



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA TUSCIA
VITERBO**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECOLOGICHE E BIOLOGICHE

**DOTTORATO IN ECOLOGIA E GESTIONE SOSTENIBILE DELLE RISORSE
AMBIENTALI - XXX CICLO**

Tesi di Dottorato

***GLI EFFETTI DELL'EREDITARIETA' E DEI FATTORI AMBIENTALI
NEI MOVIMENTI DEL GUFO REALE, DALL'INVOLO ALL'INIZIO
DELLA DISPERSIONE***

**Tutor
Prof. Giuseppe NASCETTI**

**Coordinatore del corso
Prof.ssa Roberta CIMMARUTA**

**Correlatore esterno
Dr. Vincenzo PENTERIANI**

**- Anno Accademico -
2017-2018**

INDICE.

INDICE.....	2
1 INTRODUZIONE.....	4
2 AREA DI STUDIO.....	11
2.1 La Dehesa.	13
3 SPECIE OGGETTO DI STUDIO.....	18
4 MATERIALI E METODI.....	24
4.1 Esperimento di Cross-Fostering.	26
4.2 Procedura di radio-tracking	28
4.3 Determinazione delle fasi di PFDP e dispersione.	34
4.5 Parametri di Movimento	35
4.6 Analisi statistiche	35
5 RISULTATI.	44
5.1 Parametri generali relativi ai movimenti.....	44
PFDP.....	44
Dispersione	46
5.2 L'esperimento Cross-Fostering.	49
PFDP.....	49
Dispersione.	51
6 DISCUSSIONE.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	62

Riassunto.

La variabilità individuale riscontrabile all'interno dei comportamenti di movimento animale è ben documentata per molte specie. Tuttavia, non è chiaro se questa variabilità sia il riflesso delle differenze genetiche, la pressione di elementi ambientali o una combinazione dei due fattori. In questo studio è stato condotto un esperimento di cross-fostering con l'obiettivo di indagare il ruolo di queste due componenti in modelli di movimento: durante il periodo di dipendenza post-fledging e la fase iniziale della dispersione di 21 individui di Gufo reale (*Bubo bubo*). Il nostro studio ha mostrato che l'esperimento di cross-fostering non ha avuto influenza su alcun parametro di movimento considerato. Questi parametri al contrario erano invece influenzati dall'età e dal sesso. Pertanto suggeriamo che la variabilità individuale, così come e le analogie comportamentali nei comportamenti di movimento riscontrabili all'interno di un nucleo familiare, sia durante il periodo di post-fledging che nelle prime fasi della dispersione, non potrebbero essere originati da comuni fattori ereditari dei confratelli, ma piuttosto da elementi legati all'ambiente comune di allevamento.

Parole chiave: *Bubo bubo*, cross-fostering, variabilità comportamentale, dispersione, post fledging

Abstract.

Individual variability in animal movement behaviour is well documented for many species. However, it remains unclear whether this variability reflects genetic variation, environmental variation, or a combination of the two. Here, we conduct a cross-fostering experiment with the aim of investigating the role of these two components in movement patterns during the post-fledging dependence period and early natal dispersal of 21 eagle owls *Bubo bubo*. Our experiment showed that cross-fostering did not influence any of the movement parameters considered. Movement parameters were, however, affected by the age and sex of the owlets. We therefore suggest that individual variability and family resemblance in movement behaviour during the post-fledging dependence period and early natal dispersal might not be due to the common hereditary variables origin of siblings, but rather that it originates from factors related to the rearing environment.

Key words: *Bubo bubo*, cross-fostering, variability behaviour, natal dispersal, post-fledging dependence period

1 Introduzione.

Nelle specie animali, la variabilità individuale è un aspetto ben documentato per molti tratti comportamentali (Vindenes & Langangen, 2015), tuttavia rimangono ancora poco compresi tutti i meccanismi ad essa legati.

Le differenze, così come le somiglianze fra individui provenienti dal medesimo nucleo familiare, potrebbero essere dovute a fattori ereditari (G), ambientali (A), così come ad una loro combinazione (Boake et al., 2002; Clark & Ehlinger, 1987; Kruuk & Hadfield, 2007). Il ruolo assunto da queste componenti è stato studiato per diverse tipologie comportamentali, dimostrando interessanti variazioni all'interno delle singole popolazioni; ci sono prove che gli individui si differenzino nel loro comportamento in una serie di contesti ("personalità animali") e nelle risposte alla variabilità ambientale (plasticità). Supponendo che genetica ed ecologia comportamentale possano essere combinate in un unico quadro basato sul concetto di norme di reazione comportamentale (Dingemanse, et al. 2010; Van Oers et al., 2005).

Studi sull'ereditarietà si sono concentrati sulla variabilità individuale riscontrabile all'interno dei comportamenti legati ai movimenti degli animali (Hansson et al, 2003; Massot & Clobert, 2000; Massot, et al, 2003; Matthysen et al 2005 , Noordwijk, 1984; Pasinelli et al 2004; Pasinelli & Walters, 2002), dimostrando che anche se è presente una significativa componente di ereditarietà, spesso è la combinazione di fattori genetici e ambientali ad incidere maggiormente sulla variabilità individuale. La comprensione dell'insieme degli elementi che influenzano il movimento rappresenta un aspetto importantissimo del ciclo biologico degli animali. Per esempio, le fasi che vedono l'allontanamento dei giovani dal nucleo familiare e la dispersione (i movimenti compiuti da un individuo giovane dall'area in cui è nato al sito in cui si insedierà per riprodursi; Clobert et al. 2001, Clobert et al. 2004), rappresentano un aspetto cruciale nella dinamica delle popolazioni animali. Infatti, attraverso il processo della dispersione, le popolazioni si distribuiscono nel territorio, un processo questo che nelle specie gioca un ruolo chiave nella loro stabilità a lungo termine (Morales et al., 2010 Penteriani et al. 2005 a, b, 2006 a, b, 2008). Inoltre la dispersione ha importanti implicazioni demografiche e genetiche all'interno dell'evoluzione dei comportamenti sociali degli individui (Greenwood 1980, Waser e Jones 1983).

La dispersione può essere definita come il momento in cui un animale lascia il territorio natale (*start*), comincia a cercare un luogo adatto alla riproduzione (*wandering*) e in fine si

insedia in quello che diventerà il suo territorio (*stop*) (Bowler & Benton, 2005; Ronce, 2007). Prima ancora che avvenga la dispersione vera e propria, nel caso degli uccelli si verifica un altro importante fenomeno, denominato post-fledging (in seguito PFDP), che rappresenta il lasso di tempo in cui l'animale abbandona il nido e comincia ad esplorare il territorio circostante, pur rimanendo tuttavia dipendente per le cure parentali dai propri genitori (Delgado et al. 2009). Sia PFDP che dispersione hanno durata variabile, gli animali aumentano progressivamente la loro mobilità, esplorando via via territori sempre più ampi, questo sarà per loro un intenso periodo di apprendimento individuale.

Diversi fattori interagiranno sul comportamento dell'animale: lo stato generale, le sue condizioni di salute, il sesso, l'età, le caratteristiche ambientali e l'insieme delle interazioni tra conspecifici (Bowler & Benton, 2005; Delgado, et al, 2010; Muriel et al., 2015; Van Overveld et al., 2011). In tutti questi processi gli individui accrescono la loro esperienza, acquisiscono le condizioni fisiche che li renderanno indipendenti e si rapportano a elementi esterni che inficeranno sul loro successo individuale; la sommatoria di tutte queste variabili si traduce in un tasso di mortalità piuttosto elevato. Ne consegue che PFDP e dispersione essendo delle fasi cruciali nella sopravvivenza degli animali, avranno sicuramente ripercussioni sulla consistenza delle popolazioni e della specie. Per questi motivi la conoscenza degli elementi implicati nei processi di dispersione è fondamentale nella comprensione delle dinamiche di popolazione e conseguentemente nello sviluppo di possibili strategie di conservazione di specie minacciate.

Numerosi studi precedenti hanno cercato di comprendere quale fosse il “motore” della dispersione post natale, alcuni lavori hanno suggerito che alla base possa esserci una forte componente ereditaria (Howard 1960, Gaynes & McClenagan 1980, Trefilov et al, 2000, Sinervo et al, 2006, Tschirren et al, 2007, Selonen & Hanski 2010). Un recente studio ha rilevato che i movimenti dei pulli di Gufo reale provenienti dallo stesso nido non erano indipendenti l'uno dall'altro, suggerendo che alla base del comportamento di dispersione potesse esserci un potenziale effetto genetico (Penteriani & Delgado, 2011). Altri studi, al contrario, sembrano indicare che la dispersione possa essere una strategia plastica condizionata in larga misura dall'insieme di eventi verificatisi nelle diverse fasi di vita dell'animale, essendo essenzialmente un riflesso della risposta ad interazioni multiple e simultanee dei molteplici fattori interni ed esterni che gli individui si trovano ad affrontare (Waser & Jones 1989, Bowler & Benton 2005, Ronce 2007). Infatti le strategie comportamentali intraprese durante la fase di dispersione dipendono da una molteplicità di elementi e dalle loro complesse interazioni (Delgado et al. 2010), influiranno su di esse: la

struttura e la composizione dell'habitat (Kuch & Idelberger 2005), le condizioni fisiche degli individui (Hughes et al. 2007), la densità della popolazione e le interazioni intra e interspecifiche (Le Galliard et al. 2005), la disponibilità delle risorse, le capacità di apprendimento e le abilità cognitive degli individui (Delgado et al. 2009). Le decisioni prese dagli animali in questa fase sembrano avere comunque un'importante impronta genetica (Ronce 2007).

Ad influenzare le differenti strategie comportamentali, indubbiamente concorrono le condizioni ambientali esterne; un individuo infatti può modificare il suo comportamento come risposta a differenti stimoli ambientali (*plasticità adattativa*). Questo processo è assai complesso in quanto in questa fase gli individui sono ancora giovani e inesperti, avendo oltretutto scarsa familiarità con un ambiente circostante a loro estraneo. (De Witt et al. 1998). Ogni dispersante dovrà essere in grado di mostrare plasticità adattativa, però per poterlo fare deve possedere i tratti fenotipici che gli consentano di manifestarla (Mousseau & Fox 1998). Qui entra in gioco la componente genetica, questi tratti infatti vengono fortemente determinati dall'eredità diretta delle componenti genetiche di origine materna o paterna (*Plasticità fenotipica transgenerazionale*; Traborsky 2006).

Il ruolo della componente genetica esercitato sulla dispersione post natale però, rimane a tutt'oggi poco chiaro (Tschirren et al. 2007).

Avendo la dispersione un'importante effetto sulla fitness degli individui (Waser & Jones 1983, Bowler & Benton 2005), la selezione naturale tenderebbe a favorire l'abilità di tutti quelli che saranno in grado di riconoscere ed adattarsi all'ambiente esplorato, indipendentemente dalla caratteristica dei loro geni (Grant 1978, Waser & Jones 1989). Quanto la componente genetica e una sorta di “libero arbitrio decisionale” incidano sulla dispersione è un quesito a cui si deve ancora dare una risposta. In studi precedenti, nel tentativo di separare sperimentalmente la componente genetica dagli effetti dell'ambiente all'interno dei comportamenti legati ai movimenti animali, sono stati effettuati esperimenti di cross-fostering (Boonstra & Hochachka, 1997; Massot et al., 2003; Roche, Brown & Brown, 2011).

Il cross-fostering consiste nel commutare un egual numero di giovani della stessa età e dello stesso sesso tra due famiglie diverse; con l'obiettivo di separare sperimentalmente l'effetto delle due fonti incidenti nel comportamento: genetica e ambiente esterno (Matthysen et al., 2005). L'ipotesi principale è che se i pulli traslocati in altro nido tendono a comportarsi in modo più simile ai loro genitori biologici e ai loro fratelli naturali, questo comportamento ha probabilmente un'impronta genetica. Al contrario, se questi non si comportano come i loro

fratelli biologici e il loro comportamento è più simile ai loro fratelli adottivi, i fattori ambientali potrebbero essere la componente dominante che determina la variabilità individuale (Clayton, 1990; Soler, Moreno & Potti, 2003).

La base da cui è partito il progetto è un sistema in cui il destino comportamentale di un individuo sia determinato a priori da componenti interne, genetiche o il luogo di nascita; è recente al riguardo la dimostrazione che il modello di dispersione può adattarsi a questo modello eco-fisiologico, in quanto le traiettorie seguite dai dispersanti sono influenzate altamente dal luogo di nascita dell'animale. Lavori sulla dispersione hanno enfatizzato la connessione esistente tra il destino finale dei dispersanti e le traiettorie seguite con le proprietà intrinseche delle popolazioni (Delgado et al. 2010 e Penteriani & Delgado 2011). Tuttavia a prescindere dalle importanti implicazioni che la dispersione degli individui nello spazio ha nella distribuzione, struttura e persistenza delle meta popolazioni (Schooley & Wiens 2003, Sharpa et al. 2008), ci sono poche informazioni su come un'origine comune (tanto in termini di locazione spaziale che di nucleo familiare) possa influenzare questo processo (Massot & Clobert 2000, Matthysen et al. 2005, Sharp et al. 2008).

Il genotipo di ogni individuo può generare dei modelli comportamentali che possono essere definiti come *personalità o sindromi*, ovvero l'insieme dei comportamenti la cui base è strettamente relazionabile con i geni genitoriali ereditabili (Sih et al. 2004). Si è cercato di comprendere questo processo ecologico sotto un approccio multidisciplinare che ha unito lo studio del comportamento e l'ecologia del paesaggio. Differenti studi supportano la possibilità di un effetto delle distinte personalità lungo il processo di dispersione (Clobert et al. 2001, Dingemanse et al. 2003, Sih et al. 2004, Cote & Clobert 2007, Delgado & Penteriani 2008), con la tendenza a disperdersi e l'abilità a sopravvivere durante la dispersione, fortemente relazionate a differenti profili (Fraser et al. 2001).

Punto forza del progetto sono stati i numerosi studi precedenti compiuti su Gufo reale nella Sierra Norte di Siviglia. Attraverso l'utilizzo di emittori VHF sono state raccolte molte informazioni riguardo il modello biologico della dispersione post-natale di Gufo reale (*Bubo bubo*) in particolare è stato scoperto che la distanza e la direzione prese durante la dispersione sono il frutto di precise strategie attuate durante tutto questo processo (Delgado et al. 2010, Penteriani & Delgado 2011). I risultati di questa precedente ricerca suggerivano che il luogo di nascita influiva tanto sulla distanza raggiunta quanto sulla direzione seguita degli individui durante questa fase. Il luogo di nascita era già stato considerato in precedenza come uno degli effetti post natali con maggiori capacità di influire sui modelli di dispersione (Matthysen et al. 2005). Tuttavia a causa dell'assenza di informazioni genetiche sulla paternità dei dispersanti,

non si era potuto discriminare l'effetto dell'ubicazione spaziale del nido e il suo ambiente circostante (fisico e sociale) in rapporto con il contributo genetico. Per esempio, se e quanto i modelli di dispersione fossero il risultato dell'azione congiunta di una predisposizione genetica e di fattori condizionanti (Clobert et al. 2004, Paisanelli et al. 2004), il luogo di nascita degli animali poteva avere un effetto sui movimenti dispersivi per: a) la sua connessione spaziale con i possibili luoghi di destinazione (Van Noordwijk 1984, Arcese 1989) e b) le caratteristiche fisiche dell'ambiente circostante (Matthysen 2002). Però non poteva essere scartata la possibilità che la variabilità osservata tra i singoli soggetti provenienti da differenti nidi, poteva indicare un'azione integrata dell'ambiente circostante e di fattori ereditari (es. determinanti genetiche di dispersione, Doligez et al. 2009).

Questi elementi hanno influito molto sulla scelta del Gufo reale come specie oggetto di studio, pensando infatti al caso specifico, al suo modello biologico, trattandosi di una specie a selezione K che investe molte cure parentali nell'allevamento della prole, l'effetto di progenitori comuni nei loro movimenti dispersivi sembrava abbastanza probabile (Ronce et al. 2000, Paisanelli et al. 2004). E' stato riscontrato infatti che durante il periodo di dipendenza post natale dei giovani pulli, questi sono soliti rimanere a stretto contatto con i genitori, approssimativamente 170 giorni (Delgado et al. 2008, 2010). Oltretutto nel caso del Gufo reale, i giovani della medesima covata rimangono uniti prima della dispersione e in alcuni casi anche dopo aver abbandonato l'area natale (Delgado et al. 2009, Penteriani & Delgado 2012), in questo caso la costante presenza dei fratelli può influire sui loro movimenti (Alberico et al. 1992). Quando i giovani pulli di Gufo reale hanno un'età approssimativa di 100 giorni possono percorrere vari chilometri accompagnati dai propri genitori (Delgado et al. 2009), un comportamento che è stato ben documentato anche in altre specie di uccelli (Matthysen et al. 2005, Sharp et al. 2008), questo comportamento, la stretta sinergia fra prole e genitori, può influire sulla direzione di dispersione e le distanze percorse dai nidiacei (Drent 1984, Matthysen 2002 Matthysen et al 2005).

Dal 2002 un'ampia porzione (più di 50 siti riproduttivi) della popolazione di Gufo reale della sierra Norte de Sevilla è stata oggetto di uno studio multidisciplinare incentrato principalmente sulla dispersione post natale, tutto ciò ha permesso di preparare le basi per affrontare sperimentalmente uno studio sul ruolo della componente genetica all'interno dei modelli di PFDP e dispersione post natali. Con queste basi, abbiamo effettuato un esperimento di cross-fostering su pulli di questa popolazione per discernere l'effetto di un ambiente comune di allevamento dalla componente genetica, sul comportamento individuale di movimento durante il PFDP e le prime fasi di dispersione. Ipotizzando che qualora siano i

fattori ambientali ad influenzare principalmente il comportamento del movimento, ne sarebbero conseguiti comportamenti simili nello stesso campione, sia durante i periodi di PFDP che di dispersione, non osservando di conseguenza differenze significative nel movimento tra individui incrociati e controllo dello stesso nido (ipotesi ambientale). In alternativa, se tra gufi cresciuti nello stesso nido, ma provenienti da nuclei differenti, avessimo riscontrato diversi modelli di movimento; con individui che si comportano più in modo simile ai loro fratelli biologici cresciuti nel nido di origine, potevamo ipotizzare che una componente genetica fosse la forza principale che influenza i comportamenti di movimento (ipotesi genetica).

Al giorno d'oggi, la perdita di habitat e l'impatto antropico sui sistemi naturali, sta aumentando la vulnerabilità di molte specie animali, interferendo in massima parte sulle dinamiche delle popolazioni naturali. (Pimm et al. 1995, Owens e Bennet 2000, Woodruff 2001, Baguette 2003, Balbontin et al. 2005, Schitickzelle et al. 2006, 2007). La drammatica perdita di biodiversità sta potenziando la rapida identificazione di regole demografiche, delle cause di declino delle specie e le loro popolazioni attraverso precoci segnali di allarme. Allo stesso modo si origina un grande sviluppo di modelli che sono di aiuto nel predire dove sono dirette le popolazioni animali e il futuro delle specie (Pimm et al. 1995, Leakey y Lewin 1995, Fagan et al. 2001, Ferrer et al. 2003, O'grady et al. 2004).

Lo studio delle dinamiche di popolazione, dell'ecologia di una data specie, della sua interazione con le altre e con l'ambiente in generale costituisce una sorta di approccio passivo, nel senso che non implica azioni dirette di conservazione ma si concentra sull'acquisire una conoscenza approfondita di una specie, delle sue esigenze, la capacità di reagire a determinati stress ambientali, che sarà poi indispensabile per la conservazione della stessa, tramite le conoscenze acquisite infatti si potranno attuare adeguate strategie di conservazione. Un'ampia bibliografia mostra l'importanza del contesto sociale e fisico, aspetti con i quali gli individui o le popolazioni interagiscono, con relative ripercussioni sulla loro persistenza e stabilità nel lungo periodo (Gates e Donald 2000, Matter 2001, Bascompte et al. 2002, Ovaskainen et al. 2002, Van Dick e Baguette 2005, Baguette e Van Dick 2007). La comprensione delle origini del comportamento degli individui in queste fasi cruciali quali PFDP e dispersione, si converte in uno strumento importantissimo nella gestione di una specie, in concreto nella progettazione di modelli per la gestione e conservazione delle popolazioni animali in cui devono essere incluse quelle aree dove sono proiettate le rotte di dispersione seguite dai giovani. Dare per scontato che una specie possa disperdersi omogeneamente nell'area

circostante il luogo di nascita può far giungere a conclusioni erranee sulla distribuzione di una (meta) popolazione.

Basandoci su questa prospettiva, studi approfonditi sui fattori che regolano la dispersione delle popolazioni nella fase giovanile devono essere tenuti in considerazione nel momento in cui si decide la pianificazione dell'istituzione di un'area protetta ad esempio e comunque nella gestione di riserve e parchi preesistenti le aree di alimentazione tanto come le aree utilizzate in fase di dispersione possono essere considerate importanti al pari dei siti riproduttivi. In questo contesto lavorare su una specie longeva come Gufo reale somigliante per molti aspetti ad altre specie di predatori, è senza dubbio di elevato interesse per la conservazione della biodiversità.

Così questo progetto acquista naturalmente un secondo obiettivo di estremo interesse: comprendere quali siano e come si attuano le principali discriminanti dei modelli di dispersione natale e conseguentemente come gli stessi devono essere integrati nei progetti di gestione e conservazione delle specie.

2 Area di studio.



Fig. 2. 1. Ubicazione dell'area di studio. Fonte immagini: Google Earth

Lo studio è stato condotto nel periodo da febbraio a dicembre 2015 e 2016 all'interno del comprensorio della Sierra Norte di Siviglia, in Spagna ($37^{\circ} 30'N$, $06^{\circ} 03'W$). Nella zona è presente un bacino artificiale (Embalse del Gergal; fig. 2.2) nel cui periplo si trovano la maggior parte delle coppie riproduttive oggetto di studio.



Foto 2.2, Embalse del Gergal de Guillena. Foto A. Fasciolo

L'orografia del territorio è collinare, con dislivelli che vanno dai 60 ai 200 m di altitudine. Tutta l'area in questione è caratterizzata (come per la maggior parte del territorio circum mediterraneo), dal clima mediterraneo sottozona calda, con inverni particolarmente miti ed umidi, data l'incursione oceanica, ed estati torride.

La vegetazione arborea vede nel suo climax specie appartenenti al genere *Quercus*, come il Leccio (*Quercus ilex*), la Sughera (*Quercus suber*) e la *Quercus faginea*, (Molto simile alla nostra *Quercus coccifera* ad areale più occidentale), diffusa in Spagna, Baleari e Portogallo. (Rushforth, K. 1999) Molto diffuso è anche l'Olivo selvatico (*Olea europaea*). Altre specie del piano dominato sono l'Olivo il Lentisco (*Pistacea lentiscus*) e risultano abbondanti, come effetto del fuoco le pirofite quali numerose specie di Cisto *Cistus* spp, Erica arborea e Genista (G Bernetti 2005). Specie legate alla presenza umana sono il Pino domestico (*Pinus pinea*), ulivi (*Olea europaea*), e l'Eucalipto (*Eucalyptus sideroxylon*) ampiamente introdotto in molte zone del mediterraneo.

La maggior parte del territorio è gestito come azienda faunistico venatoria, in cui si privilegiano le specie autoctone evitando l'immissione animali a "pronta caccia"; preferendo invece che il numero e la consistenza delle popolazioni sia legato ad una oculata gestione del territorio. Abbondante è la piccola selvaggina, principalmente Pernice rossa (*Alectoris rufa*) e il coniglio selvatico (*Oryctolagus cuniculus*). Quest' ultimo, il cui numero fluttua periodicamente a causa del manifestarsi di epidemie di Mixomatosi e malattia emorragica (Villafuerte *et al.*, 1995; González and San Miguel, 2004 dehesa), rappresenta la preda principale di Gufo reale consentendogli di raggiungere una delle densità più elevate all'interno dell'areale di distribuzione della specie (~ 40 coppie/100km²; Campioni *et al.*, 2013).

La quasi totalità del territorio è gestito nella maniera tipica e caratteristica della Spagna meridionale e del Portogallo, la "Dehesa", che determina importanti ripercussioni sulla presenza di flora e fauna (L. Olea and A. san Miguel-Ayanz. 2006).

2.1 La Dehesa.



Fig. 2.3. Aspetto tipico della Dehesa spagnola. Foto A. Fasciolo

Il termine “Dehesa” si riferisce ad un particolare sistema di conduzione agro silvo pastorale mediterraneo, molto diffuso nella Spagna mediterranea ed in Estremadura così come in Portogallo. La sua origine è molto antica, il primo riferimento scritto risale al 924, (Olea et al., 2005) Con evidenze storiche che farebbero risalire questo sistema di conduzione al periodo del Neolitico (Stevenson and Harrison 1992; Joffre et al. 1999). Potrebbe essere considerato uno degli esempi più efficaci di come la gestione del territorio non sia solo compatibile con la conservazione della natura, ma anche con uno sviluppo rurale sostenibile all'interno del proprio ambiente.

La sua superficie, di circa 4 milioni di ettari, è caratterizzata da due caratteristiche fondamentali: il clima mediterraneo e la bassa fertilità del suolo (in particolare P e Ca), tutto questo rende l'allevamento agricolo insostenibile e non redditizio. Questi fattori, uniti alla topografia del suolo, perlopiù collinare fanno sì che sia in molti casi l'unica forma possibile di

utilizzo razionale, produttivo e sostenibile del suolo, con l'obiettivo di usare strategicamente e funzionalmente ogni risorsa naturale (L.Olea and A. san Miguel-Ayanz. 2006).

La Dehesa è un bosco molto rado dove gli alberi svolgono un ruolo fondamentale di stabilizzazione generale fornendo servizi e sottoprodotti come ghiande, lettiera, legna da ardere, sughero, funghi commestibili, polline e altre risorse. (Joffre and Rambal, 1988, 1993; Olea *et al.*, 2004; López-Carrasco *et al.*, 2005). Il problema più grande della sua gestione è la mancanza di rinnovazione naturale dovuta all'intenso utilizzo degli acheni delle specie quercine (utilizzare per foraggiare gli allevamenti di maiale iberico) e al pascolamento del bestiame, che può essere considerato come il prodotto diretto più importante dell'intero sistema. Ne consegue che alla presenza del bestiame sia legato lo stato del pascolo, sia naturale che seminato, nonché la fertilità stessa del suolo (Malo e Suárez, 1995; Malo *et al.*, 2000; Gómez-Sal *et al.*, 1992).

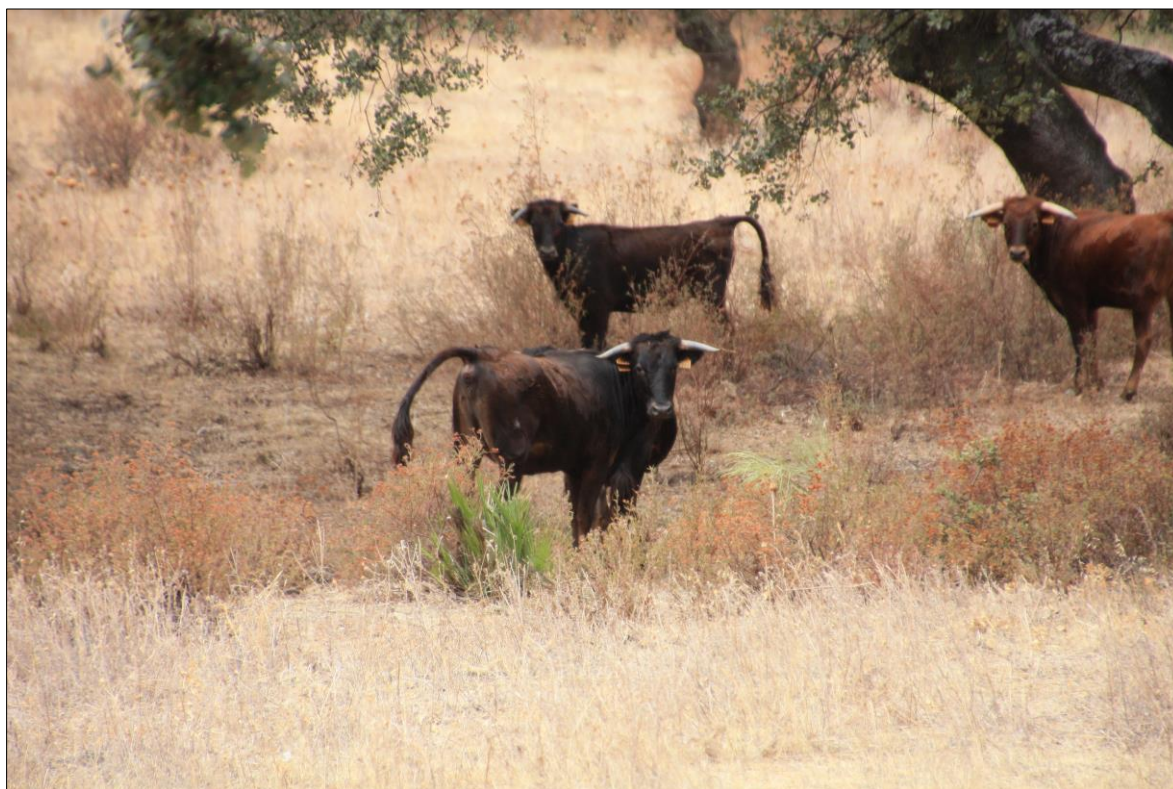


Fig. 2.4 Il bestiame costituisce una componente importante del sistema della Dehesa, fornisce il prodotto più redditizio e contribuisce a contenere la naturale conversione a bosco che avverrebbe in sua assenza. Foto A. Fasciolo.

Per quanto riguarda le specie selvatiche sono sempre state presenti, ma in bassa densità (ad eccezione del coniglio selvatico) in quanto considerate solo come fonte di reddito complementare. Recentemente però le cose sono ambiate a causa dell'incremento dell'attività

venatoria che ha visto un graduale modificarsi dell'uso del territorio a favore di aziende faunistico venatorie, che ora spesso sono la componente più importante in questo sistema.

Gli ungulati, soprattutto i cervi rossi (*Cervus elaphus Hispanicus*) e il cinghiale (*Sus scrofa*), sono ora considerati come costose risorse naturali rinnovabili che spingono i proprietari a custodire gelosamente le loro proprietà. Questo ha comportato un aumento drammatico delle densità selvatiche di ungulati originando un nuovo problema di sostenibilità (a causa degli impatti sulla vegetazione e sulla prevalenza di parassiti e malattie che possono influenzare il bestiame e persino l'uomo (Vargas et al., 1995; San Miguel et al., 1999).

Il “sistema Dehesa” può quindi essere definito come un complesso legame tra l'elevata biodiversità strutturale e biologica, con un'efficienza strettamente dipendente dalla complessa e stretta diversità delle relazioni tra i suoi componenti; un macro-organismo in equilibrio, in cui tutte le componenti sono in reciproca dipendenza oscillando tra produzione e conservazione della natura.



Foto 2. 5. La Dehesa fotografata nel periodo primaverile. Foto A. Fasciolo.

Nel corso dei secoli questo sistema di conduzione ha finito per rappresentare un importante supporto per la sopravvivenza di molte specie selvatiche (M. Diaz et al, 1997, Baldock et al, 1994, Bignal et al, 1995.), fornisce infatti l'habitat ideale a molte specie di uccelli migratori che trovano in questo ambiente la zona di svernamento per eccellenza, si

stima che svernino in Dehesa la maggior parte delle Grù europee (*Grus grus*) (Alonso & Alonso, 1990), inoltre circa 7 milioni di Colombacci (*Columba palumbus*) (Purroy, 1988) e un elevatissimo numero di specie di passeriformi e turdidi che in questo territorio trovano le risorse necessarie a superare l'inverno (Herrera & Soriguer, 1977; Herrera, 1980, Telleria et al., 1988; citati in M. Diaz et al., 1997).

Numerose sono anche le specie di interesse comunitario che vi si riproducono, la maggior parte delle coppie riproduttive di aquila imperiale spagnola (*Aquila adalberti*), l'endemica *Linx pardina* e un'importante popolazione di *Ciconia nigra*. Il sistema di allevamento brado e la presenza di ungulati selvatici sono inoltre il supporto ideale per la popolazione europea più consistente di accipitridi che si nutrono di carogne, tra cui il raro Avvoltoio monaco (*Aegypius monachus*), estinto in Italia e in rarefazione in altre zone (Gonzalez, 1991; Gonzalez & Merino, 1988; Rodriguez & Delibes, 1990; Donazar, 1993. citati in M. Diaz et al., 1997).



Fig 2.6 Cicogna Bianca su nido nel comprensorio della Dehesa de Abajo all'interno del parco di Donana, in questo sito è presente la colonia europea di maggiori dimensioni. Foto A. Fasciolo.

Gli aspetti appena elencati rendono la Dehesa uno dei sistemi più importanti del continente europeo, il cui elevato valore ambientale è una conseguenza della sua gestione

estesa, integrata ed efficiente, pertanto, tale gestione dovrebbe essere considerata come un potente strumento di conservazione (Gonzalez e San Miguel, 2004; L. Olea et Al, 2006.).

3 Specie oggetto di studio.



Fig. 3.1. Gufo reale. Foto V. Penteriani.

Il Gufo reale, può essere definito sicuramente come il più grande fra gli Strigiformi europei, le sue dimensioni variano; oscillano tra 60 e 75 cm. Questo grande strigiforme ha un areale estremamente ampio, non limitandosi al continente europeo, ma estendendosi nella maggior parte dell'Asia e in parte anche in nord Africa, (Mikkola 1994).

Data la sua ampia diffusione può abitare i più disparati ambienti; dalle foreste boreali di conifere a ridosso della tundra, le foreste decidue centro europee, la macchia mediterranea arrivando fino alle steppe e i deserti rocciosi e sabbiosi. Può essere definito davvero polivalente in quanto alla scelta dell'habitat in cui vivere (Mikkola, 1994), tuttavia, all'interno del suo areale, si rinviene prevalentemente in ambienti rocciosi con scogliere e burroni, grotte, macchie boscate alternate a radure, foreste aperte, taiga e altri tipi di bosco, steppe boschive, valli fluviali con gole, cave abbandonate e terreni coltivati in cui sono presenti zone atte alla nidificazione. Non è una specie migratoria, tende al contrario ad essere abbastanza fedele al sito riproduttivo.



Fig 3.2. Areale di distribuzione del Gufo reale. Fonte immagine: <http://www.iucnredlist.org/>

Il corpo è massiccio, con piumaggio superiormente bruno, più o meno scuro, macchiettato e screziato di nero e inferiormente bruno-giallastro con striature scure; più grigio nei giovani. Il becco è breve, adunco, nero con base grigia il capo è grande con due vistosi ciuffi auricolari erigibili (più brevi nei giovani) e dischi facciali (più scuri nei giovani); gli occhi sono grandi, posti anteriormente, con iride giallo-aranciata o arancio negli animali adulti, giallastra o giallo-grigiasta nei giovani. Le ali sono lunghe, larghe e arrotondate e la coda è relativamente breve e arrotondata con barrature trasversali; le zampe sono di media lunghezza, forti, totalmente piumate, giallo-rossastre con artigli robusti e neri. I sessi sono simili ma la femmina generalmente presenta dimensioni maggiori rispetto al maschio. (Svensson L. et al. 2010).

Gufo reale è sicuramente un predatore generalista, la sua dieta è molto varia e va da prede delle dimensioni di grossi insetti fino a mammiferi della taglia dei meso-carnivori, si nutre anche di uccelli: dai più piccoli fino a quelli delle dimensioni di un airone, addirittura anche altri rapaci notturni; può occasionalmente nutrirsi anche di rettili e anfibi (König 2008); tuttavia in molti territori, in particolare nell'area di studio, la dieta è influenzata

fortemente dai leporidi, particolarmente dal coniglio europeo (*Oryctolagus cuniculus*) (Serrano, 1998).

Questa caratteristica lo rende, insieme all'Aquila imperiale spagnola (*Aquila adalberti*), uno dei predatori più importanti di coniglio tra i grandi rapaci europei (Delibes & Hiraldo, 1981; Donazaro, 1987).

Sono stati compiuti molti studi sulla sua dieta (Hiraldo et al., 1975; Pérez Mellado, 1980; Mikkola, 1983; Donazaro, 1989; Amo & González, 1998; Serrano, 1998; Lourenço, 2006); la quasi totalità dei quali dimostra che sebbene le prede possano variare a seconda del periodo dell'anno e della loro relativa abbondanza, lepre e coniglio rappresentano sempre tra il 23% e il 62% delle predazioni, essendo oltretutto una risorsa sfruttata tutto l'anno.



A



B

Fig. 3.3 Nelle due immagini si possono osservare gli alimenti più comuni di Gufo reale nella zona oggetto di studio, Coniglio selvatico (A) e Ratto (B). Negli strigiformi spesso le prede di dimensioni ridotte vengono ingoiate per intero; nell'immagine A si può osservare anche la differenza nelle dimensioni dei pulli all'interno della stessa covata, dovuta al fatto che l'incubazione inizia immediatamente dopo la deposizione del primo uovo. Foto V. Penteriani.

A seconda delle dimensioni delle prede, può inghiottire il suo cibo per intero (per esempio topi e ratti) o nel caso in cui siano troppo grandi per essere ingerite completamente, come nel caso dei conigli, il cibo viene sporzionato, le carcasse vengono smembrate e l'animale ingerisce anche pelli, piume e ossa. Tutto ciò che non viene digerito è rigurgitato in seguito sotto forma di borre che si accumulano sulla superficie del nido e nell'area circostante (Lloveras, et al 2009).

La specie è monogama e il periodo riproduttivo va da dicembre ad agosto; a seconda della latitudine a cui si trova. Nidifica su sporgenze, scogliere o in fessure; sull'apertura di una cavità naturale o artificiale, il sito di nidificazione è situato sul terreno, in pendenza o meno mentre può utilizzare occasionalmente anche vecchi nidi di altre specie e raramente i fori

sugli alberi. Lo stesso sito viene utilizzato spesso per diversi anni o in rotazione con altri siti preferiti, la deposizione comprende generalmente da due a cinque uova (Holt et al., 2013; Lloveras, et al 2009), la consistenza della covata è legata alle risorse alimentari disponibili così come anche il successo riproduttivo è influenzato dalle condizioni atmosferiche.



A



B

Fig. 3.4 A) Ambiente ideale di Gufo reale nell'area di studio; in ambienti rocciosi Gufo reale si trova perfettamente a suo agio, nidificando a terra può infatti trovare anfratti protetti e riparati dove collocare la propria nidiata, foto scattata presso una cava abbandonata in località Gerena. Foto A. Fasciolo e B nella stessa località Gufo reale su nido con 3 pulli. Foto V. Penteriani.

La schiusa avviene dopo circa 33 giorni di incubazione ad intervalli di alcuni giorni da un uovo all'altro visto che uova vengono deposte a giorni alterni e la cova inizia subito dopo la deposizione del primo uovo, in questo modo la covata sarà infine composta da giovani disetanei.



Fig. 3.5 Pulli di Gufo reale. Foto A. Fasciolo.

Alla cova contribuisce quasi esclusivamente la madre, sorvegliata dal maschio che sosta nelle vicinanze del nido. Dopo la schiusa i pulli vengono accuditi alternamente dai genitori e

lasciati soli per periodi più lunghi a partire dal trentesimo giorno di età anche se i genitori rimangono sempre nelle immediate vicinanze del nido (Penteriani 1996).

Dopo circa 35/40 giorni dalla schiusa i giovani incominceranno ad esplorare il territorio circostante dando in inizio così al PFDP. Durante questa fase aumenteranno rapidamente di peso e dimensioni e gradualmente svilupperanno il caratteristico piumaggio molto simile a quello dell'adulto, in questa specie infatti, al contrario di molte altre specie di uccelli, non ci sono differenze marcate tra la colorazione dei giovani e degli adulti.

Gli spostamenti e le attività compiute durante il PFDP; l'esplorazione del territorio circostante, l'apprendimento progressivo di tecniche di caccia così come l'accrescimento delle abilità di volo, consentiranno ai pulli di guadagnare l'indipendenza dai genitori (Penteriani et al., 2005) fino all'inizio della dispersione vera e propria, intorno ai 170 gg di età, che nella nostra area di studio coincide pressappoco con il mese di agosto. La maturità sessuale è raggiunta già al primo anno di età.



A



B

Fig. 3.6 Due Gufi reali durante i loro movimenti esplorativi notturni, nella figura A il pullo conserva parte del piumaggio della prima fase vitale, inizia i primi voli di PFDP esplorando il territorio nei dintorni del nido, in B l'animale ha già raggiunto la taglia dell'adulto, e si prepara ad abbandonare l'area natale iniziando la fase del dispersal. Foto V. Penteriani.

Secondo lo IUCN, la specie poteva essere considerata a basso rischio fino al 2000, mentre a tutt'oggi il suo stato è considerato come *last-concern*, in quanto la dimensione della popolazione è elevata e pertanto non si avvicina alle soglie di vulnerabilità sotto il criterio della dimensione della popolazione (<10.000 individui maturi con un declino continuo stimato in > 10% in dieci anni o tre generazioni o con una struttura di popolazione specifica) (Fonti IUCN <http://www.iucnredlist.org/>).

In Europa, la popolazione riproduttiva è stimata tra 18.500-30.300 coppie pari a 36.900-60.600 individui maturi (BirdLife International 2015).

L'Europa rappresenta solo il 20% dell'intera distribuzione all'interno di una stima molto preliminare della dimensione globale della popolazione di 180.000-300.000 individui maturi, allo stato attuale sarebbe necessaria una ulteriore validazione di questa stima.

La popolazione è quindi collocata nella fascia 100.000-499.999 individui maturi (Fonti IUCN <http://www.iucnredlist.org/>), tuttavia la specie in Asia è apparentemente in forte contrazione dagli anni settanta (Holt et al., 2013).

Tra le principali cause di declino ci sono sicuramente le attività umane, Gufo reale infatti soffre molto il disturbo da parte dell'uomo, a causa del quale non esita ad abbandonare la covata, di conseguenza in zone in cui le attività come sci alpinistico, escursionismo e altre attività ricreative portano l'uomo inconsapevolmente vicino ai nidi, si possono verificare numerosi casi di abbandono delle covate (Tucker e Heath 1994). Trovandosi inoltre al vertice della catena alimentare, Gufo reale soffre di casi di saturnismo (avvelenamento da metalli pesanti) incidenti stradali, collisioni accidentali con cavi metallici e bracconaggio sono un'ulteriore minaccia (Holt et al., 2013; Everett e Sharrock 1980, cit. Mikkola 1994). Minacce che sembrano persistere nonostante goda di uno status di protezione nella maggior parte dei paesi in cui si rinviene (König 2008).

Aspetto significativo è la diminuzione che si ha nei paesi mediterranei, significativa fin dagli anni '60 dopo il manifestarsi di epidemie di Myxomatosi che hanno decimato le popolazioni dei conigli (Holt et al., 2013).

4 Materiali e metodi.

L'attività di ricerca è stata condotta durante l'arco di due stagioni riproduttive, negli anni 2015 e 2016, precisamente dal mese di marzo al mese di dicembre di ogni anno.

Durante questo periodo il lavoro è stato suddiviso nella maniera seguente: a) ricerca del nido occupato all'interno del territorio riproduttivo di ciascuna coppia, b) determinazione dell'età dei nidiacei sulla base del piumaggio e dello sviluppo corporeo (Penteriani et al. 2005),



A



B



C

Fig. 4.1 Pulli di differenti età, rispettivamente A) 10 gg. B) 20 gg e C) 30 gg, per maggiori dettagli sulla modalità per la stima dell'età dei giovani gufi reali vedi Penteriani et al. 2005 da cui sono tratte le immagini della figura.

c) prelievo di un campione ematico e sessaggio dei pulli tramite DNA (Griffiths, R., Doube, M.C., Orr, K. & Dawson, 1998), d) messa a punto dell'esperimento di cross-fostering; lo scambio di uno o due pulli a seconda della dimensione della covata e a seguito dell'involto dei pulli d) seguimento tramite radio-tracking per tracciare gli spostamenti durante il PFDP e le prime fasi della dispersione.



Fig.4.2. Prelievo ematico effettuato per il sessaggio. L'animale in foto aveva un'età stimata in 20-25gg. Foto A. Fasciolo.



Fig. 4.3. Pullo di 20 gg circa di età pronto per essere trasferito in altro nido. Per ridurre al minimo lo stress degli animali durante il trasporto venivano posti in appositi sacchetti traspiranti di tela in maniera che i giovani venissero il meno possibile a contatto visivo con l'operatore. Foto A. Fasciolo.

4.1 Esperimento di Cross-Fostering.

É il punto cardine del progetto di ricerca, consiste in uno scambio parziale dei pulli presenti nelle nidiate, prevedendo l’abbinamento di due nidiate differenti, tra le quali scambiare poi uno o due pulli a seconda della dimensione della covata di partenza, lasciando almeno un pullo “controllo” del nido originale (Hadfield et al, 2007; Mateo & Holmes, 2004; Morrison, et al 2009).

E’ stato fondamentale evitare variazioni nella struttura e dimensione dei nidi originali, al fine di non influenzare il risultato dell’esperimento, di conseguenza era imprescindibile sessare precedentemente gli animali e determinarne l’età, ciò ha permesso di scegliere un egual numero di esemplari maschi e femmine, in maniera da rendere omogeneo il campione (Matthysen et al., 2005; Nicolaus et al., 2012; Winney, et al, 2015). Seguendo questi criteri sono stati oggetto di studio 7 nidi di Gufo reale, (uno di questi per entrambe gli anni) ottenendo in questo modo 4 blocchi sperimentali, dove per blocco si intende una coppia di nidi tra i quali è stato effettuato il cross-fostering, rispettivamente 3 blocchi nell’anno 2015 e 1 nel 2016, includendo nello studio un totale di 24 animali, ripartiti in base a due criteri fondamentali: (1) pulli controllo, ovvero quelli che rimanevano nel nido di appartenenza (gruppo 0, $n = 14$ individui, di cui 9 maschi e 5 femmine, $n_{2015} = 10$ individui e $n_{2016} = 4$ individui) e (2) pulli trasferiti in altro nido (gruppo 1, $n = 10$ individui, di cui 4 maschi e 6 femmine, $n_{2015} = 8$; $n_{2016} = 2$).

Aspetto da evidenziare è che in base ad esperienze precedenti non sono stati segnalati problemi attinenti all’allevamento di pulli di Gufo reale estranei provenienti da altri nidi (Penteriani & Delgado, 2008).

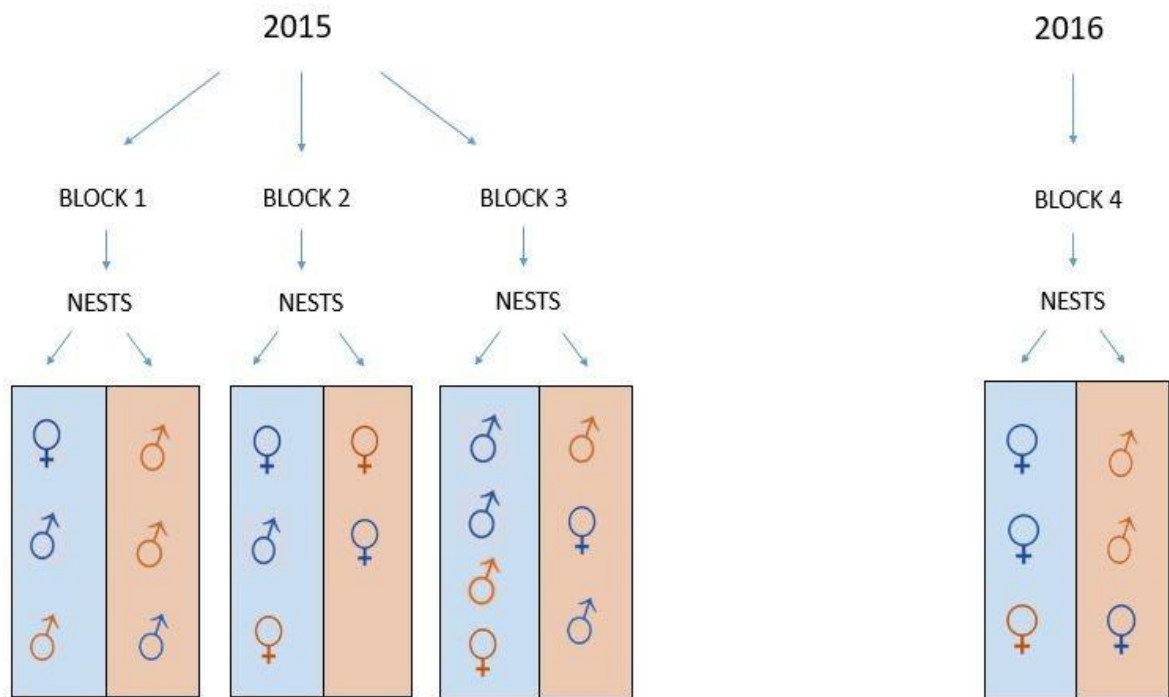


Fig. 4.4 Nella figura è illustrato l'esperimento del cross-fostering suddiviso nelle due annualità di lavoro in campo. Le unità rappresentate dai blocchi illustrano la rispettiva coppia di nidi entro i quali è avvenuto lo scambio, mentre il numero di pulli scambiati e il loro sesso è rappresentato da colore e relativo simbolo.

4.2 Procedura di radio-tracking

Per poter essere monitorati gli animali sono stati dotati di trasmettitori radio ad emissione frequenza FM (Wareham BH20 5AJ; Biotrack, Dorset, UK), ciascun emissore era già impostato dal produttore secondo una frequenza determinata.



Fig. 4.5. Due degli emissori usati per l'attività di radio-tracking. Venivano forniti dal produttore privi del nastro in teflon, apposto successivamente. Tale nastro di fissare l'emissore sul dorso dell'animale,, l'antenna era posizionata direzione capo-coda in maniera da non ostacolare le normali attività compiute dagli animali. Le targhe visibili sull'antenna contenevano la frequenza emessa, che veniva annotata in un registro insieme a tutti i dati dell'animale acui era destinato: sesso, età, nido di nascita ed eventuale nido in cui era stato spostato. Prima di essere posizionato sull'animale doveva essere testato il suo funzionamento verificando che il ricevitore ricevesse il relativo segnale emesso. Foto A. Fasciolo

Prima di apporre gli emittori abbiamo atteso che gli animali raggiungessero un'età stimata in 35 gg. Il peso di ogni emittore è pari a <3% rispetto al peso del più piccolo maschio adulto (1550 g, media $\pm$ SD = 1667 $\pm$ 104.8) e pari al 3,5 % del peso minimo del pullo al momento dell'apposizione, (850 g, media $\pm$ SD = 1267 $\pm$ 226.4 g). (Delgado & Penteriani, 2008).

Gli animali, al momento in cui venivano dotati degli emittori avevano chiaramente una dimensione differente rispetto a quella che avrebbero raggiunto nell'età adulta, per ovviare a questo inconveniente ogni strumento è stato fissato con un'imbracatura in teflon regolata in modo tale da prevederne la successiva espansione dovuta all'accrescimento dell'animale. Nella figura 4.6 è illustrato il posizionamento sull'animale, in questo caso il pullo aveva un'età stimata di 30 giorni. Le dimensioni dei pulli a questa età erano ideali per compiere le attività di prelievo dei campioni ematici e soprattutto per la collocazione degli emittori in quanto gli animali avevano già raggiunto dimensioni tali che scongiuravano il pericolo che potessero perderli e permettevano una più semplice regolazione delle fascette in teflon, regolazione indispensabile, prima per fissare il dispositivo su un animale che non aveva ancora raggiunto le dimensioni dell'adulto e poi per consentirne l'espansione a seguito della crescita corporea.

Tra le attività e operazioni svolte in campo questa era quella che conteneva maggiori incognite, la deposizione non avviene in maniera regolare per tutte le coppie, si correva quindi il rischio di trovare nidi con pulli eccessivamente disetanei, o peggio ancora di sollevare la femmina dalla cova o da pulli eccessivamente giovani che avrebbero corso il rischio di morire per il freddo o di essere predati dai numerosi predatori presenti nella zona.



Fig. 4.6 Posizionamento dell'emissore su un giovane pullo, si nota la sua collocazione dorsale, aspetto da evidenziare è la dimensione dell'animale, in questo caso un giovane di circa 30 gg. Questo rappresentava il momento ideale per tutte le operazioni. Foto. G. Bombieri

Essendo Gufo reale una specie selvatica sotto tutela, tutta la ricerca è stata autorizzata rispettivamente da: (1) la Junta de Andalucía - Consejería de Medio Ambiente autorizzazione numero SCFFSAFR / GGG RS 260/02 e SCFFS AFR /CMM RS 1904/02; e (2) l'approvazione del comitato di sperimentazione animale della Estación Biologica de Doñana-CSIC (CEEAE-BD_12_41).

In fase di pianificazione del lavoro abbiamo suddiviso l'attività di radio-tracking in due fasi: la prima (PFDP), iniziata in maniera scalare per ciascun nido, a partire dal compimento del sessantesimo giorno di età del maggiore della covata, seguendo poi senza soluzione di continuità nella seconda, la dispersione.

Le posizioni sono state rilevate manualmente (triangolazione) tramite un'antenna Yagi a 3 elementi connessa con un ricevitore portatile (XR-100, Osaka, Giappone) in cui erano state precedentemente impostate le frequenze di ciascun emittente utilizzato, il ricevitore permetteva la registrazione di tutte le frequenze utili al rilevamento registrandole sotto forma di canali

numerabili così che per ciascun animale è stato annotato il rispettivo canale con la relativa la frequenza, senza digitare ogni volta le 6 cifre che la componevano.



*Fig. 4.7. Antenna Yagi riceitrice a tre elementi collegata con in ricettore del segnale.
Foto A. Fasciolo*



Fig.4.8 Ricettore segnali Biotrack, nella schermata si nota la frequenza emessa da uno degli emittori in uso. Foto A. Fasciolo

Per rilevare la posizione dell'animale occorreva determinare la direzione del segnale emesso dall'emissore applicato da almeno due punti, rispetto ai quali veniva misurato l'angolo azimutale; conoscendo le coordinate dei due punti, la differenza angolare consentiva di ottenere il punto risultante, quello dell'animale cercato.

L'intervallo temporale tra le due rilevazioni non superava i 20 minuti. Si annotava in un apposito registro: 1) animale (identificato dal codice dell'anello apposto), frequenza dell'emissore ad esso applicato e canale corrispondente del ricevitore; 2) punto GPS della postazione dalla quale era prelevato il segnale; e 3) ora di rilevazione e angolo azimutale della direzione dalla quale proveniva il segnale.

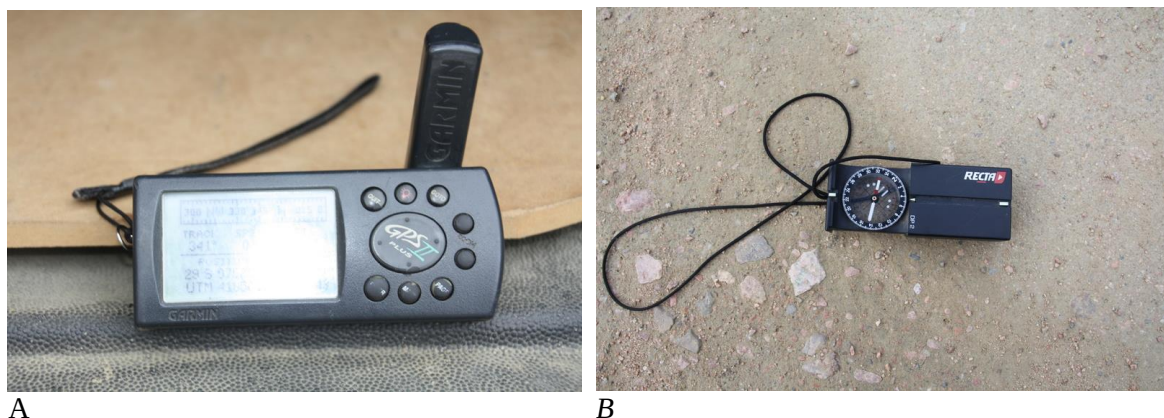


Fig. 4.9. A) GPS usato per registrare i punti delle due posizioni dalle quali venivano ricevuti i segnali e misurati gli angoli azimutali e B) la bussola che permetteva di determinare gli angoli. Foto A. Fasciolo

Questo procedimento doveva essere ripetuto per entrambe i punti necessari ad ottenere la posizione dell'animale e, qualora intercorresse più tempo rispetto ai 20 minuti fissati o la differenza tra i due angoli azimutali fosse fuori dal range dei 40-100°, si provvedeva a ripetere l'operazione. Abbiamo stimato che l'errore commesso per ciascuna localizzazione poteva essere compreso tra 45.9 e 83.5 m, tale stima è stata effettuata tenendo presente la differenza tra il punto rilevato tramite triangolazione e l'esatta localizzazione di un animale rinvenuto morto.

Durante il PFDP il monitoraggio dello spostamento notturno di ciascun animale è avvenuto seguendo un protocollo di radio-tracking con un intervallo di 10 giorni (nei mesi da aprile a luglio). In ogni sessione tutti i gufi erano seguiti e localizzati per tutta la notte a

partire da un'ora prima del tramonto a un'ora dopo l'alba, rilevando la posizione di ognuno ogni 1.30 ore.

In fase di dispersione invece le localizzazioni erano rilevate su base settimanale, registrando un'unica posizione per ciascun animale mentre si trovava nei posatoi diurni, in questo caso le due rilevazioni potevano ricadere all'interno di un intervallo di tempo più dilatato rispetto ai 20 minuti fissati, in quanto trovandosi l'animale a riposo non si correva il rischio che la seconda localizzazione potesse ricadere in un punto differente rispetto alla prima.

La sostanziale differenza fra i due metodi di campionamento è dovuta al diverso dato che si voleva ottenere, nel PFDP infatti le numerose e continue rilevazioni servivano ad evidenziare l'intensità del movimento nell'intorno del nido, come l'animale esplorava il territorio circostante, mentre invece durante la dispersione le singole localizzazioni settimanali avevano lo scopo di localizzare l'animale per tracciarne poi la traiettoria scelta e la distanza percorsa.

Nel corso dell'esperimento sono stati persi 9 animali, 6 a seguito di predazione (5 nel 2015 e 1 nel 2016), e tre (nel 2015) perché non si è riusciti a captare il segnale dell'animale una volta iniziata la dispersione (malfunzionamento degli emittori, distruzione degli stessi a causa di predazione o bracconaggio o semplicemente stazionamento al di fuori della portata ricettiva, ipotesi queste tuttavia impossibili da verificare). La mancata localizzazione di questi 9 individui ha reso la dimensione finale del campione di 21 gufi durante il PFDP e di 15 gufi durante la dispersione.

4.3 Determinazione delle fasi di PFDP e dispersione.

Il PFDP inizia quando gli animali sono sufficientemente grandi da poter abbandonare il nido, rimanendo comunque nei suoi dintorni in quanto ancora dipendenti dai genitori. In media l'età di inizio del PFDP è di 40-45 gg, tale fase dura fino al punto in cui ogni gufo diventa indipendente e si allontana in cerca del proprio territorio iniziando la fase di dispersione (Delgado, Penteriani, & Nams, 2009).

Per distinguere e separare le due fasi si è tenuto conto della distanza di ogni posizione rispetto al nido di partenza, tracciando rispettivamente sia la singola distanza per ciascuna posizione che la media delle distanze (Delgado & Penteriani, 2008). Il valore medio ottenuto ha permesso di fornire la discriminante necessaria a determinare l'inizio della dispersione, che si considera iniziata quando la distanza delle posizioni successive si allontana sempre più dalla distanza media percorsa da ogni individuo, ovvero quando la distanza di ogni posizione tende ad aumentare piuttosto che oscillare intorno al valore medio (Delgado & Penteriani, 2008).

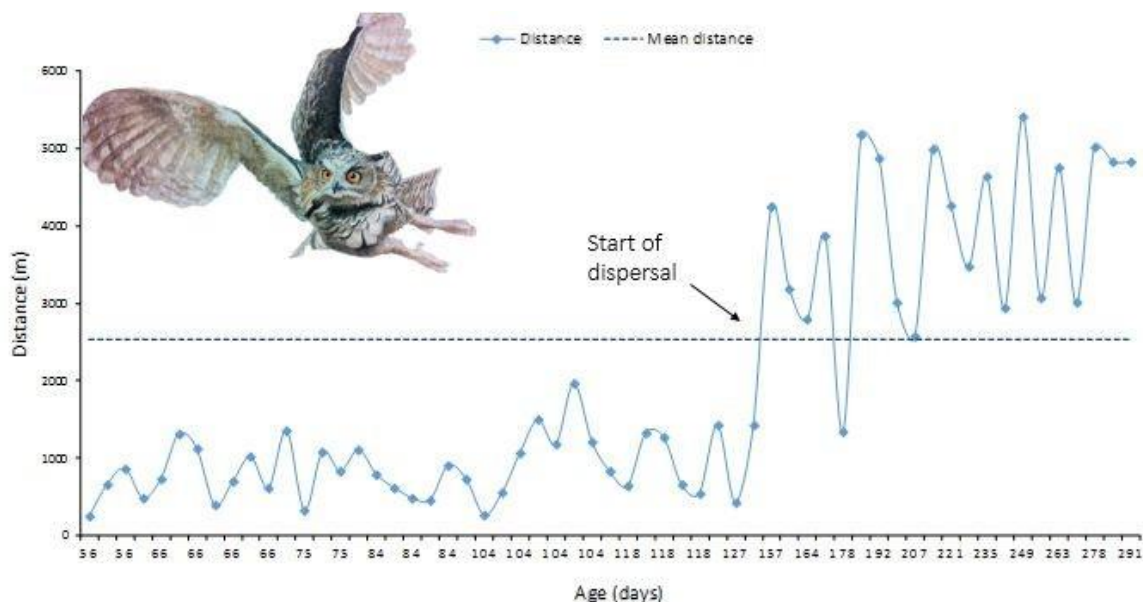


Fig. 4.10. Determinazione dell'inizio della dispersione discriminandolo dalla prima fase PFDP. In ascissa l'età dell'animale in questione, e in ordinata la distanza del punto in cui si trovava rispetto al nido nei diversi momenti in cui ne è stata rilevata la posizione, questi grafici consentivano di determinare il momento di inizio della fase di dispersione, e l'età in cui avveniva.

4.5 Parametri di Movimento

Al fine di confrontare i due gruppi descritti (gruppo 0 = gufi controllo rimasti nel nido natio e gruppo 1 = gufi traslocati), abbiamo descritto quantitativamente il movimento degli individui sia nel PFDP che nella dispersione per ogni pullo ($n_{\text{PFDP}} = 21$, $n_{\text{dispersione}} = 15$) tenendo in considerazione per le due fasi i seguenti sette parametri di movimento: (1) step, o distanza tra posizioni consecutive; (2) distanza totale coperta dal gufo; (3) distanza netta, ovvero la distanza tra la prima e l'ultima posizione raccolta; (4) distanza rispetto al nido per ogni posizione; (5) distanza tra i gufi per le località individuate nel medesimo tempo; (6) velocità degli spostamenti, ottenuta dividendo le distanze consecutive per il tempo tra una posizione e l'altra; e (7) direzione di movimento angolare tra posizioni successive. Per ciascun gufo inoltre è stato calcolata l'area esplorata durante la fase di PFDP utilizzando il MPC al 100% in QGIS 2.14.3 System Information System (QGIS Development Team, 2016).

4.6 Analisi statistiche

Per le analisi statistiche sono stati considerati tutti i parametri di movimento fatta eccezione della distanza tra posizioni consecutive, in quanto tale parametro è risultato essere fortemente correlato con la velocità ($r = 0.97$, $P = 0.001$). Di conseguenza, questo parametro è stato escluso in quanto contenente informazioni ridondanti. Per quanto riguarda invece le altre variabili, le correlazioni ottenute si sono rilevate sempre molto basse ($r < 0.2$ in ogni caso).

Per ognuno dei sei parametri di movimento considerati, abbiamo costruito un set di modelli competitivi includendo tutte le possibili combinazioni di variabili esplicative, partendo dal modello nullo più semplice a un modello completo che includeva tutte le variabili (tabelle 4.1 e 4.2).

Tabella 4.1.

DEPENDENT VARIABLE	COMPETING MODELS	AICc	$\Delta AICc$	Weighted AICc
NET DISTANCE	AGE	413.19		0.26
	AGE+SEX	414.36	1.18	0.14
	AGE+SEX+AGE:SEX	414.50	1.31	0.13
	AGE+TREATMENT+AGE:TREATMENT	415.04	1.85	0.10
	AGE+TREATMENT	415.37	2.18	0.09
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT	416.26	3.07	0.06
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX	416.37	3.18	0.05
	AGE+SEX+TREATMENT	416.58	3.39	0.05
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	416.77	3.58	0.04
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+SEX:TREATMENT	418.00	4.81	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	418.19	5.01	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+SEX:TREATMENT	418.28	5.10	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	418.56	5.37	0.02
	NULL	424.90	11.72	0.00
	SEX	426.76	13.57	0.00
	TREATMENT	426.79	13.61	0.00
	SEX+TREATMENT	428.68	15.49	0.00
	SEX+TREATMENT+SEX:TREATMENT	430.06	16.87	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 41.2%			
TOTAL DISTANCE	AGE+SEX	277.33		0.32
	AGE	279.01	1.68	0.14
	AGE+TREATMENT+SEX	279.27	1.94	0.12
	AGE+SEX+AGE:SEX	279.57	2.24	0.10
TOTAL DISTANCE	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT	279.88	2.55	0.09
	AGE+TREATMENT	281.01	3.68	0.05
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	281.53	4.20	0.04
	AGE+TREATMENT+SEX+SEX:TREATMENT	281.55	4.22	0.04
	AGE+TREATMENT+AGE:TREATMENT	281.74	4.41	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+SEX:TREATMENT	282.19	4.86	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX	282.20	4.87	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	283.85	6.52	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	284.54	7.21	0.01
	SEX	291.51	14.18	0.00
	NULL	291.52	14.19	0.00

DEPENDENT VARIABLE	COMPETING MODELS	AICc	$\Delta AICc$	Weighted AICc
	TREATMENT	293.72	16.39	0.00
	SEX+TREATMENT	293.74	16.41	0.00
	SEX+TREATMENT+SEX:TREATMENT	295.96	18.63	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 51.3%			
SPEED	AGE	1198.41		0.40
	AGE+SEX	1200.22	1.81	0.16
	AGE+TREATMENT	1200.43	2.02	0.15
	AGE+SEX+AGE:SEX	1202.15	3.74	0.06
	AGE+TREATMENT+AGE:TREATMENT	1202.23	3.82	0.06
	AGE+TREATMENT+SEX	1202.24	3.83	0.06
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT	1204.04	5.63	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	1204.18	5.76	0.02
SPEED	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT	1204.04	5.63	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	1204.18	5.76	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+SEX:TREATMENT	1204.26	5.85	0.02
	NULL	1205.68	7.27	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX	1205.93	7.51	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+SEX:TREATMENT	1206.07	7.66	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	1206.20	7.78	0.01
	TREATMENT	1207.59	9.18	0.00
	SEX	1207.72	9.30	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	1207.96	9.55	0.00
	TREATMENT+SEX	1209.63	11.22	0.00
	TREATMENT+SEX+ SEX:TREATMENT	1211.42	13.00	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 17.8%			
TURNING ANGLE	TREATMENT+SEX	1183.78		0.18
	TREATMENT	1183.80	0.01	0.17
	NULL	1185.12	1.34	0.09
	SEX	1185.37	1.58	0.08
	TREATMENT+AGE+SEX	1185.78	1.99	0.07
	TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	1185.80	2.01	0.06
	TREATMENT+AGE	1185.81	2.02	0.06
	TREATMENT+ AGE+SEX+AGE:SEX	1186.31	2.52	0.05
	AGE	1187.10	3.32	0.03
	TREATMENT+AGE+SEX+AGE:TREATMENT	1187.26	3.48	0.03

DEPENDENT VARIABLE	COMPETING MODELS	AICc	ΔAICc	Weighted AICc
TURNING ANGLE	AGE+SEX	1187.30	3.52	0.03
	TREATMENT+AGE+AGE:TREATMENT	1187.31	3.52	0.03
	TREATMENT+AGE+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX	1187.61	3.83	0.03
	TREATMENT+AGE+SEX+TREATMENT:SEX	1187.79	4.01	0.02
	AGE+SEX+AGE:SEX	1187.90	4.11	0.02
	TREATMENT+AGE+SEX+TREATMENT:SEX+AGE:SEX	1188.32	4.54	0.02
	TREATMENT+AGE+SEX+AGE:TREATMENT+SEX:TREATMENT	1189.30	5.51	0.01
	TREATMENT+AGE+SEX+AGE:TREATMENT+SEX:TREATMENT+AGE:SEX	1189.64	5.85	0.01
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 17.8%			
NEST DISTANCE	AGE+SEX	1806.67		0.20
	AGE	1806.84	0.17	0.19
	AGE+SEX+AGE:SEX	1807.68	1.01	0.12
	AGE+TREATMENT+SEX	1808.21	1.53	0.09
	AGE+TREATMENT	1808.49	1.82	0.08
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	1809.18	2.51	0.06
	NULL	1809.79	3.12	0.04
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	1810.19	3.52	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE	1810.20	3.53	0.03
	AGE+TREATMENT+TREATMENT:AGE	1810.51	3.83	0.03
	SEX	1811.00	4.33	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+TREATMENT:SEX	1811.17	4.50	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX	1811.18	4.51	0.02
	TREATMENT	1811.82	5.15	0.02
NEST DISTANCE	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+TREATMENT:SEX	1812.19	5.52	0.01
	TREATMENT+SEX	1813.03	6.36	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+SEX:TREATMENT+AGE:SEX	1813.18	6.50	0.01
	TREATMENT+SEX+SEX:TREATMENT	1814.50	7.83	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 64.7%			
AREA	TREATMENT	225.40		0.72
	NULL	228.12	2.73	0.18
	TREATMENT+SEX	231.07	5.68	0.04
	SEX	231.12	5.73	0.04
	TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	233.95	8.56	0.01
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 90.0%			
DISTANCE	AGE	292958.1		0.21

DEPENDENT VARIABLE	COMPETING MODELS	AICc	$\Delta AICc$	Weighted AICc
BETWEEN OWLS	AGE+SEX	292958.7	0.58	0.16
	AGE+TREATMENT	292959.4	1.30	0.11
	AGE+TREATMENT+SEX	292959.5	1.45	0.10
	AGE+SEX+AGE:SEX	292960.4	2.29	0.07
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	292960.7	2.63	0.06
	AGE+TREATMENT+AGE:TREATMENT	292960.8	2.66	0.06
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE	292961.0	2.87	0.05
	AGE+TREATMENT+SEX+SEX:AGE	292961.2	3.08	0.05
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+TREATMENT:SEX	292962.1	4.04	0.03
	NULL	292962.2	4.08	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+TREATMENT:SEX	292962.4	4.28	0.02
DISTANCE BETWEEN OWLS	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX	292962.6	4.47	0.02
	AGE+TREATMENT+AGE:TREATMENT+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	292963.8	5.67	0.01
	TREATMENT	292964.1	5.96	0.01
	SEX	292964.2	6.07	0.01
	TREATMENT+SEX	292966.0	7.94	0.00
	TREATMENT+SEX+SEX:TREATMENT	292968.0	9.92	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 15.1%			

Tabella 4.2.

DEPENDENT VARIABLE	COMPETING MODELS	AICc	$\Delta AICc$	Weighted AICc
NET DISTANCE	NULL	59.13		0.90
	SEX	64.58	5.45	0.06
	TREATMENT	65.20	6.07	0.04
	TREATMENT+SEX	73.13	14.01	0.00
	TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	83.71	24.58	0.00
TOTAL DISTANCE	NULL	45.53		0.92
	TREATMENT	51.59	6.06	0.04
	SEX	51.89	6.36	0.04
	TREATMENT+SEX	60.09	14.56	0.00
	TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	72.22	26.69	0.00
SPEED	AGE+SEX+AGE:SEX	762.30		0.54
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	764.47	2.17	0.18
	AGE	766.53	4.23	0.06

DEPENDENT VARIABLE	COMPETING MODELS	AICc	$\Delta AICc$	Weighted AICc
SPEED	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	766.62	4.32	0.06
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX	766.67	4.36	0.06
	AGE+TREATMENT	768.53	6.23	0.02
	AGE+SEX	768.55	6.25	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:TREATMENT+AGE:SEX+SEX:TREATMENT	768.84	6.54	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX	770.58	8.28	0.01
	AGE+TREATMENT+AGE:TREATMENT	770.69	8.39	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+SEX:TREATMENT	772.44	10.13	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE	772.76	10.45	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+TREATMENT:SEX	774.63	12.33	0.00
	NULL	781.60	19.30	0.00
	TREATMENT	783.21	20.91	0.00
	SEX	783.67	21.37	0.00
	TREATMENT+SEX	785.31	23.00	0.00
	TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	786.76	24.46	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 19.6%			
TURNING ANGLE	AGE+SEX+AGE:SEX	332.84		0.23
	AGE	333.37	0.53	0.18
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	334.71	1.87	0.09
	NULL	334.91	2.07	0.08
	AGE+TREATMENT	334.92	2.08	0.08
	AGE+SEX	335.44	2.60	0.06
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX+AGE:SEX	335.78	2.94	0.05
TURNING ANGLE	TREATMENT	336.78	3.94	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+AGE:SEX	336.88	4.04	0.03
	SEX	336.98	4.14	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX	337.01	4.17	0.03
	AGE+TREATMENT+AGE:TREATMENT	337.05	4.21	0.03
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+TREATMENT:SEX+AGE:SEX	337.95	5.11	0.02
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	338.64	5.80	0.01
	TREATMENT+SEX	338.85	6.01	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE	339.15	6.31	0.01
	TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	340.31	7.47	0.01
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+TREATMENT:SEX	340.80	7.96	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 21.5%			
NEST DISTANCE	AGE+SEX+AGE:SEX	288.71		0.55
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	290.87	2.16	0.19
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+TREATMENT:SEX	291.41	2.70	0.14
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+AGE:SEX	292.92	4.21	0.07

DEPENDENT VARIABLE	COMPETING MODELS	AICc	$\Delta AICc$	Weighted AICc
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+AGE:SEX+TREATMENT:SEX	293.47	4.76	0.05
	AGE	304.99	16.28	0.00
	AGE+SEX	306.43	17.72	0.00
	AGE+TREATMENT	307.12	18.40	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX	308.57	19.85	0.00
	AGE+TREATMENT+TREATMENT:AGE	309.23	20.52	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	309.38	20.67	0.00
NEST DISTANCE	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE	310.69	21.98	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+TREATMENT:SEX	311.52	22.80	0.00
	NULL	343.84	55.13	0.00
	SEX	345.13	56.42	0.00
	TREATMENT	345.86	57.14	0.00
	TREATMENT+SEX	347.12	58.41	0.00
	TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	348.28	59.57	0.00
	DEVIANCE OF SELECTED MODEL: 51.0%			
DISTANCE BETWEEN OWLS	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+AGE:SEX	3439.40		0.49
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+AGE:SEX+TREATMENT:SEX	3440.57	1.17	0.27
	AGE+SEX+AGE:SEX	3441.97	2.57	0.13
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX	3443.34	3.94	0.07
	AGE+TREATMENT+SEX+AGE:SEX+TREATMENT:SEX	3444.60	5.21	0.04
	AGE	3450.92	11.52	0.00
	AGE+SEX	3451.86	12.46	0.00
	AGE+TREATMENT+TREATMENT:AGE	3451.89	12.49	0.00
	AGE+TREATMENT	3452.50	13.11	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE	3453.08	13.68	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX	3453.52	14.12	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:AGE+TREATMENT:SEX	3454.56	15.16	0.00
	AGE+TREATMENT+SEX+TREATMENT:SEX	3455.02	15.62	0.00
	NULL	3466.54	27.15	0.00
	SEX	3467.22	27.82	0.00
	TREATMENT	3468.31	28.92	0.0

Tabelle 4.1, 4.2. Nelle due tabelle sono rappresentati i modelli competitivi costruiti per studiare la variazione nei movimenti di Gufo reale nelle due fasi comportamentali studiate. Per PFDP e la fase iniziale della dispersione, sono riportati i coefficienti ottenuti dal model-averaging e i valori del Relative Importan Value di ciascuna variabile; valore ottenuto dalla somma dei “pesi” (wheight) di Akaike su tutti i modelli che la contengono. Essendo il “peso relativo” dell’AIC di un modello rispetto agli altri una evidenza in suo favore rispetto a tutti i modelli candidati. I modelli sono ordinati secondo il valore di AICc, dal valore più basso (modello migliore) al più alto.

Per verificare normalità, indipendenza, presenza di outliers è stata condotta un'esplorazione grafica dei dati prima di procedere alla creazione dei modelli. Le variabili con distribuzione normale sono state modellate per mezzo di Modelli Lineari Misti.

Quando i dati non seguivano una distribuzione normale sono stati sottoposti a trasformazione logaritmica. Nel caso in cui la trasformazione logaritmica fosse insufficiente è stato applicato un modello lineare generalizzato con distribuzione gamma.

In ciascuna serie di modelli competitivi sono stati inclusi: trattamento, età (eccezion fatta per distanza netta e totale nella fase di dispersione) e sesso degli individui, così come le possibili interazioni tra queste variabili. I fattori random sono stati mantenuti costanti in tutti i set di modelli. Per modellare i parametri di movimento in fase PFDP, abbiamo incluso 5 fattori random, organizzati nel seguente modo: (1) anno, (2) blocco sperimentale, (3) nido, (4) notte di radio-tracking, (5) individuo. La notte di radio-tracking non è stata inclusa nei modelli realizzati per la distanza netta e totale in quanto avevamo una sola osservazione per queste variabili. Nei modelli per la dispersione abbiamo mantenuto gli stessi fattori usati per il PFDP, ad eccezione della notte, in quanto le osservazioni per queste variabili erano settimanali.

Il modello migliore è stato scelto sulla base del criterio di informazioni di Akaike, corretto per le dimensioni ridotte del campione (AICc; Burnham & Anderson, 2002). Abbiamo calcolato due parametri statistici aggiuntivi per ogni modello: $\Delta AICc$ e $AICc$ ponderato, che indicano la probabilità che il modello selezionato sia il migliore tra i candidati (Gelman & Hill, 2006). Modelli con valori di $\Delta AICc$ inferiori a 2 sono stati considerati come equamente competitivi.

Per ciascuna serie di modelli, abbiamo impiegato il metodo del model-averaging sull'intervallo di confidenza del 95%, al fine di derivare i coefficienti dei parametri e i relativi valori di importanza (RIV) di ciascuna variabile esplicativa, usando l'approccio di *full-model averaging* (Burnham & Anderson, 2002).

Qualora ci fosse incertezza nella selezione del miglior modelli, il metodo del model-averaging ci consente di fare deduzioni sull'intero set di modelli (o, come nel nostro caso, su un intervallo di confidenza del 95%) (Burnham & Anderson, 2002; Grueber et al. 2011, Symonds & Moussalli, 2011).

Tutte le stime dei parametri prodotte dal model-averaging derivano da medie ponderate dei valori su tutti i modelli del set considerato (Symonds & Moussalli, 2011).

In particolare, il valore di importanza relativo (RIV) di ciascuna variabile esplicativa è stato calcolato sommando i valori di Akaike ponderati su tutti i modelli contenenti la variabile (Burnham & Anderson, 2002).

La significatività è stata calcolata utilizzando i valori di P ottenuti dai coefficienti del model-averaging, impostando un valore di P pari a $P \leq 0.05$.

Per valutare la variabilità tra i diversi nidi e i diversi individui, per ciascun parametro di movimento abbiamo calcolato il Coefficiente di Correlazione Intraclassa (ICC) (R; Stoffel, Nakagawa & Schielzeth, 2017; Zuur et al., 2009) dei due fattori casuali di interesse inclusi nei modelli: “Nido” e Gufo”. Questo fattore rappresenta la frazione della varianza totale attribuibile alla variazione fra gruppi (Stoffel et al 2017).

Le varianze sono state ricavate dai modelli lineari misti che includevano il nido e l'individuo come fattori random, rispetto al tipo di trattamento (animali appartenenti al gruppo 0 ossia originari del nido o animali del gruppo 1, i soggetti provenienti da un altro nido) come fattori casuali, in base al nostro progetto sperimentale.

Nel nostro caso, questo indice ci permette di descrivere la correlazione tra osservazioni dello stesso nido (vale a dire tra gufi allevati insieme indipendentemente dal fatto che siano stati scambiati o meno e la correlazione tra osservazioni dello stesso individuo.

In particolare, valori di ICC bassi ($ICC < 0.40$ in una scala da 0-1) indicano una scarsa variabilità tra gruppi e, di conseguenza, un'elevata variabilità all'interno dei gruppi.

Al contrario, valori elevati corrispondono ad una maggiore variabilità tra gruppi, quindi bassa variabilità all'interno dei gruppi (Stoffel, Nakagawa & Schielzeth, 2017).

Per tutti i modelli selezionati, abbiamo calcolato la devianza condizionata seguendo Nakagawa & Schielzeth, (2013).

Tutte le analisi sono state eseguite usando il software statistico R 3.2.5 (R development core 2016). I GLMM sono stati sviluppati usando i pacchetti “lme4” (Bates & Sarkar, 2007) e “nlme”(Pinheiro, Bates, DebRoy, Sarkar & R Core Team, 2017), l'inferenza multi-modello e la media dei modelli usando il pacchetto “MuMIn”(Bartón, 2013).

5 Risultati.

5.1 Parametri generali relativi ai movimenti.

PFDP

Durante un totale di 21 notti di radio-tracking ($n_{2015} = 12$; $n_{2016} = 9$) sono state registrate 1213 posizioni ($n_{2015} = 887$ con $n_0 = 488$ e $n_1 = 399$; $n_{2016} = 326$ con $n_0 = 254$ e $n_1 = 72$). Una sintesi dei parametri di movimento nel PFDP è riportata nella tabella 5.1.

Tabella 5.1.

<i>Movement parameter</i>	Treatment group	N	Mean $\pm$ SD	Min	Max
<i>Net distance (m)</i>	0	96	560.4 $\pm$ 550.0	24.4	2987
	1	68	506.4 $\pm$ 420.3	10.8	1864
<i>Total distance (m)</i>	0	88	2227.0 $\pm$ 1508.9	150.4	5796
	1	61	1991.0 $\pm$ 1499.8	102.8	5323
<i>Speed (m/min)</i>	0	503	3.3 $\pm$ 2.4	0.0	10
	1	346	3.2 $\pm$ 2.5	0.2	10
<i>Distance between nest and location points (m)</i>	0	616	515.9 $\pm$ 322.9	34.0	1498
	1	427	515.7 $\pm$ 358.0	4.2	1495
<i>PFDP area (ha)</i>	0	12	213.5 $\pm$ 214.5	29.3	705
	1	9	180.0 $\pm$ 157.2	6.2	432
<i>Distance between owls (m)</i>	0	33740	3331.0 $\pm$ 1780.0	0.0	9999
	1	14936	3503.0 $\pm$ 1921.9	0.0	9667

Tab 5.1. Riassunto dei parametri dei movimenti relativi ai due gruppi di trattamento 0 (Gufi originari del nido) e 1 (Gufi trasferiti da altri nidi), N= numero di osservazioni registrate

Durante questa fase, la media di tutti i parametri considerati (tranne la distanza totale) è aumentata nel tempo ed è stato osservato che le femmine presentano generalmente valori superiori ai maschi (figura 5.2). Nella figura 5.2 colonna “b”, sono riportati esempi dei percorsi seguiti da un individuo durante il PFDP.

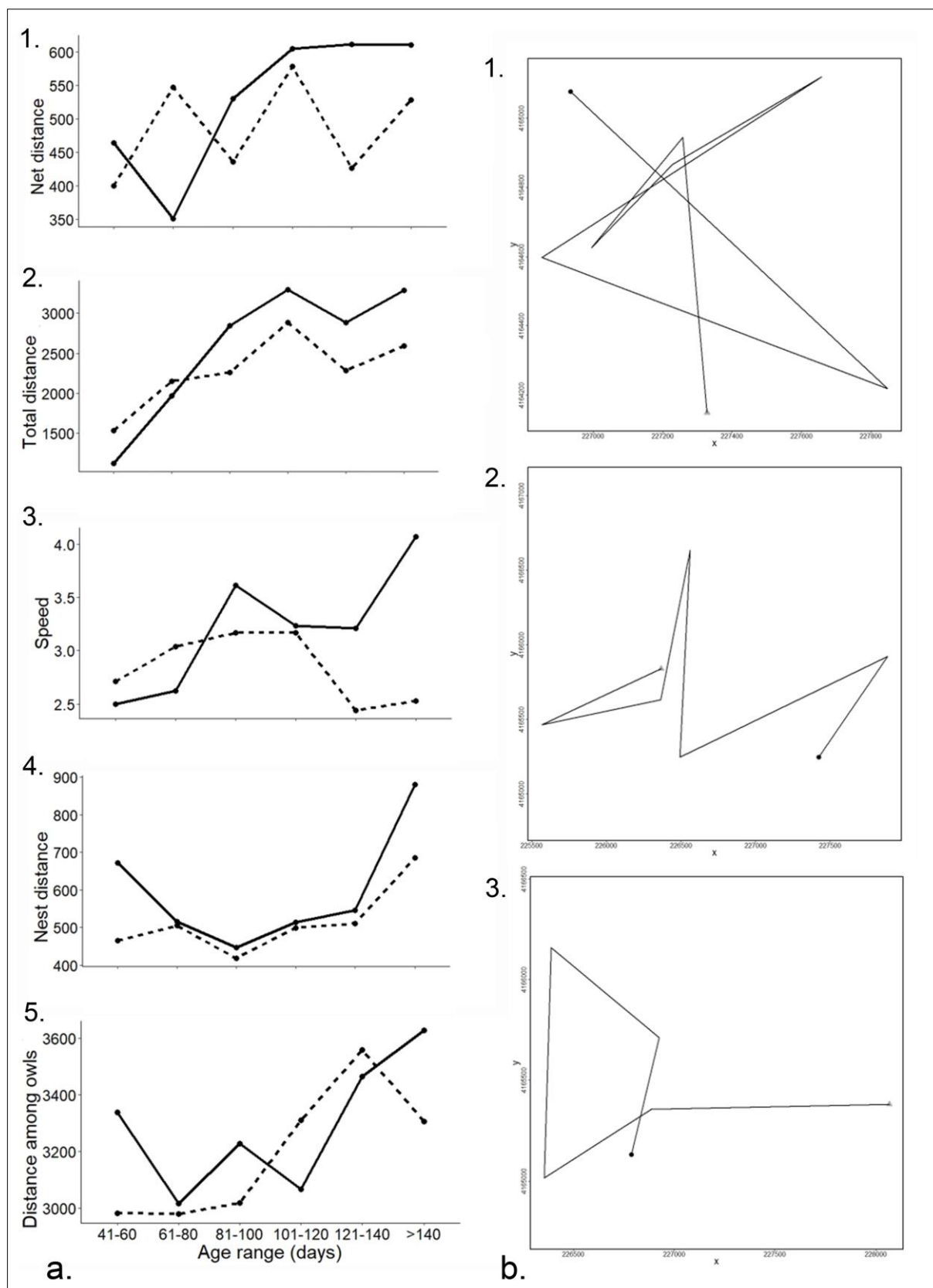


fig.5.2

In figura 5.2 sono illustrate le caratteristiche del movimento degli animali studiati, gli spostamenti si riferiscono al PFDP. Nella colonna (a) sono rappresentate le medie dei dati riferiti agli animali di sesso maschile (linee tratteggiate) e di sesso femminile (linee continue), i tracciati rappresentano spostamenti rilevati ad intervalli di 20 giorni in riferimento a: 1) distanza netta, 2) distanza totale, 3) velocità, 4) distanza tra nido e posizione e 5) distanza tra gli animali (le distanze sono espresse in metri). Nella colonna b invece è rappresentato il tracciato di un animale 1) a 66 giorni, 2) a 104 giorni e 3) a 118 giorni. Il punto nero di ogni tracciato rappresenta il punto di partenza e in ascissa e ordinata le coordinate geografiche UTM.

Dispersione

Nei 62 giorni di radio-tracking ($n_{2015} = 38$; $n_{2016} = 24$) abbiamo registrato 258 posizioni ($n_{2015} = 183$ con $n_0 = 93$ e $n_1 = 90$; $n_{2016} = 75$ con $n_0 = 54$ e $n_1 = 21$).

Nel 2015, la dispersione ha avuto inizio quando i gufi avevano 172 ± 5.9 giorni (media $\pm$ SE) ($n = 11$; intervallo = 148-220 giorni) e nel 2016 ad un'età di 158 ± 19.2 giorni ($n = 4$; intervallo = 123-192 giorni -).

Tenuto conto invece di entrambe gli anni, la dispersione è iniziata all'età di 168 ± 6.5 giorni ($n = 15$; intervallo = 123-220 giorni). Una sintesi dei parametri di movimento di dispersione è riportata nella Tabella 5.4.

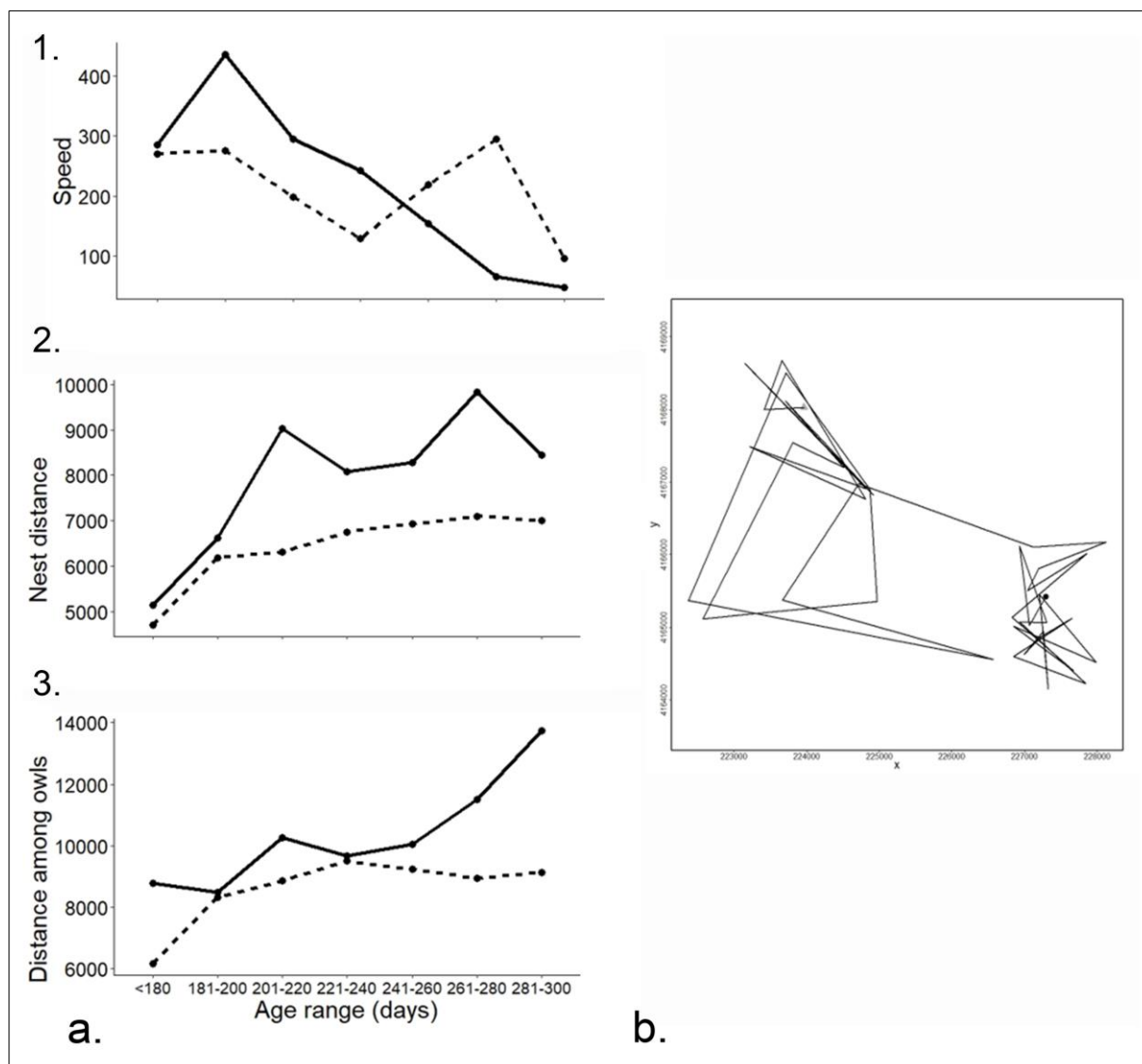
<i>Movement parameter</i>	<i>Treatment group</i>	<i>N</i>	<i>Mean $\pm$ SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>Net distance (m)</i>	0	8	3291.0 ± 2384.5	380.5	7175
	1	6	6667.0 ± 6831.0	781.9	18490
<i>Total distance (m)</i>	0	8	27370.0 ± 24093.9	4246.0	78600
	1	6	27480.0 ± 9081.6	17220.0	38670
<i>Speed (m/min)</i>	0	132	210.7 ± 265.8	2.8	1342
	1	104	233.8 ± 241.2	1.0	1145
<i>Distance between nest and location points (m)</i>	0	145	6442.0 ± 3555.6	980.9	19020
	1	111	7905.0 ± 5641.4	438.0	19500
<i>Distance between owls (m)</i>	0	370	8278.0 ± 5361.4	241.2	23240
	1	240	12110.0 ± 5245.1	318.8	19200

Legenda tab 5.3. Valori relativi ai parametri della fase della dispersione. N = numero di osservazioni.

Per quanto riguarda il PFDP, i valori medi delle femmine erano generalmente superiori ai valori dei maschi.

Le distanze medie dai nidi e le distanze tra i gufi aumentano con il tempo, mentre la velocità media diminuisce (Figura 5.4 colonna a). Per dare un'idea di come si muovevano i gufi durante le due fasi considerate, abbiamo tracciato il percorso seguito da un gufo selezionato in età diverse (figure 5.2 b , 5.4 b).

figura 5.4



Nell'immagine 5.4 sono riportati i movimenti degli animali durante la fase della dispersione, nella colonna a) spostamenti registrati ad intervalli di 20 giorni, i tracciati rappresentano i valori medi ottenuti dai dati relativi agli animali di sesso maschile (linee tratteggiate) e femminile (linee continue). Nella colonna b è invece illustrato il percorso di un individuo durante tutta la fase della dispersione, con il punto nero quale punto di partenza.

5.2 L'esperimento Cross-Fostering.

PFDP.

Per tutti i parametri di movimento, i modelli selezionati includevano sempre l'età. Il gruppo di trattamento era incluso nei modelli selezionati di tutti i parametri tranne la velocità, mentre il sesso era incluso nei modelli selezionati di tutti i parametri (vedi Tabella 4.1.).

Tuttavia, i valori P e RIV supportano solo l'effetto dell'età (Tabella 5.4), che è risultato significativo ($P \leq 0.05$) e ha un'importanza relativamente elevata ($RIV > 0.90$) in 5 parametri (distanza netta, distanza totale, velocità, distanza tra ogni posizione registrata e il nido, distanza tra i gufi). L'effetto del gruppo di trattamento non è mai risultato significativo, né ha un RIV particolarmente elevato (sempre < 0.80 ; Tabella 5.4)..

DEPENDENT VARIABLE	EXPLANATORY VARIABLE	MODEL-AVERAGED COEFFICIENTS AND RELATIVE IMPORTANCE VALUES			
		β	SE	P	RIV
NET DISTANCE	Intercept	4.86	0.45	<2e-16	
	Age	0.01	0.00	0.01	1.00
	SexM ²	0.25	0.42	0.56	0.55
	Treatment1	-0.20	0.41	0.62	0.47
	Age:SexM	-0.00	0.00	0.64	0.27
	Age:Treatment1	0.00	0.00	0.6359	0.25
	Treatment1:SexM	0.02	0.11	0.8637	0.08
TOTAL DISTANCE	Intercept	6.56	3.32	< 2e-16	
	Age	6.31	1.99	0.00162	1.00
	SexM ²	1.77	1.96	0.36912	0.78
	Treatment1	-4.79	2.08	0.81896	0.45
	Age:SexM	-9.30	1.38	0.94661	0.19
	Age:Treatment1	7.60	2.09	0.71705	0.19
	Treatment1:SexM	-2.66	6.71	0.97	0.09
SPEED	Intercept	9.19	1.77	2e-07	
	Age	3.13	1.14	0.01	0.98
	SexM ²	1.27	5.74	0.82	0.38
	Treatment1	-5.45	5.36	0.92	0.37
	Age:SexM	-5.18	4.68	0.91	0.10
	Age:Treatment1	7.07	4.72	0.88	0.10
	Treatment1:SexM	7.28	1.90	0.97	0.04

DEPENDENT VARIABLE	EXPLANATORY VARIABLE	MODEL-AVERAGED COEFFICIENTS AND RELATIVE IMPORTANCE VALUES			
		β	SE	P	RIV
TURNING ANGLE	Intercept	0.09	0.13	0.49	
	Age	0.00	0.07	0.99	0.41
	SexM ²	-0.12	0.16	0.43	0.61
	Treatment1	0.21	0.19	0.27	0.74
	Age:SexM	-0.02	0.08	0.77	0.13
	Age:Treatment1	-0.01	0.11	0.95	0.13
	Treatment1:SexM	0.01	0.06	0.84	0.11
NEST DISTANCE	Intercept	5.43	3.38	<2e-16	
	Age	3.90	2.10	0.06	0.91
	SexM ²	7.24	1.11	0.52	0.64
	Treatment1	6.12	5.42	0.91	0.42
	Age:SexM	-3.36	9.19	0.72	0.23
	Age:Treatment1	3.02	4.54	0.95	0.11
	Treatment1:SexM	1.86	2.58	0.94	0.08
AREA	Intercept	4.08	0.64	<2e-16	
	SexM ²	-0.04	0.13	0.79	0.09
	Treatment1	-0.17	0.12	0.15	0.77
	Treatment1:SexM	0.00	0.03	0.93	0.01
DISTANCE BETWEEN OWLS	Intercept	7.66	1.28	<2e-16	
	Age	1.57	7.38	0.03	0.95
	SexM ²	1.16	2.05	0.57	0.58
	Treatment1	1.10	1.79	0.91	0.53
	Age:SexM	-3.26	1.53	0.83	0.17
	Age:Treatment1	4.09	1.56	0.79	0.17
	Treatment1:SexM	-2.24	9.31	0.81	0.12

Tab 5.4.Valori significativi ottenuti per i parametri osservati durante la fase di PFDP

Tabella 5.5

DEPENDENT VARIABLE	RANDOM FACTORS	ICC VALUES PFDP	ICC VALUES DISPERSAL
NET DISTANCE	Owl	0.00	
	Nest	0.35	0.90
TOTAL DISTANCE	Owl	0.00	
	Nest	0.73	0.58
SPEED	Owl	0.00	0.01
	Nest	0.35	0.00
NEST DISTANCE	Owl	0.00	0.36

<i>DEPENDENT VARIABLE</i>	<i>RANDOM FACTORS</i>	<i>ICC VALUES PFD</i>	<i>ICC VALUES DISPERSAL</i>
	<i>Nest</i>	0.74	0.44
<i>AREA</i>	<i>Nest</i>	0.99	

Tab.5.5 Valori ICC per i due gruppi discriminati Nest e Owl relativi alla fase del PFD

Abbiamo riscontrato che i valori di ICC (Tabella 5.5) per l'identità "Individuo" erano sempre < 0.4 , mentre i valori di ICC per l'identità "Nido" variano tra 0.35 e 0.99.

Dispersione.

Su 6 parametri considerati, per due di loro (distanza netta e totale) il modello migliore era il modello nullo (modello-intercetta, tabella 4.1). Per tutti i parametri rimanenti, i modelli selezionati includevano sempre l'età e il sesso, mentre il gruppo di trattamento è considerato in 2 modelli. I valori P e RIV hanno suggerito che l'età ha avuto l'effetto principale, mostrando $P \leq 0.05$ e $RIV > 0.90$ in 3 parametri (velocità, distanza tra ciascuna posizione registrata e nido, distanza tra i gufi, tabella 5.6).

<i>DEPENDENT VARIABLE</i>	<i>EXPLANATORY VARIABLE</i>	<i>MODEL-AVERAGED COEFFICIENTS AND RELATIVE IMPORTANCE VALUES</i>			
		β	SE	P	RIV
<i>NET DISTANCE</i>	<i>Intercept</i>	7.90	3.56	$<2e-16$	
	<i>SexM²</i>	-3.16	1.75	0.87	0.06
	<i>Treatment1</i>	2.15	1.55	0.91	0.04
	<i>Treatment1:SexM</i>	-5.61	3.49	1.00	<0.01
<i>TOTAL DISTANCE</i>	<i>Intercept</i>	9.99	2.13	$<2e-16$	
	<i>Treatment1</i>	1.15	8.92	0.91	0.04
	<i>SexM²</i>	4.80	6.87	0.95	0.04
	<i>Treatment1:SexM</i>	-6.47	8.53	1.00	<0.01
<i>SPEED</i>	<i>Intercept</i>	8.54	1.06	$<2e-16$	
	<i>Age</i>	-1.63	4.48	0.0003	1.00
	<i>SexM²</i>	-2.63	1.42	0.07	0.90
	<i>Age:SexM</i>	1.11	6.04	0.66	0.86
	<i>Treatment1</i>	9.14	3.32	0.98	0.37
	<i>Treatment1:SexM</i>	-8.29	1.21	0.95	0.09
	<i>Age:Treatment1</i>	2.98	1.31	0.98	0.09
<i>TURNING ANGLE</i>	<i>Intercept</i>	0.14	0.23	0.54	
	<i>Age</i>	0.05	0.25	0.83	0.84

DEPENDENT VARIABLE	EXPLANATORY VARIABLE	MODEL-AVERAGED COEFFICIENTS AND RELATIVE IMPORTANCE VALUES			
		β	SE	P	RIV
	<i>SexM</i> ²	0.21	0.26	0.93	0.59
	<i>Age:SexM</i>	0.26	0.36	0.46	0.43
	<i>Treatment1</i>	0.04	0.24	0.85	0.41
	<i>Treatment1:SexM</i>	0.05	0.25	0.83	0.09
	<i>Age:Treatment1</i>	0.00	0.08	0.97	0.09
NEST DISTANCE	<i>Intercept</i>	6.92	0.36	<2e-16	
	<i>Age</i>	0.01	0.00	<2e-16	1.00
	<i>SexM</i> ²	1.27	0.41	0.002	1.00
	<i>Age:SexM</i>	-0.01	0.00	6e-06	1.00
	<i>Treatment1</i>	0.05	0.27	0.84	0.45
	<i>Treatment1:SexM</i>	-0.13	0.33	0.71	0.19
	<i>Age:Treatment1</i>	0.00	0.00	0.90	0.12
DISTANCE BETWEEN OWLS	<i>Intercept</i>	6.81	0.51	<2e-16	
	<i>Age</i>	0.01	0.00	5.4e-06	1.00
	<i>Treatment1</i>	0.85	0.57	0.14	0.86
	<i>SexM</i> ²	1.35	0.46	0.003	1.00
	<i>Age:Treatment1</i>	-0.01	0.00	0.17	0.76
	<i>Age:SexM</i>	-0.01	0.00	0.00	0.99
	<i>Treatment1:SexM</i>	-0.11	0.26	0.68	0.31

Tab 5.6. Valori ottenuti per le variabili prese in considerazione durante la fase iniziale della dispersione.

Il fattore sesso ha avuto un effetto significativo e ha un alto valore RIV in 2 parametri (distanza tra ogni posizione e nido, distanza tra i gufi). L'effetto del gruppo di trattamento non è mai stato significativo, e nella maggior parte dei casi il RIV era basso (< 0.50; Tabella 5.6, ad eccezione della distanza tra i gufi, dove RIV = 0.86. Secondo il periodo relativo al PFDP i valori dei valori (ICC Tabella 5.5) per l'identità individuale erano < 0.4, mentre per ciascun nido i valori ICC erano più alti (sempre ICC > 0.40, ad eccezione della velocità; Tabella 5.5).

6 Discussione.

I risultati ottenuti hanno permesso di evidenziare che il gruppo di animali che erano stati spostati in nidi adottivi per mezzo dell'esperimento di cross-fostering non ha mostrato significative differenze nei parametri di movimento rispetto ai loro fratelli adottivi, ne ha mostrato rimarchevoli similitudini con i fratelli naturali del nido di provenienza, questo in entrambe le fasi prese in esame, il PFDP e la dispersione.

Aspetto interessante è stato rilevare una certa variabilità tra gufi allevati in nidi diversi, ma all'interno dello stesso nido di allevamento gli animali tendevano a comportarsi in maniera simile pur se appartenenti ai due differenti gruppi di trattamento. Importante al riguardo è ciò che è stato ottenuto calcolando il Coefficiente di Correlazione Intraclassa (valori relativamente bassi, $ICC < 0.40$ in una scala da 0 a 1), che indica che la correlazione tra intraclassa era scarsa, con conseguente elevata variabilità tra i gruppi. In sostanza, confrontando i diversi gufi reali involatisi dallo stesso nido, si sono riscontrati alti livelli di ripetibilità nei loro parametri di movimento, anche se avevano un'origine genetica differente, così animali trasferiti da un nido ad un altro tendevano a comportarsi in maniera simile ai loro fratelli adottivi piuttosto che ai loro consanguinei rimasti nel nido di partenza (vedi anche Delgado et al., 2010; Penteriani & Delgado 2011).

Cosa comprendiamo riguardo al tema del nostro esperimento? Se osserviamo i valori ICC relativi agli individui, questi erano quasi sempre 0.0, ad eccezione di un unico parametro 0.36, mentre i valori ICC per l'identità "Nido" erano sempre compresi tra 0.35 e 0.99 (in un solo parametro abbiamo avuto 0.0) (vedi tabella dei risultati.5.5). Basandoci su questi risultati si può affermare che ad essere elevata era la variabilità tra i diversi nidi piuttosto che la variabilità all'interno degli individui dello stesso nido, ovvero esiste (1) una bassa variabilità comportamentale tra gli individui allevati nello stesso nido e (2) una elevata differenza tra individui appartenenti a nidi differenti, indipendentemente dalla loro reale provenienza. In sostanza, animali cresciuti nello stesso nido tendevano ad avere un comportamento omogeneo, anche se provenienti da famiglie diverse. Lo stesso può dirsi per altri valori, RIV, P, in cui si è osservato che il gruppo di trattamento ha sempre avuto una scarsa influenza sui parametri considerati (velocità, distanza, ecc.) al contrario di altri fattori come sesso o età. Differenze comportamentali erano legate presumibilmente ai differenti ambienti che gli animali si trovavano ad esplorare nei dintorni del nido; aspetto questo che sostiene l'ipotesi

che il comportamento e i movimenti degli animali erano correlati principalmente all'ambiente esterno inteso come le caratteristiche spaziali dell'area di nidificazione.

Questo ci porta ad affermare che il nostro esperimento non supporta l'ipotesi che alla base dei movimenti di PFDP prima e della dispersione poi, possa esserci una componente ereditaria, risultati questi in linea con studi precedenti condotti su altre specie sia di uccelli che di rettili e mammiferi (Greenwood, Harvey & Perrins, 1979; Massot & Clobert, 2000; Matthysen et al., 2005; Pasinelli & Walters, 2002; Waser & Thomas Jones, 1989), che non trovano alcuna prova dell'ereditarietà nei comportamenti legati agli spostamenti durante la dispersione.

Gli autori citati suggeriscono che sia la variabilità individuale che la somiglianza dei comportamenti adottati in fase di PFDP e dispersione all'interno dei gruppi familiari possono essere messi in relazione a fattori ambientali e sociali, ad esempio il luogo scelto per la nidificazione, il paesaggio e le caratteristiche del territorio circostante.

Ci sono tuttavia alcuni studi compiuti su altri uccelli che hanno trovato elementi riconducibili ad una base ereditaria che possono influenzare i movimenti degli animali (Hansson et al., 2003; Pasinelli et al., 2004), gli stessi studi però pur sostenendo una base ereditaria riconoscono che a modulare i movimenti contribuiscono anche fattori ambientali e sociali.

E' vero che la dimensione del nostro campione non era così elevata e questo potrebbe aver ridotto la potenza statistica di un qualche effetto genetico, qualora fosse stato presente.

Tuttavia lo studio condotto dimostra chiaramente che anche in presenza di un eventuale input di origine ereditaria, fattori esterni come l'ambiente o la pressione intraspecifica hanno un peso maggiore nello sviluppo dei comportamenti individuali; così come gli stessi fattori esterni possono contribuire a sviluppare alcune somiglianze tra comportamenti all'interno dello stesso gruppo familiare. Se si tiene conto infatti della sola fase di PFDP si deve riconoscere che tutti i giovani pulli vengono allevati insieme nello stesso ambiente, ne consegue che muovendosi nella stessa zona siano esposti alle stesse pressioni esterne che potrebbero essere diverse da quelle di un altro nido posto in differenti condizioni.

Oltretutto durante le prime fasi di vita i giovani di Gufo reale tendono a trascorrere uniti la maggior parte del tempo, rimanendo a stretto contatto anche con i genitori mentre esplorano il territorio circostante (Delgado et al., 2009). I giovani di un medesimo nucleo familiare, in questo lasso di tempo (PFDP) crescono e si sviluppano sotto la stessa pressione rispetto a fattori comuni, che possono condurli a sviluppare analoghi modelli comportamentali.

Lo stesso si può dire in relazione alla fase di dispersione, dove la struttura e la composizione del paesaggio nonché l'habitat esplorato dal singolo individuo, hanno già dimostrato di

svolgere un ruolo importante nella determinazione del tipo di comportamento adottato (Delgado et al., 2010; Penteriani & Delgado, 2011). Gli autori avevano già suggerito che gli individui nati e cresciuti nello stesso nido, muovendosi nella medesima, zona potevano essere portati a prendere decisioni individuali simili quando si apprestavano a compiere i loro spostamenti.

Un aspetto interessante è evidenziato da un esperimento condotto in passato sulla stessa popolazione studiata; pulli rimasti orfani vennero lasciati in nidi di altre coppie di Gufo reale e da questi allevati con successo. Successivamente gli stessi, nelle fasi di PFDP e dispersione, adottarono comportamenti simili ai loro fratellastri (Penteriani & Delgado, 2008). Questo esperimento, pur anticipando in qualche modo i nostri risultati, non poteva sostituirsi allo studio in oggetto, in quanto si era trattato di casi isolati e mancava dell'elemento di comparazione in quanto si desconosceva la provenienza degli animali adottati. I pulli infatti erano dei giovani provenienti da un centro di recupero che si tentò di far adottare da altre famiglie di Gufo reale.

Il nostro studio ha evidenziato che un aspetto che influenza i movimenti degli animali è chiaramente l'età: in entrambe le fasi esaminate, l'esplorazione del territorio circostante è palesemente vincolata alle diverse fasi di sviluppo dell'animale, andando via via modificandosi (Delgado et al., 2009). Questi progressivi cambiamenti sono già stati registrati in altre specie di uccelli (O'Toole L. T., Kennedy P.L., Knight R.L., 1999; Wood, Collopy & Sekerak, 1998). Se l'influenza dell'età è palese nelle prime fasi di sviluppo, durante la dispersione il suo l'effetto potrebbe essere spiegato dal fatto che questa fase rappresenta un processo multistep, all'interno del quale gli individui mostrano comportamenti differenti legati alla loro condizione fisica e al contesto legato sia a fattori ambientali esterni (tipo di vegetazione, orografia del territorio) che a fattori sociali (interazione con altri dispersanti o adulti che già sono insediati nei siti esplorati dai giovani individui) incontrati nell'ambiente esplorato (Bowler & Benton, 2005; Delgado & Penteriani, 2008; Delgado et al., 2010).

Il sesso ha dimostrato avere un'influenza su alcuni parametri legati al movimento, in particolare sulla fase iniziale della dispersione, anche se tuttavia in base a studi precedenti sulla stessa popolazione di questa specie non è stata rilevata una notevole influenza sessuale sui parametri dispersivi (Delgado et al., 2010). Differenze comportamentali legate al sesso, all'interno dei movimenti di dispersione, sono tuttavia ben documentate per diverse specie di uccelli (Greenwood, 1980; Massot & Clobert, 2000; Newton, 2002).

Al riguardo si ricorda che nel nostro caso è stato analizzato il comportamento dispersivo limitatamente alle prime fasi, in cui gli animali non hanno ancora raggiunto la maturità

sessuale, di conseguenza non può essere escluso che modelli comportamentali diversi potrebbero sorgere successivamente, se si tiene presente tutta la fase di dispersione che culmina con l'insediamento nel nuovo sito riproduttivo.

Tenuto conto che sono i fattori ambientali esterni a plasmare in maggior misura i comportamenti dei nostri animali, possiamo stabilire quali fra questi tendono ad aver un peso maggiore? Osservando il comportamento degli uccelli, soprattutto durante la dispersione, quando si allontanano dal sito paterno perdendo la protezione dei genitori, i pulli si trovano ad affrontare una dura competizione intraspecifica, tenuto conto anche dell'alta densità della popolazione presente nella zona oggetto di studio.

C'è da osservare inoltre che in relazione a Gufo reale siamo di fronte ad una specie con una spiccata territorialità, i maschi che occupano i loro territori non esitano ad attaccare gli invasori qualora le loro complesse strategie dissuasive non dovessero sortire l'effetto desiderato (Penteriani & Delgado, 2012).

Le coppie si mantengono abbastanza fedeli al sito riproduttivo e mettono in atto una serie di complesse manifestazioni acustiche, soprattutto nei mesi precedenti la deposizione e la cova, per rinsaldare i vincoli e allo stesso modo avvertire gli altri animali che gravitano nelle vicinanze che il territorio è occupato, marcano oltretutto il territorio con i loro escrementi in punti visibili, per rendere inequivocabile la loro presenza (Delgado, 2013; Delgado & Penteriani, 2007; Penteriani, 2009).

Questa forte territorialità si traduce in una netta separazione tra le aree già occupate da coppie riproduttive e le aree di nuovo insediamento, i giovani soggetti infatti tendono ad evitare conflitti intraspecifici. Nella figura 6.1 si nota la come la sovrapposizione delle aree dei siti di nidificazione sia assente mentre è molto limitata nelle zone di primo insediamento durante la dispersione (Fasciolo et al., 2016).

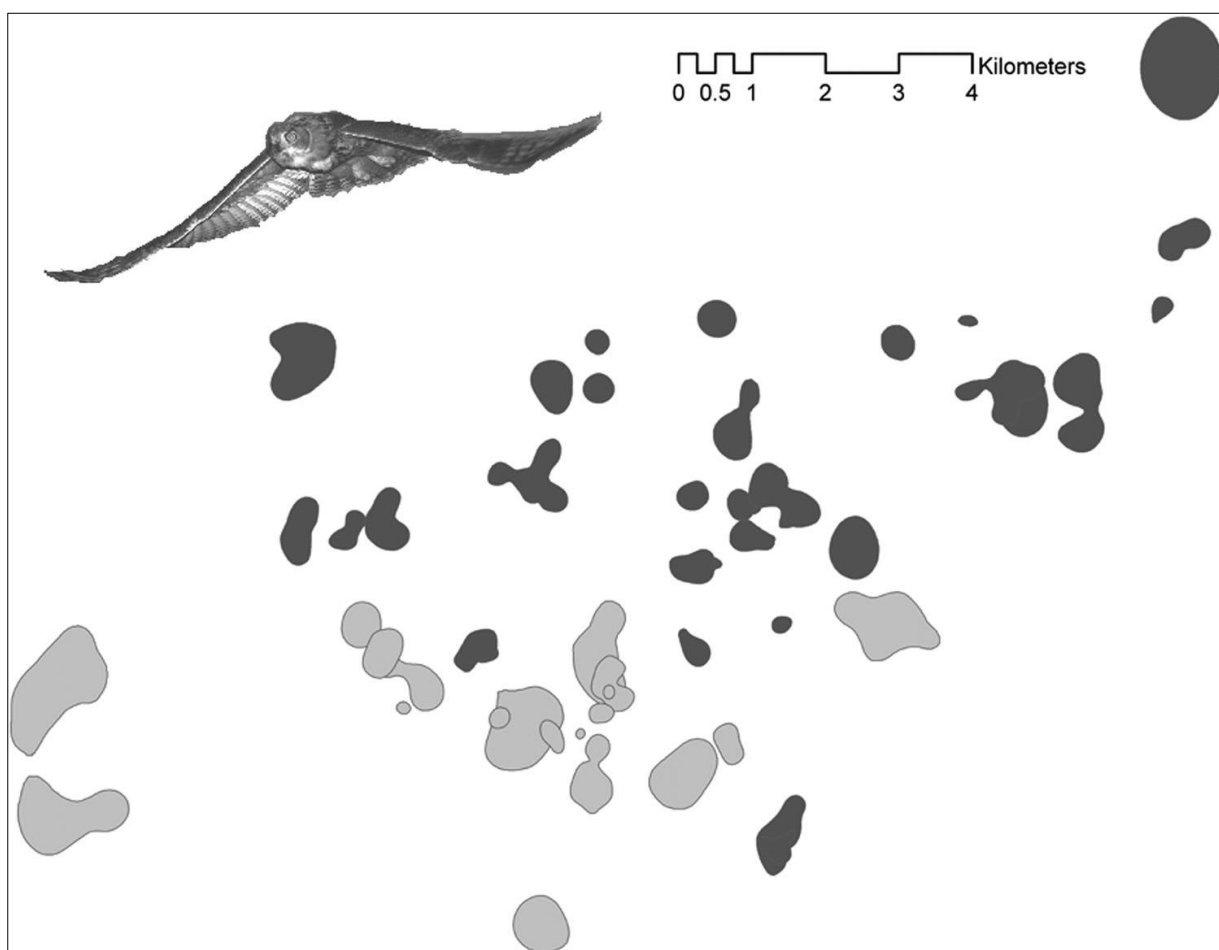


Fig. 6.1. Nella figura sono rappresentate le aree di insediamento di giovani ed adulti riproduttori di Gufo reale. In scuro sono raffigurate le aree occupate dai siti di nidificazione, mentre le aree chiare rappresentano le aree esplorate dagli individui durante la dispersione. Si nota una netta segregazione spaziale che può essere il risultato del comportamento territoriale della specie che si traduce nella tendenza degli individui in dispersione a stabilirsi in siti in cui non si verifica competizione intraspecifica.

Analizzando in dettaglio la dispersione possiamo affermare che è articolata in tre fasi distinte: (1) start, quando avviene l'abbandono dell'area natale; (2) wandering, rappresentata da un comportamento erratico in cui l'animale individua nuove aree per insediarsi temporaneamente; e (3) stop, quando viene scelto il sito di insediamento (Andreassen et al., 2002, Bowler and Benton, 2005; Penteriani, 2009).

Se a determinare il momento dello start contribuisce in notevole misura l'età e la condizione fisica dell'individuo, sulla scelta del luogo di insediamento grava la potenziale competizione con possibili individui già insediati, la disponibilità di risorse e non ultimo la competizione anche fra gli stessi animali in dispersione. Quando questi fattori, singolarmente o nel loro

insieme, si manifestano; gli animali tendono ad effettuare spostamenti più frequenti al fine di evitare sovrapposizioni (Penteriani & Delgado, 2011).

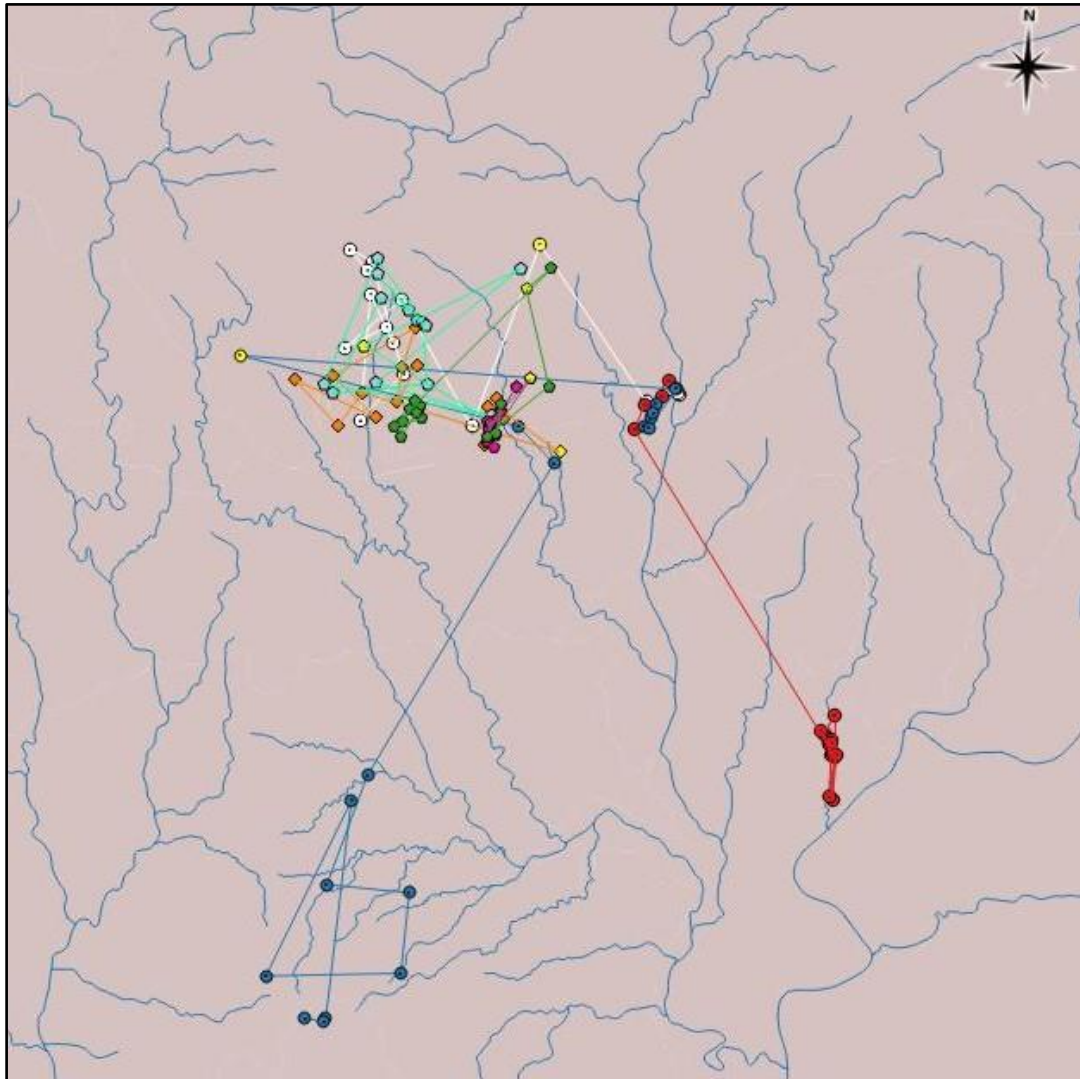


Fig. 6.2. Rappresentazione dei movimenti di due nidi di un blocco sperimentale in cui sono stati scambiati due pulli. La discriminazione rispetto al nido è rappresentata dalla forma dei punti di localizzazione: cerchi e rombo. Ad ogni animale poi per distinguerlo è stato ulteriormente attribuito un colore. Si possono notare chiaramente le due aree in cui erano localizzati i nidi (concentrazione di punti) e le aree scelte per la dispersione, Foto elaborata in QGIS.

Questo comportamento, è stato osservato anche nel corso delle dispersioni oggetto di studio, quando gli individui trovavano un sito che non era occupato da conspecifici e che allo stesso tempo era in grado di fornire risorse alimentari sufficienti tendevano a limitare i loro spostamenti, aspetto emerso soprattutto nella fase wandering. L'esempio riportato in figura 6.1 lo evidenzia, si notano infatti due scenari differenti: (1) più individui in una stessa area in cui si può notare un'intensità di spostamenti decisamente maggiore, in quanto gli animali si

trovavano a competere l'uno con l'altro, e (2) il caso di individui isolati che incontrando un sito non occupato da altri conspecifici tendevano a limitare drasticamente i propri spostamenti. Caso illustrato nella medesima figura 6.1 dal gufo rappresentato dal cerchio rosso che dalla zona di allevamento, già dal primo giorno di insediamento a seguito dello start dispersivo ha scelto di rimanere confinato nella stessa piccola area per tutto il periodo in cui è stato monitorato, (comportamento riscontrato anche in altri individui). L'animale si è fermato in un sito nelle immediate vicinanze di un centro abitato, nella zona non c'era nessuna evidenza di occupazioni pregresse e allo stesso tempo era in grado di fornire sufficienti risorse alimentari. Questo esempio illustra molto bene come tra i fattori che influiscono sulla dispersione, la competizione intraspecifica eserciti una notevole influenza (Penteriani & Delgado, 2012).

Ciò oltretutto apre uno scenario decisamente interessante, in linea con studi compiuti sulla stessa popolazione, che hanno evidenziato come una zona di dispersione rappresentata da un'area apparentemente ottimale possa essere difficile da lasciare per i giovani individui soprattutto quando, come nel nostro caso, il territorio è in grado di fornire abbondanti risorse alimentari e la concorrenza intraspecifica è assente (Penteriani & Delgado, 2012; Fasciolo et al., 2016). In presenza di queste condizioni gli individui tenderanno a stabilirsi in questi territori apparentemente attraenti, indipendentemente però dal fatto che siano i migliori per la popolazione stessa in termini di tasso di crescita e persistenza nel lungo periodo (Battin, 2004). Questa mancanza di prospezione del territorio durante la fase wandering può tradursi in una sorta di “trappola evolutiva” (Schlapfer et al., 2002; Fasciolo et al. 2016). Trappole evolutive possono verificarsi quando gli animali fanno delle scelte comportamentali che si rivelano dannose a lungo termine (comportamenti svantaggiosi derivati da scelte effettuate nonostante la disponibilità di opzioni qualitativamente superiori; Schlapfer et al., 2002), anche se sono basate su dei segnali ambientali apparentemente affidabili. Tutto questo si concretizza in situazioni che possono mettere in pericolo l'animale tendendo a ridurre le prospettive di sopravvivenza (Schlapfer et al., 2002) o incidendo sulla fitness individuale. Il caso dell'animale illustrato nella fig 6.1 è emblematico del problema, pur trovando infatti risorse alimentari sufficienti, stazionando mesi in un sito prossimo a vie di comunicazione importanti e addirittura ad un centro abitato, è stato esposto a rischi più elevati: collisione accidentale con veicoli ed eventuali casi di bracconaggio (anche se i rapaci sono severamente protetti in tutto il territorio non sono visti di buon occhio dai proprietari delle aziende venatorie e si registrano casi di abbattimento e distruzione di uova e nidi).

Anche in caso di nidificazione, trovandosi la coppia nelle immediate vicinanze di un sito antropizzato rischierebbe di non portare a termine la covata a causa del disturbo antropico o di animali domestici, la specie infatti è solita abbandonare la cova se disturbata (Tucker & Heath, 1994).

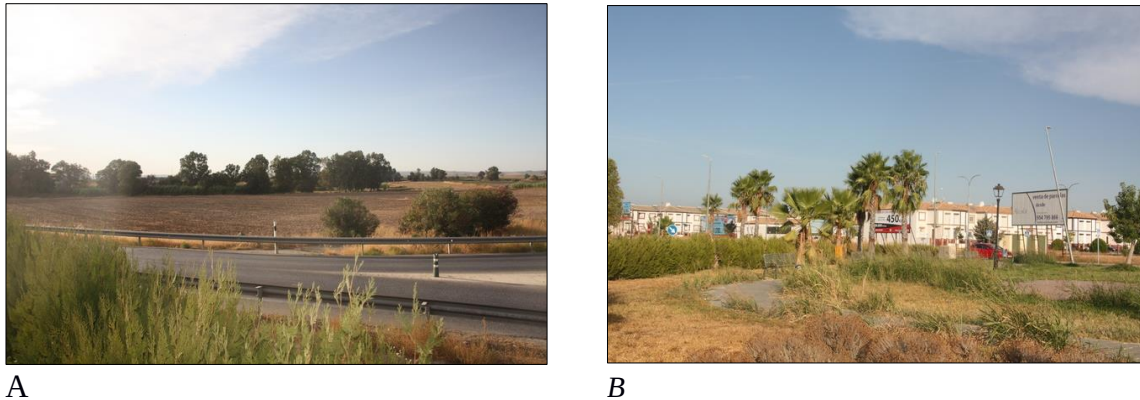


Fig 6.3 Sito corrispondente all'insediamento del gufo identificato in fig. 6.2 con il punto rosso, l'animale, settimana dopo settimana effettuava solo lievi spostamenti, sostando sempre nel piccolo gruppo di Eucaliptus visibile in riquadro A, degna di nota è l'ubicazione; a poche centinaia di metri un'importante via di comunicazione e dal centro abitato del riquadro B. Il prolungato stazionamento in questo sito lo ha sicuramente esposto a rischi maggiori in paragone con siti meno antropizzati.

E' stato dimostrato che un comportamento del genere (come nel caso della nostra popolazione) può ripercuotersi negativamente sull'intera popolazione (vedi Figura 6.4).

Nel nostro caso abbiamo osservato che molti individui fluttuano marginalmente in siti con risorse abbondanti, ma che si rivelano poco adatti, mentre invece i migliori siti all'interno della popolazione tendono a rimanere vacanti anche in caso di morte o abbandono delle coppie che li occupavano.

Comportamento questo che ha il potenziale di mettere a rischio le popolazioni animali. Per ridurre questo pericolo ed evitare possibili ripercussioni negative causate da un prolungato insediamento di dispersori in zone temporanee, queste ultime dovrebbero essere considerate come hot-spot a fini conservativi, al pari delle aree riproduttive.

Riducendo infatti la mortalità in queste aree si darebbe la possibilità di ricolonizzare i migliori siti riproduttivi che nel frattempo potrebbero essere rimasti vacanti (Fasciolo et al., 2016).

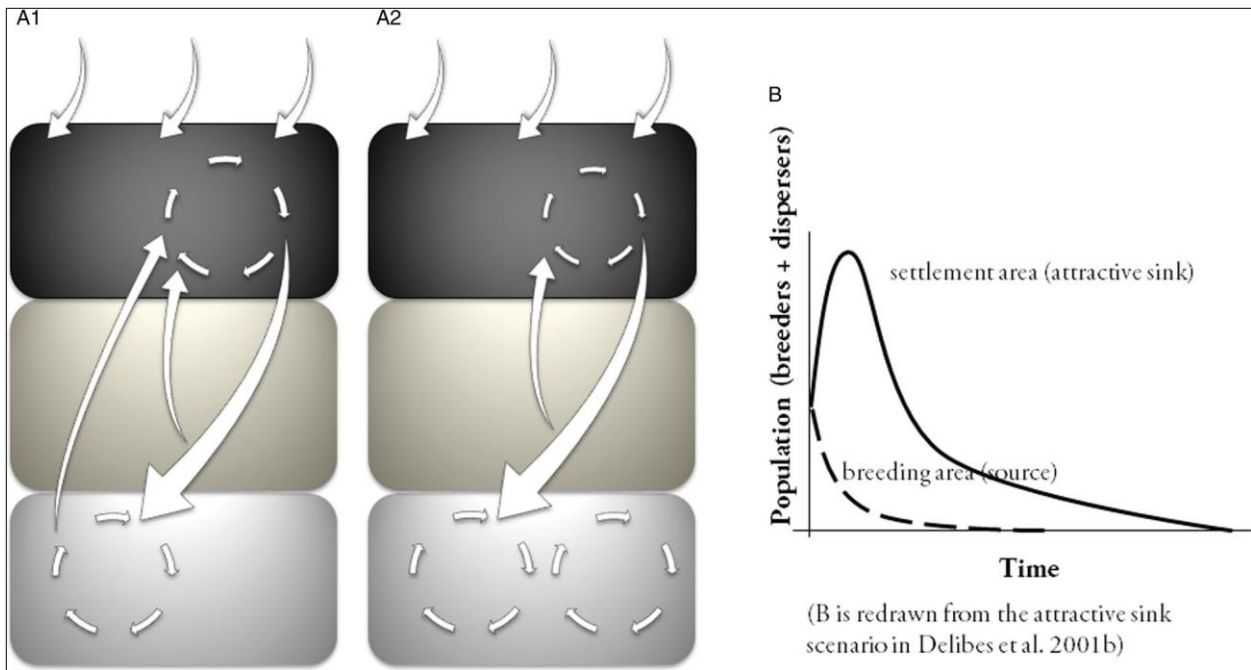


Fig. 6.4 Nella figura sono illustrate le potenziali alterazioni determinate dalla comparsa di una trappola nelle aree di insediamento in fase di dispersione, A1 nel riquadro scuro è rappresentata la popolazione dei riproduttori saturata a causa dell'ipotesi di ingresso da parte di altre popolazioni (freccie in alto) o reintegro da parte degli individui in dispersione, situati nel riquadro grigio chiaro. A2 ipotizza ciò che si verificherebbe qualora le aree di insediamento temporaneo si comportassero come "trappole"; impedirebbero la dispersione riducendo notevolmente il flusso verso le zone originarie di allevamento più favorevoli a lungo termine, si avrebbe la conseguenza della diminuzione della pool riproduttivo e il confinamento della popolazione in zone che si rivelerebbero scelte inappropriate nel lungo periodo, con la conseguente diminuzione della popolazione.

In conclusione possiamo dire che l'approccio sperimentale che mirava a districare l'effetto genetico rispetto a fattori esterni ambientali in una specie longeva come Gufo reale non sembra sostenere l'ipotesi che i movimenti durante il PFDP e la dispersione possano essere in qualche forma predeterminati geneticamente. Va comunque sottolineato che un'eventuale parziale contributo genetico ai movimenti durante le due fasi prese in esame in questa ricerca potrebbe non essere emerso a causa del campione di individui marcati relativamente ridotto. In definitiva, se il nostro esperimento ha messo in luce il contributo dei fattori ambientali nel movimento durante PFDP e dispersione, ulteriori studi saranno necessari per comprendere i complessi meccanismi e relazioni che esistono tra fattori intrinseci ed estrinseci ad ogni individuo, e come questi agiscono sul comportamento animale.

Studi su altre popolazioni, con campioni di maggiori dimensioni e protratti per un periodo di tempo più lungo, coprendo tutto l'iter della dispersione saranno necessari per far emergere l'eventuale effetto, se pur limitato, di una componente genetica sul comportamento dei movimenti animali.

Bibliografia.

- Andreassen, Harry P., Nils C. Stenseth, and Rolf A. Ims. "Dispersal behaviour and population dynamics of vertebrates." *Dispersal ecology* 1 (2002): 237-256.
- Alberico, Julie AR, J. Michael Reed, and Lewis W. Oring. "Non-random philopatry of sibling spotted sandpipers *Actitis macularia*." *Ornis Scandinavica* (1992): 504-508.
- Amo, R., and D. González. "L'alimentación del duc (*Bubo bubo*) al Massís del Garraf." *II Trobada d'estudiosos del Garraf. Monografies* 26 (1998): 47e51.
- Arcese P. 1989. Intrasexual competition, mating system and natal dispersal in song sparrows. *Anim Behav.* 38:958-979.
- Bowler, Diana E., and Tim G. Benton. "Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behaviour to spatial dynamics." *Biological Reviews* 80.2 (2005): 205-225.
- Baguette M, Van Dyck H. 2007. Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. *Land. Ecol.* 22:1117-1129.
- Baguette M. 2003. Long distance dispersal and landscape occupancy in a metapopulation of the cranberry fritillary butterfly. *Ecography* 26:153-160.
- Balbontin J, Penteriani V, Ferrer M. 2005. Humans act against the natural process of breeder selection: a modern sickness for animal population? *Biodiv. Conserv.* 14:179-186.
- Baldock, David, Guy Beaufoy, and Julian Clark. *The nature of farming: low intensity farming systems in nine European countries*. Institute for European Environmental Policy, 1994.
- Banscompte J, Possingham H, Roughgarden J. 2002. Patchy population in stochastic environments: critical number of patches for persistence. *Am. Nat.* 159:128-137.

Bartón, K. (2013). Model selection and model averaging based on information criteria (AICc and alike). *The Comprehensive R Archive Network*, 1, 13.

Bates, D., & Sarkar, D. (2007). lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes.

Signal, Eric M., David I. McCracken, and Heather Corrie. "Defining European low-intensity farming systems: the nature of farming." *Farming on the edge: the nature of traditional farmland in Europe*. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough (1995): 29-37.

Boake, C. R. B. C. R. B., Arnold, S. J. S. J., Breden, F., Meffert, L. M. L. M., Ritchie, M. G. M. G., Taylor, B. J. B. J. Moore, a. J. A. J. (2002). Genetic tools for studying adaptation and the evolution of behavior. *The American Naturalist*, 160 Suppl (december), S143–S159. <https://doi.org/10.1086/342902>

Boonstra, R., & Hochachka, M. (1997). Maternal effects and additive genetic inheritance in the collared lemming *Dicrostonyx groenlandicus*. *Evolutionary Ecology*, (2), 169–182.

Bowler DE, Benthon TG. 2005. Causes and consequences of animal dispersal strategies: relating individual behavior to spatial dynamics. *Biol. Rev. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 80:205-225.

Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach (2nd ed)*. *Ecological Modelling* (Vol. 172). <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.11.004>

Campioni, L., del Mar Delgado, M., Lourenço, R., Bastianelli, G., Fernández, N., Penteriani, V. 2013. Individual and spatio-temporal variations in the home range behaviour of a long-lived, territorial species. *Oecologia*, 172(2), 371-385.

- Clark, A. B., & Ehlinger, T. J. (1987). Pattern and adaptation in individual behavioral differences. *Perspectives in Ethology*, 7, 1–47. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1815-6>
- Clayton, N. S. (1990). The effects of cross-fostering on assortative mating between zebra finch subspecies. *Animal Behaviour*, 40(6), 1102–1110. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(05\)80176-9](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(05)80176-9)
- Clobert J, Danchin E, Dhondt AA, Nichols JD. 2001 Dispersal. Oxford Univ. Press.
- Clobert J, Ims RA, Rousset F. 2004. Causes, mechanism and consequences of dispersal. Pages 307- 335 in:Hanski, O Gaggiotti (eds). Ecology, genetics, and evolution of metapopulation. Academic press.
- Cote J, Clobert J 2007. Social personalities influence natal dispersal in a lizard. *Proc. R. Soc. London B* 274:383-390.
- De Witt TJ, Sih A, Wilson DS, 1998. Cost and limits of phenotypic plasticity. *Trends Ecol.* 13:77-81.
- Delgado MdM, Caferri E, Méndez M, Godoy JA, Campioni L, et al. (2013) Population Characteristics May Reduce the Levels of Individual Call Identity. *PLOS ONE* 8(10): e77557.
- Delgado MM, Penteriani V, Nams VO. 2009. How fledglings explore surroundings from fledging to dispersal? A case study with Eagle owls. *Ardea* 97:7-15.
- Delgado, M. M., & Penteriani, V. (2008). Behavioral states help translate dispersal movements into spatial distribution patterns of floaters. *The American Naturalist*, 172(4), 475–485
- Delgado, M. M., Penteriani, V., Nams, V. O., & Campioni, L. (2009). Changes of movement patterns from early dispersal to settlement. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 64(1),

35–43. <https://doi.org/10.1007/s00265-009-0815-5>

- Delgado, M. M., Penteriani, V., Revilla, E., & Nams, V. O. (2010). The effect of phenotypic traits and external cues on natal dispersal movements. *Journal of Animal Ecology*, 79(3), 620– 632.
- Delibes, M., and F. Hiraldo. "The rabbit as prey in the Iberian Mediterranean ecosystem." *Proceedings of the world lagomorph conference*. Vol. 1979. University of Guelph, Ontario, 1981.
- Delibes, M., Ferreras, P. & Gaona, P. [2001a](#). Attractive sinks, or how individual behavioural decisions determine source-sink dynamics. *Ecol. Lett.* 4:401–403.
- Delibes, M., Gaona, P. & Ferreras, P. [2001b](#). Effects of an attractive sink leading into maladaptive habitat selection. *Am. Nat.* 158:277– 285.
- Diaz, Mario, Pablo Campos, and FERNANDO J. Pulido. "The Spanish dehesas: a diversity in land-use and wildlife." *Farming and birds in Europe* (1997): 178-209.
- Dingemanse NJ, Both, Van Noordwijk AJ, Rutten AL, Drent PJ. 2003. Natal dispersal and personalities in Great Tits (*Parus major*). *Proc. R. Soc. London B* 270: 741-774.
- Dingemanse, N. J., Kazem, A. J. N., Réale, D., & Wright, J. (2010). Behavioural reaction norms: animal personality meets individual plasticity. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(2), 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.07.013>
- Doligez B, Gustaffson L. Part T. 2009. Heritability of dispersal propensity in a patchy population. *Proc. R. Soc. Lond. B* 276:2829-2836.
- Donazar, Jose A. 1987. "Geographic variations in the diet of the eagle owls in western Mediterranean Europe." *Biology and conservation of northern forest owl: symposium proceedings*. Fort Collins: General Technical Report RM-142, USDA, Forest Service.

Donázar, J. A. (1989). Variaciones geográficas y estacionales en la alimentación del Búho Real (*Bubo bubo*) en Navarra. *Ardeola*, 36(1), 25-39.

Donázar, José Antonio. 1993. *Los buitres ibéricos: biología y conservación*. JM Reyero, *.Ecology*, 74, 570-582.

Drent PJ, 1984. mortality and dispersal in summer and its consequences for the density of great tit *Parus major* at the onset of autumn. *Ardeas* 1972:127-162

Everett, M., and J. T. R. Sharrock. "THE EUROPEAN ATLAS-OWLS." *British Birds* 73.6 (1980): 239-256.

Fasciolo A. DM Delgado, G Cortés A' Sotullo. 2016 Limited prospecting behavior of juvenile Eagle owl *Bubo bubo* during natal dispersal. *Bird Study*, Taylor & Francis 225.

Feagan WA, Meir E, Prendergast J, Folarin A, Karieva P. 2001 Characterizing population vulnerability for 758 species. *Eco. Lett.* 4:132-138.

Ferrer M Penteriani V, Balbontin J, Pandolfi M. 2003. The proportion of immature breeders as a reliable early warning signal of population decline: evidence from the Spanish imperial eagle in Donana. *Biol. Conserv.* 114:463-466.

Fraser DF, Gilliam JF, Daley MJ, Le An, Skalki GT, 2001. Explaining leptokurtic movement distribution: intrapopulation variation in boldness and exploration. *Am Nat.* 158:124-135.

G Bernetti, 2005 *Italian Journal of Forest and Mountain Environments*, - ojs.aisf.it

Gaynes MS, McClenaghan LR. 1980. Dispersal in small animals. *Ann Rev Ecol. Syst.* 11:163- 196.

Gandon S, Michalakis Y, 1999. Evolutionary stable dispersal rate in a metapopulation with extinction and kin competition. *J. Theor. Biol.* 199:275-290.

- Gates S, Donald PF. 2000. Local extinction of British farmland birds and the prediction of further loss.
- Gelman, A., & Hill, J. (2006). Data Analysis Using Regression and Multilevel/Hierarchical Models. *Cambridge University Press, Analytical*(July), 625. Retrieved from <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0668/2006040566-d.html>
- Gómez-Sal, A.; Rodríguez, M.A.; de Miguel, J.M. (1992) Matter transfer and land-use by cattle in a dehesa ecosystem of central Spain, *Vegetatio*, 100, 345-354.
- Gonzalez L. M. 1991, Historia natural Del Aguila Imperial Iberica (*Aquila adalberty Behm 1861*) Madrid: ICONA
- González, J. L., and M. Merino. "El primer censo de la población española de Cigüeña negra confirma el grave peligro de extinción de la especie." *Quercus* 30 (1988): 12-17.
- González, L. M., and A. San Miguel. (2004). "Manual de buenas prácticas de gestión en fincas de monte mediterráneo de la Red Natura 2000." *Ministerio de Medio Ambiente, Madrid* : 327.
- Grant PR. 1978. Dispersal in relation to carrying capacity. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 75:2854-2858.
- Greenwood, P. J. (1980). Mating systems, philopatry and dispersal in birds and mammals. *Animal Behaviour*, 28(4), 1140–1162. [https://doi.org/10.1016/S0003-3472\(80\)80103-5](https://doi.org/10.1016/S0003-3472(80)80103-5)
- Greenwood, P. J., Harvey, P. H., & Perrins, C. M. (1979). The Role of Dispersal in the Great Tit (*Parus major*): The Causes , Consequences and Heritability of Natal Dispersal. *Journal of Animal Ecology*, 48(1), 123–142.
- Griffiths, R., Double, M.C., Orr, K. & Dawson, R. J. G. (1998). A DNA test to sex most birds. *Molecular Ecology*, 7(8), 1071–1075. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00389.x>

- Grueber, C. E., Nakagawa, S., Laws, R. J., & Jamieson, I. G. (2011). Multimodel inference in ecology and evolution: Challenges and solutions. *Journal of Evolutionary Biology*, 24(4), 699–711. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2010.02210.x>
- Hadfield, J. D., Nutall, A., Osorio, D., & Owens, I. P. F. (2007). Testing the phenotypic gambit: Phenotypic, genetic and environmental correlations of colour. *Journal of*
- Hansson, B., Bensch, S., & Hasselquist, D. (2003). Heritability of dispersal in the great reed warbler. *Ecology Letters*, 6(4), 290–294. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00436.x>
- Herrera, C. M. 1980. Composición y estructura de dos comunidades mediterráneas de Passeriformes. *Doñana Acta Vertebrata*. 7: 1-340
- Herrera, C. M., and R. C. Soriguer. "Composición de las comunidades de Paseriformes en dos biotopos de Sierra Morena Occidental." *Doñana, Acta Vertebr* 4 (1977): 127-138.
- Hiraldo, F., J. Andrada, and F. F. Parreño. "Diet of the eagle owl (*Bubo bubo*) in Mediterranean Spain." *Doñana Acta Vertebrata* 2 (1975): 161-177.
- HOLTGB, LESSARDJP, et al. An update of Wallace's zoogeographic regions of the world. *Science*, 2013, 339.6115: 74-78.
- Howard WE. 1960. Innate and environmental dispersal in individual vertebrates. *Am Midl. Nat.* 63:152_161.
- Hughes CL et al. 2007. Modelling and analysing evolution of dispersal in population at expanding boundaries. *Ecol. Entomol.* 32.437-445.
- Joffre, R.; Rambal, S. (1993) How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands,

- Joffre, R.; Rambal, S. (1988) Soil water improvement by trees in the rangelands of southern Spain, *Oecologia Plantarum*, 9, 405-422.
- Joffre, R.; Rambal, S.; Ratte, J.P. (1999) The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic, *Agroforestry Systems*, 45, 57-79.
- König, C., & Weick, F. (2008). *Owls of the world*. A&C Black.
- Kruuk, L. E. B., & Hadfield, J. D. (2007). How to separate genetic and environmental causes of similarity between relatives. *Journal of Evolutionary Biology*, 20(5), 1890–1903. <https://doi.org/10.1111/j.1420-9101.2007.01377.x>
- Kutch J, Idelberger S. 2005. Spatial and temporal variability of bat foraging in western European low mountain range forest. *Mammalia* 69:21-33.
- L. Olea and A. San Miguel-Ayan (2006) The Spanish dehesa. A traditional Mediterranean silvopastoral system linking production and nature conservation *Grassland Science in Europe* vol 11
- Le Galliard JF et al. 2005. Adaptive evolution of social traits: origin, trajectories, and correlations of altruism and mobility. *m. Nat.* 165:206-224.
- Leakey R, Lewin R. 1995. The sixth extinction, biodiversity and its survival. London: Phoenix.
- Lloveras, Lluís, Marta Moreno- García, and Jordi Nadal. "The eagle owl (*Bubo bubo*) as a leporid remains accumulator: taphonomic analysis of modern rabbit remains recovered from nests of this predator." *International Journal of Osteoarchaeology* 19.5 (2009): 573-592.
- López-Carrasco, C.; Muñoz, T.; Daza, A.; Rey, A.; López-Bote, C. (2005) Variaciones inter e intraanuales de la calidad de bellotas de encina en una dehesa de Castilla-La Mancha. In:

- SEEP (ed) *Producciones agroganaderas. Gestión eficiente y conservación del medio natural*, Gijón (Asturias, Spain), pp 391-398.
- Lourenço, Rui. "The food habits of Eurasian eagle-owls in Southern Portugal." *Journal of Raptor Research* 40.4 (2006): 297-300.
- M. M. Delgado & V. Penteriani 2007, Vocal behaviour and neighbour spatial arrangement during vocal displays in eagle owls (*Bubo bubo*) ´ *Biological journal of zoology*.
- Malo, J.E.; Jimenez, B.; Suarez, F. (2000) Herbivore dunging and endozoochorous seed deposition in a Mediterranean dehesa, *J. Range Management*, 53 (3), 322-328.
- Malo, J.E.; Suarez, F. (1995) Herbivorous mammals as seed dispersers in a Mediterranean dehesa, *Oecologia*, 104 (2), 246-255.
- Massot M, Clobert J. 2000. Processes at the origin of similarities in dispersal behavior among siblings. *J. Evol. Biol.* 13:707-719.
- Massot, M., Huey, R. B., Tsuji, J., & Van Berkum, F. H. (2003). Genetic, prenatal, and postnatal correlates of dispersal in hatchling fence lizards (*Sceloporus occidentalis*). *Behavioral Ecology*, 14(5), 650–655. <https://doi.org/10.1093/beheco/arg056>
- Mateo, J. M., & Holmes, W. G. (2004). Cross-fostering as a means to study kin recognition. *Animal Behaviour*, 68(6), 1451–1459. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2004.01.017>
- Matter SF. 2001. Synchrony, extinction, and dynamics of spatially segregated, heterogeneous population. *Ecol. Model.* 141:217-226.
- Matthysen E. 2002. Boundary effects on dispersal between habitat patches by forest birds (*Parus major*, *P. caeruleus*). *Land. Ecol.* 17:509-515.
- Matthysen, E., Van De Castele, T., & Adriaensen, F. (2005). Do sibling tits (*Parus major*, *P. caeruleus*) disperse over similar distances and in similar directions? *Oecologia*, 143(2),

301–307. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1760-7>

Mikkola, Heimo. *Owls of europe*. T. & AD Poyser, 1983.

Mikkola, H. "Eagle owl." *Birds in Europe: their conservation status. Birdlife conservation series* 3 (1994): 326-327.

Morales, J. M., Moorcroft, P. R., Matthiopoulos, J., Frail, J. L., Kie, J. G., Powell, R. a, Haydon, D. T. (2010). Building the bridge between animal movement and population dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B Biological Sciences*, 365(1550), 2289–301. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0082>

Morrison, E. S., Ardia, D. R., & Clotfelter, E. D. (2009). Cross-fostering reveals sources of variation in innate immunity and hematocrit in nestling tree swallows *Tachycineta bicolor*. *Journal of Avian Biology*, 40(6), 573–578. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2009.04910.x>

Mousseu TA, Fox CV. 1998 Maternal effect and adaptations. Oxford University press, New York.

Muriel, R., Ferrer, M., Balbontín, J., Cabrera, L., & Calabuig, C. P. (2015). Disentangling the effect of parental care, food supply, and offspring decisions on the duration of the postfledging period. *Behavioral Ecology*, 26(6), 1587–1596. <https://doi.org/10.1093/beheco/arv114>

Nakagawa, S., & Schielzeth, H. (2013). A general and simple method for obtaining R² from generalized linear mixed-effects models. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(2), 133–142. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210x.2012.00261.x>

Newton, I. (2002). Ecology and conservation of owls. *Ecology and Conservation of Owls*. <https://doi.org/10.2307/3849247>

- Nicolaus, M., Michler, S. P. M., Ubels, R., van der Velde, M., Bouwman, K. M., Both, C., & Tinbergen, J. M. (2012). Local sex ratio affects the cost of reproduction. *Journal of Animal Ecology*, 81(3), 564–572. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2011.01933.x>
- Noordwijk, A. J. Van. (1984). Problems in the Analysis of Dispersal and a Critique on its 'Heritability' in the Great Tit. *Journal of Animal Ecology*, 53(2), 533–544. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4532>
- O'Grady JJ, Red DH, Book BW, Frankham R. 2004. What are the best correlates of predicted extinction risk? *Biol. Conserv.* 118:513-520.
- O'Toole L. T., Kennedy P. L., Knight R. L., M. L. C. (1999). Postfledging of Golden. *Wilson Bull.*, 111(4), 472–477.
- Olea, L.; López-Bellido, R.J.; Poblaciones, M.J. 2005. European types of silvopastoral systems in the Mediterranean area: dehesa. In: Mosquera, M.R.; Rigueiro, A.; McAdam, J. (eds) *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*, CABI Publishing.
- Olea, L.; Poblaciones, M.J.; Viguera, J.; Olea, B. (2004) Distribución de la “oferta” de bellota (cantidad y calidad) de encina (*Quercus ilex* Lam. ssp. *ballota*) en “montanera” en dehesas del S.O. de Extremadura. In: SEEP (ed) *Pastos y ganadería extensiva*, Salamanca, pp. 751-756.
- Ovaskainen O, Stato K, Bascompte J, Hanski I. 2002. Metapopulation models for extinction threshold in spatially correlated landscapes. *J. Theor. Biol.* 215:95-108.
- Pasinelli G, Schiegg K, Walters JR. 2004 Genetic and environmental influence on natal dispersal distances in a resident bird species. *Am. Nat.* 164:660-669.
- Pasinelli, G., & Walters, J. R. (2002). Social and environmental factors affect natal dispersal and philopatry of male Red-cockaded Woodpeckers. *Ecology*, 83(8), 2229–2239.

- Pérez Mellado, Valentín. 1980 *Alimentación del Búho real (Bubo bubo L.) en España central*. *Ardeola* 25: 93–112.
- Pérez Mellado Valentín. 1993. Las Marcas tafonómicas en huesos del lagomorfos. Estudios sobre cuaternario, 227-231.
- Penteriani V, Delgado MM (2011) Birthplace-dependent dispersal: are directions of natal dispersal determined a priori? *Ecography* 34:729–737.
- Penteriani V, Delgado MM. 2012. There is a limbo under the moon: what social interactions tell us about the floaters underworld . *Beav. Ecol. Sociobiol.* 66:317-327.
- Penteriani V, Otalora F, Ferrer M. 2006a. Floaters dynamics can explain positive patterns of density dependence fecundity in animal populations. *Am. Nat.* 168:696-703.
- Penteriani V, Fortuna MA, Melian CJ, Otalora F, Ferrer M. 2006b. Can prey behavior induce spatially synchronic aggregation of solitary predators? *Oikos* 113:497-505.
- Penteriani V, otalora F, Ferrer M. 2005a. Floater survival affects population persistence. The role of prey availability and environmental stochasticity. *Oikos* 108:523-534.
- Penteriani V, Otalora F, Sergio F, Ferrer M. 2005b. Environmental stochasticity in dispersal areas can explain the “mysteriuos” disappearance of breeding populations. *Proc. R. Sc. Lond. B.* 272:1265-1269.
- Penteriani V, Otalora F, Ferrer M. 2008 Floaters mortality within settlement areas can explain the Allee effect in breeding populations. *Ecol. Model.* 2008:98-104.
- Penteriani V. M del Mar Delgado, 2009. The Dusk Chorus from an Owl Perspective: Eagle Owls Vocalize When Their White Throat Badge Contrasts Most *PloS ONE*.

- Penteriani Vincenzo & María del Mar Delgado 2012, There is a limbo under the moon: what social interactions tell us about the floaters' underworld Behav. Ecol. Sociobiol. 66: 317-327
- Penteriani, MM delgado (2009) Thoughts on natal dispersal Journal of Raptor Research, BioOne
- Penteriani V. 1996. The Eagle Owl. Calderini Edagricole.
- Penteriani, V., & Delgado, M. M. (2008). Brood-switching in Eagle Owl *Bubo bubo* fledglings. *Ibis*, 150(4), 816–819. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2008.00831.x>
- Penteriani, V., et al. "Development of chicks and predispersal behaviour of young in the Eagle Owl *Bubo bubo*." *Ibis* 147.1 (2005): 155-168.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., & R Core Team. (2017). {nlme}: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=nlme>
- Pimm, Stuart L., et al. "The future of biodiversity." *Science* 269.5222 (1995): 347.
- Purroy, FJ, 1988. Sobre la invernada de la Paloma Torcaz (*Columba palumbus*) en Iberia. In: Invernada de aves en la península ibérica: 137– 151 (JL Tellería, Ed.).
- QGIS Development Team. (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Retrieved from <http://qgis.osgeo.org>.
- Qwens IPF, Bennet PM. 2000. Ecological basis of extinction risk in birds: habitat loss versus human persecution and introduced predators. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 97:12144-12148.
- Roche, E. A., Brown, C. R., & Brown, M. B. (2011). Heritable choice of colony size in cliff

swallows: does experience trump genetics in older birds? *Animal Behaviour*, 82(6), 1275–1285. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.09.005>

Rodríguez, Alejandro, and Miguel Delibes. *El Lince ibérico (Lynx pardina) en España: distribución y problemas de conservación*. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, 1990.

Ronce O, Gandon S, Rousset F. 2000. Kin selection and natal dispersal in an age-structured population. *Theor. Popul. Biol.* 58:143-159.

Ronce O. 2007. How does it feel to be like a rolling stone? The questions about dispersal evolution. *Ann Rev Ecol. Evol. Syst.* 38:231-235

Rushforth K., 1999 *Trees of Britain and Europe*. HarperCollins.

San Miguel, A.; Pérez-Carral, C.; Roig, S. (1999) Deer and traditional agrosilvopastoral systems of Mediterranean Spain. A new problem of sustainability for a new concept of land use, *Options Méditerranéennes*, 39, 261-264.

Schitickzelle N, Joiris A, van Dick H, Baguette M. 2007. Quantitative analysis of changes in movement behavior within and outside habitat in a specialist butterfly. *BMC Evolutionary Biology* 7:4

Schitickzelle N, Mennechez G, Baguette M. 2006. Dispersal depression with habitat fragmentation in the bog fritillary butterfly. *Ecology* 87:1057-1065.

Selonen V, Hanski I. 2010. Condition-dependent, phenotype-dependent and genetic dependent factors in the natal dispersal of a solitary rodent. *J.Anim.Ecol.*79:1093-1100.

Serrano Labraz, David. "Diferencias interhábitat en la alimentación del Búho Real (*Bubo bubo*) en el valle medio del Ebro (NE de España): efecto de la disponibilidad de conejo (*Oryctolagus cuniculus*)."
Ardeola 45.1 (1998): 35-46.

- Sharp SP, Baker MB, Halfield JD, Simeoni M, Hatchwell BJ. 2008. Natal dispersal and recruitment in a cooperatively breeding bird. *Oikos* 117:1371-1379.
- Shooley RL, Wiens JA. 2003. Finding habitat patches and directional connectivity. *Oikos* 102:559-570.
- Sih A, Bell AM, Johnson JC, Ziemba RE. 2004. Behavioral syndromes: an integrative overview. *Quart. Rev. Biol.* 79:241-277.
- Sinervo B, Calsbeek R, Comendant T, Both C, Adamopoulou C, Clobert J. 2006. Genetic and maternal determinants of effective dispersal: the effect of sire genotype and size at birth in Side-Blotched Lizard. *Am. Nat.* 168:88-99.
- Sokal R. R. & Rohlf F. J. (1995). *Biometry, the principles and practice of statistics in biological research*, (March), 887.
- Soler, J. J., Moreno, J., & Potti, J. (2003). Environmental, genetic and maternal components of immunocompetence of nestling pied flycatchers from a cross-fostering study. *Evolutionary Ecology Research*, 5(2), 259–272.
- Stevenson, A.C., Harrison, R.J. (1992) Ancient forests in Spain: a model for land use and dry forest management in South-west Spain from 4000 BC to 1900 AD. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 58, 227-247.
- Stoffel, Martin A., Shinichi Nakagawa, and Holger Schielzeth. "rptR: Repeatability estimation and variance decomposition by generalized linear mixed-effects models." *Methods in Ecology and Evolution* (2017).
- Symonds, M. R. E., & Moussalli, A. (2011). A brief guide to model selection, multimodel inference and model averaging in behavioural ecology using Akaike's information criterion. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 65(1), 13–21.
<https://doi.org/10.1007/s00265-010-1037-6>

- Svensson, Lars, Killian Mullarney, and Dan Zetterström. "Collins Bird Guide 2nd edition." *British Birds* 103 (2010): 248-252.
- Szulkin M, Sheldon BC. 2008. Dispersal as a means of inbreeding avoidance in a wild bird population. *Proc. R. Soc. Lond. B* 275:703-711.
- Taborsky B. 2006. Mothers determine offspring size in response to own juvenile growth condition. *Biol. Lett.* 2:225-228.
- Tellería, José Luis. "La invernada de los passeriformes (O. Passeriformes) en la Península Ibérica." *Invernada de aves en la Península Ibérica* (1988): 153-166.
- Tonkyn DW, Plissner JH. 1991. Models of multiple dispersers from the nest: predictions and interference. *Ecology* 72:1721-1730.
- Trefilov A, berard J, Krawcak M, Schmidtke J. 2000. natal dispersal in rhesus macaques is a related to transporter gene pro-moter variation. *Behav. Genet.* 30:295-301.
- Tschirren B, Fitze PS, Richner H. 2007. maternal modulation of natal dispersal in a passerine bird: an adaptive strategy to cope whit parasitism? *Am. Nat.* 169:87-93.
- Tucker G.M., Heath M.F. 1994. *Birds in Europe: their conservation status*. BirdLife international, Cambridge
- Van Dyck H, Baguette B. 2005. Dispersal behavior in fragmented landscapes: routine or special movements? *Basic Appl. Ecol.* 6:535-545.
- Van Noordwijk AJ. 1984. Problems in the analysis of dispersal and critique on its "heritability" in the great tit. *J. Anim. Ecol.* 53:533-544.
- Van Oers, K., de Jong, G., van Noordwijk, A., Kempenaers, & Drent, P. (2005). Contribution of genetics to the study of animal personalities: a review of case studies. *Behaviour*, 142(9), 1185–1206. <https://doi.org/10.1163/156853905774539364>

- Van Overveld, T., Adriaensen, F., & Matthysen, E. (2011). Postfledging family space use in great tits in relation to environmental and parental characteristics. *Behavioral Ecology*, 22(4), 899–907. <https://doi.org/10.1093/beheco/arr063>
- Vargas, J.D., Calvo J.C., Aparicio, M.A. (1995) Red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) management in the dehesa system in central Extremadura, Spain, *Agroforestry Systems*, 29 (1), 77-89.
- Vindenes, Y., & Langangen, O. (2015). Individual heterogeneity in life histories and eco-evolutionary dynamics. *Ecology Letters*, 18(5), 417–432. <https://doi.org/10.1111/ele.12421>
- Waser PM, Jones WT. 1983. Natal philopatry among solitary mammals. *Quart. Rev. Biol.* 58:355-3390.
- Waser PM, WTJ. 1989. Heritability of dispersal in banner-tailed kangaroo rats, *Dipodomys spectabilis*, *Anim. Behav.* 37:987-991.
- Winney, I., Nakagawa, S., Hsu, Y. H., Burke, T., & Schroeder, J. (2015). Troubleshooting the potential pitfalls of cross-fostering. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(5), 584–592. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12341>
- Wood, P. B., Collopy, M. W., & Sekerak, C. M. (1998). Postfledging Nest Dependence Period for Bald Eagles in Florida. *The Journal of Wildlife Management*, 62(1), 333–339. <https://doi.org/10.2307/3802296>
- Woodruff DS. 2001. Declines of biomes and biotas and the future evolution. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 98:5471-5476
- Zuur, A. EN Ieno, - 2009 -A Beginner's Guide to R books.google.com.