53.
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. (2018). *The IUCN red list of threatened species*. IUCN Global Species Programme Red List Unit. Recuperat de <http://www.iucnredlist.org>
- Johnstone, G., Harris, M. P., Wanless, S., i Graves, J. A. (1990). The usefulness of pellets for assessing the diet of adult shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study*, 37 (1), 5–11.

- Johnstone, I. G., Harris, M. P., Wanless, S. i Graves, J. A. (1999). The usefulness of pellets for assessing the diet of adult Shags *Phalacrocorax aristotelis*. *Bird Study*, 37, 5-11.
- Leta H. R. i Keim, A. (1982). Lectura de edades en otolitos de peces teleosteos. Recuperat de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC567S/AC567S00.htm#TOC>
- Lombarte, A., Chic, O., Parisi-Baradad, V., Olivella, R., Piera, J., i Garcia-Ladona, E. (2006). A web-based environment for shape analysis of fish otoliths. The AFORO database. *Scientia Marina*, 70 (1), 147-152.
- Lumsden, H. R. i Haddow, A. J. (1946). The food of the shag (*Phalacrocorax aristotelis*) in the Clyde Sea area. *Journal of Animal Ecology*, 15 (1), 35-42.
- Montevecchi, W. A. (1993). Birds as indicators of change in marine prey stock. *Birds as indicators of change in marine prey stocks*, 6, 218-255
- Morat, F. (2007). Régime alimentaire de la population de cormoran huppé de Méditerranée (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*) de Riou. *Marseilles: CEEP-DIMAR*.
- Morat, F., Mante, A., Drunat, E., Dabat, J., Bonhomme, P., Harmelin-Vivien, M. i Letourneur, Y. (2011). Diet of the Mediterranean European Shag, *Phalacrocorax aristotelis desmarestii*, its ecological significance and interaction with local fisheries in the Riou Archipelago (Marseilles, France). *Vie Et Milieu: Life and Environment*, 61 (2), 77-86.
- Morey, G., Moranta, J., Massutí, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F., i Morales-Nin, B. (2003). Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62 (1), 89-96.
- Muntaner, J. (2004). *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife, 62-63.
- Sallent, A., García, D., Badosa, E., de Pablo, F., García, P., Tobella, C., Grajera, J., Turon, F., Calderon, R., Escandell, R. (2017). Programa de marcaje de Cormorán moñudo del Mediterráneo, *Phalacrocorax aristotelis desmarestii*, en el Mediterráneo occidental. *XX Congreso de anillamiento científico de aves*, Murcia 2017.
- SEO/BirdLife. (2016) Cormorán moñudo. Recuperat de <https://www.seo.org/ave/cormoran-monudo>
- Steven, G. A. (1933). The Food Consumed by Shags and Cormorants around the Shores of Cornwall (England). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 19 (1), 277-292.
- Tuset, V. M., Lombarte, A., i Assis, C. A. (2008). Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic, 7-198.
- Velando, A., Freire, J. (1999). Intercolony and seasonal differences in the breeding diet of European shags on the Galician coast (NW Spain). *Marine Ecology Progress Series*, 188, 225-236.

Velando, A., Munilla, I., i Leyenda, P. M. (2005). Short-term indirect effects of the Prestige oil spill on a marine top predator: changes in prey availability for European shags. *Marine Ecology Progress Series*, 302, 1–22.

Volpedo, A. V. i Vaz-dos-Santos, A. M. (2015). Métodos de estudios con otolitos: principios y aplicaciones.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., i Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1 (1), 3–14.