



Les poblacions d'artròpodes com a preses potencials a la dieta dels polls de gall fer (*Tetrao urogallus*). Influència del canvi climàtic.

Josep Maria Olmo Vidal

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Les poblacions d'artròpodes com a preses potencials a la dieta dels polls de gall fer (*Tetrao urogallus*). Influència del canvi climàtic.



JOSEP MARIA OLMO VIDAL
Treball dirigit pel Dr. Joaquim Gosàlbez i Noguera
Tesi doctoral
febrer 2012



Departament de Biologia Animal
Programa de Doctorat de Zoologia
Bienni 2010 - 2011

**LES POBLACIONS D'ARTRÒPODES COM A PRESES POTENCIALS
A LA DIETA DELS POLLS DE GALL FER (*Tetrao urogallus*).
INFLUÈNCIA DEL CANVI CLIMÀTIC.**

THE ARTHROPOD POPULATION AS A POTENCIAL PREY IN THE DIET OF
CAPERCAILLIE CHICKS (*Tetrao urogallus*). THE INFLUENCE OF THE
CLIMATIC CHANGE.

Memòria presentada per **Josep Maria Olmo Vidal** per optar al grau de Doctor per
la Universitat de Barcelona

Josep Maria Olmo Vidal

El director de tesi:

Dr. Joaquim Gosàlbez Noguera

Agraïments

Vull agrair als amics Santi Mañosa, Joan Carles Guix, Maria Josep Vargas i Enric Aparicio els consells sobre aquesta tesi des de la seva clara visió del treball científic i del funcionament de la natura. Al Dr. Joaquim Gosàlbez i a tots els amics del Departament de Biologia Animal. A l'Ares Jové, per transmetrem el seu entusiasme i constància en els moments difícils durant el treball de camp i els consells i ajut durant el treball de laboratori, és a dir, en tot moment. A en Jordi Canut, Josep Piqué i Diego García per introduir-me en el mon del gall fer. A en Xavier Garreta i Toni Batet per l'ajut inestimable en el treball de camp. A en Jesús Martín per la seva visió i estimació de la natura i pel seu sentit de l'humor, i a tots els agents rurals del Pallars Sobirà pel seu ajut. També a tota la meva família i amics, els quals m'han donat molt suport. Agraïxo també l'ajut i consell d'en Xavier Espadaler, pel tema de les formigues i altres aspectes d'ecologia. Als meus companys del Departament de Medi Ambient: Quim Bach, David Camps, Sisco Mañas, Richard Martín i Ignasi Rodríguez que m'han revisat el manuscrit i m'han animat a continuar des del primer moment. Al meu amic Agustí Chicón. No sé que escriure sobre ell, només tinc sentiments d'estimació. M'ha fet créixer com a persona. Gràcies Agustí espero que t'agradi la tesi i gràcies a tots.

Índex

Agraïments.....	2
Resum.....	6
Introducció general.....	8
Objectius de la tesi.....	12
Capítol 1. Metodologia general i àrea d'estudi.....	15
1.1 Introducció.	
1.2 Càlcul de les abundàncies. Determinació de la disponibilitat d'aliment.	
1.3 Anàlisi d'excrements. Determinació del consum d'artròpodes.	
1.4 Determinació del percentatge de matèria animal respecte al total, a cada excrement.	
1.5 Discussió sobre la metodologia emprada.	
1.6 Àrea d'estudi.	
Capítol 2. Descripció de la dieta dels polls de gall fer.....	39
2.1. Introducció.	
2.2. Material i mètodes.	
2.2.1. Disponibilitat d'artròpodes.	
2.2.2. Consum d'artròpodes.	
2.3. Resultats.	
2.3.1. Disponibilitat d'artròpodes.	
2.3.2. Consum d'artròpodes.	
2.3.3. Percentatge animal a la dieta.	
2.4. Discussió.	

2.5. Conclusions.

Capítol 3. Influència de les variacions del clima en els canvis interanuals de selecció de la dieta dels polls de gall fer.....65

3.1. Introducció.

3.2. Material i mètodes.

3.2.1. Climatologia.

3.2.2. Variacions interanuals. Canvi climàtic.

3.3. Resultats.

3.3.1. Climatologia.

3.3.2. Variacions interanuals.

3.3.2.1. Relacions intragrups entre la disponibilitat i consum.

3.3.2.2. Relacions intergrups d'artròpodes.

3.3.2.3. Relacions dels grups d'artròpodes amb el número de polls i/o èxit reproductor.

3.4. Discussió.

3.5. Conclusions.

Capítol 4. Biomassa i/o ítems en els estudis de selecció ?.....91

4.1. Introducció.

4.2. Material i mètodes generals per a la disponibilitat i consum.

4.3. Resultats.

4.3.1. Ítems o abundàncies disponibles.

4.3.2. Ítems o abundàncies consumides.

4.3.3. Selecció respecte als ítems o abundàncies.

4.3.4. Biomassa disponible.

4.3.5. Biomassa consumida.

4.3.6. Selecció respecte a la biomassa.

- 4.4. Discussió.
- 4.5. Conclusions.

Capítol 5. Importància de la vegetació en relació a la dieta dels polls de gall fer..... 115

- 5.1. Introducció.
- 5.2. Material i mètodes.
- 5.3. Resultats.
 - 5.3.1. Abundància vegetal.
 - 5.3.2. Relació entre l'estrat arbustiu i els ordres d'artròpodes seleccionats.
- 5.4. Discussió.
- 5.5. Conclusions.

Capítol 6. Idoneïtat de les zones d'alimentació dels polls de gall fer en funció dels resultats obtinguts..... 129

- 6.1. Introducció.
- 6.2. Material i mètodes.
- 6.3. Resultats.
 - 6.3.1. Diversitat de nínxol tròfic.
 - 6.3.2. Relació entre les parcel·les en funció de la disponibilitat.
- 6.4. Discussió.
- 6.5. Conclusions.

Capítol 7. Discussió general i Conclusions..... 145

- 7.1. Discussió general.
- 7.2. Conclusions.
- 7.3. Perspectives de futur.
- 7.4. Propostes de gestió.

Bibliografia..... 162

Resum

S'estudia la dieta dels polls de gall fer (*Tetrao urogallus*) als massissos de l'Orri i Tornafort (Pallars Sobirà, Pirineus), durant 4 anys (2001-2004). Pel que fa referència a l'abundància i biomassa, els polls de gall fer seleccionen positivament com a preses principals les formigues, els opilions, els coleòpters i les erugues. Els ortòpters també són molt importants a la dieta dels polls en aquesta zona dels Pirineus a diferència dels països nòrdics. Tot i ser un grup no seleccionat i consumit de forma accessòria, representen el 50 % de la biomassa consumida d'artròpodes. Pel que fa a la disponibilitat d'aliment, al Massís de l'Orri és on hi trobem proporcionalment unes abundàncies més altes de formigues i en canvi al Massís de Tornafort abunden més els opilions. Existeix una forta relació entre les abundàncies de formigues i les parcel·les de bosc mixt de pi negre (*Pinus uncinata*) i pi roig (*Pinus silvestris*), amb nabiu al sotabosc.

L'augment de les temperatures mitges al juliol durant els quatre anys expressen un canvi en el clima de la zona d'estudi, probablement aquest fet fa disminuir la disponibilitat de formigues i indirectament el nombre de polls de gall fer.

Es proposen mesures de gestió per tal d'afavorir les àrees potencials d'alimentació dels polls de gall fer (*Tetrao urogallus*) en el sentit de preservar les àrees on el sotabosc estigui dominat per nabiu (*Vaccinium myrtillus*), els boscos de pi negre, estructurats amb clarianes que permetin la presència de formiguers i abundància d'ortòpters. Finalment, les actuacions en la gestió de l'hàbitat s'haurien de dirigir a minimitzar els efectes del canvi climàtic sobre les zones òptimes d'alimentació dels polls de gall fer, potenciant els boscos madurs de pi negre relativament oberts, amb sotabosc dominat per nabiu. Segons els resultats, no seria necessari fer cap actuació forestal de roturació o aclariment del bosc per afavorir únicament l'expansió del nabiu. En principi un sotabosc de nabiu no assegura una disponibilitat alta de les preses potencials dels polls de gall fer. Es proposa preservar i permetre la expansió natural de les zones ja formades per boscos més madurs de pi negre, relativament oberts, amb sotabosc dominat per

nabiu i presència de neret (*Rhododendron ferrugineum*). En aquestes zones és on es troba les comunitats d'artròpodes amb abundància i biomassa més altes de formigues i ortòpters, que són els insectes més importants en la dieta dels polls de gall fer a l'àrea d'estudi.

Abstract

We studied the diet of capercaillie chicks (*Tetrao urogallus*) of the Orri and Tornafort Massif (Pallars Sobirà, Pyrenees), for 4 years (2001-2004). As regards to abundance and biomass, as main prey the capercaillie chicks positively selected ants, opilions, the beetles and caterpillars. The Orthoptera, although a group not selected and eaten incidentally, comprise over 50% of biomass consumed arthropods, being an important group in the diet of capercaillie chicks in this area of the Pyrenees unlike populations of the Nordic countries. Regarding food availability, the Orri Massif is where there is a proportionally higher abundances of ants. In the Tornafort Massif the most arthropod abundant are opilions. There is a strong relationship between the abundances of ants and mixed forest of mountain pine (*Pinus uncinata*) and Scots pine (*Pinus silvestris*) with the blueberry undergrowth.

The increase in average temperatures in July during the four years express a change in the climate of the study area. This probably reduces the availability of ants and indirectly the number of capercaillie chicks. Spiders, ants and opilions are the selected groups with higher values of biomass.

The actions in the management of the habitat should be addressed to minimize the effects of climate change on optimal feeding areas for capercaillie chicks, promoting mature pine forests relatively open, with the underground dominated by blueberry (*Vaccinium myrtillus*). According to the results, it would make any necessary action or clarification of forest only to encourage the expansions of the blueberry. The underground of blueberry does not ensure a high availability of potential prey on capercaillie chicks. It proposed to allow for expansion and preservation of natural areas as more mature forests consist of pine, relatively open, with understory dominated by the presence of blueberry and alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*). These areas are where the arthropod communities with higher abundance and biomass of ants and Orthoptera, which are the most important insects in the diet of capercaillie chicks in the study area.

Introducció general

La família de les tetraònides, a la qual pertany el gall fer, viu a l'hemisferi nord i presenta unes característiques morfològiques i fisiològiques adaptades als climes freds (BALLESTEROS i ROBLES, 2005). El gall fer (*Tetrao urogallus*) té una distribució euroasiàtica, amb diferenciació taxonòmica i genètica entre les poblacions de la península ibèrica i les de la resta de Europa. Aquesta espècie està molt lligada a l'edat i estructura del bosc més que no pas al tipus de bosc, encara que prefereix boscos de coníferes (DEL HOYO et al., 1994).

El gall fer es distribueix a Catalunya per l'àmbit dels Pirineus i Prepirineus, on la seva població a nivell general es manté més o menys estable des de la dècada dels vuitanta. Malgrat això, a les comarques del Ripollès, la Cerdanya i l'Alt Urgell i a certes serres prepirinenques s'ha constatat una certa disminució poblacional, presentant les màximes abundàncies a alguns sectors del Pallars Sobirà (ESTRADA et al., 2004), comarca a la qual pertany l'àrea d'estudi d'aquest treball. Com a dada inquietant cal destacar que al 1994 quedaven a Catalunya entre 800 i 900 mascles (censos del Servei de Fauna del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya) i actualment la seva presència està avaluada en uns 600 mascles (ESTRADA et al., 2004). També s'ha detectat una disminució molt manifesta al Cantàbric, així com una desaparició comprovada als nuclis més occidentals dels Pirineus (ROBLES et al., 2006).

Pel que fa referència a la legislació sobre la conservació del gall fer, a nivell general de la seva àrea de distribució, no està considerada com una espècie en perill d'extinció. Tampoc es troba a la llista vermella de la IUCN, com a conseqüència de la seva extensa àrea de distribució i la seva abundància a la taigà escandinava i russa. En canvi, les poblacions del sud d'Europa estan disminuint dràsticament, per la qual cosa presenta diferents graus de protecció en aquest àmbit.

A nivell europeu figura com a espècie protegida al conveni per a la conservació de la vida salvatge i els hàbitats naturals d'Europa (Conveni de Berna, 1979), ratificat per l'estat espanyol al 1986 i com a espècie de la qual es prendran mesures de conservació especial pel que fa referència al seu hàbitat (annex I de la directiva del consell del 2 d'abril de 1979, Directiva aus).

A nivell de l'estat espanyol el gall fer està protegit des de 1972, any des del qual es va prohibir la seva caça. Posteriorment al 1992 es va considerar com a espècie "vulnerable" al *Libro Rojo de los vertebrados de España*. El gall fer també està inclòs a la categoria de "en perill" al llibre vermell de les aus d'Espanya (CANUT et al., 2004), publicació sense repercussions legals directes, però que indica el diagnòstic actual de l'estat de conservació d'aquesta espècie. Actualment, les poblacions del cantàbric (*Tetrao urogallus cantabricus*) estan catalogades com "en perill d'extinció" i les pirenaïques (*Tetrao urogallus aquitanicus*) com a "vulnerables" (Catálogo Nacional, Reial Decret 139/2011, de 4 de febrero). A més a més, és present a l'annex IV com a "espècie que serà objecte de mesures de conservació especial pel que fa referència al seu hàbitat, amb la finalitat d'assegurar la supervivència i reproducció a la seva àrea de distribució" a la llei estatal 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni Natural i de la biodiversitat. A Catalunya també és una espècie protegida pel decret 2/2008, de 15 d'abril, pel qual s'aprova el Text refós de la Llei de protecció dels animals.

Les principals causes de la disminució del gall fer, que han portat a protegir-lo, són: les alteracions de l'hàbitat, la freqüentació humana, la caça furtiva, els efectes de metapoblació i els canvis climàtics, com succeeix amb altres tetraònids (BRENOT et al., 1997).

Pel que fa a la seva biologia, aquesta espècie pot viure fins a 20 anys i respecte a les seves poblacions presenta períodes cíclics d'abundància. A les àrees marginals de la seva distribució, com és el cas dels Pirineus, ja fa 20 o 30 anys que va començar una lenta disminució de l'èxit reproductor, augmentant aquesta tendència molt lentament fins l'època actual (ROBLES et al., 2006).

Per conèixer els possibles factors que incideixen en la davallada de les poblacions de gall fer a Catalunya, el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, conjuntament amb el Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona (període 2001-2004), van iniciar una sèrie de treballs per conèixer millor les causes d'aquesta davallada i intentar corregir-les en un futur. Una de les primeres actuacions realitzades ha estat la d'elaborar l'estudi de la dieta dels polls de gall fer durant l'època de cria, on els requeriments d'aliment poden ser limitants, estudi en el que s'emmarca el present treball.

La dieta dels adults de gall fer es compon casi totalment de matèria vegetal (DEL HOYO, et al., 1994; RODRÍGUEZ i OBESO, 2000; SPIDSØ i KORSMO, 1994), però les tres primeres setmanes de vida s'alimenta d'artròpodes, com altres galliformes (BORG i TOFT, 2000; CHAPUIS i LEFEUVRE, 1987; MOREBY et al., 1999; NOVOA et al., 1999; PALMER et al., 2001; PONCE i MAGNANI, 1987; TAVARES et al., 1996). La posta del gall fer als Pirineus es produeix entre finals de maig i principis de juny i la incubació, que té una durada d'uns 25 dies, la realitza només la femella. Els polls neixen entre finals de juny i principis de juliol i en néixer tenen un comportament nidífug. Els polls de gall fer són acompanyats per les femelles durant els primers dies de vida i s'alimenten bàsicament d'invertebrats pel seu elevat contingut proteic necessari pel seu creixement (BALLESTEROS i ROBLES, 2005).

Estudis realitzats al nord d'Europa (SPIDSØ i STUEN, 1988; LAKKA i KOUKI, 2008) demostren que la mortalitat dels polls de gall fer durant la primera setmana de vida està correlacionada amb la baixa disponibilitat d'artròpodes que consumeixen, perquè el 50 % de la seva dieta es compon habitualment de diferents espècies d'artròpodes. El canvi climàtic sembla comportar estius més plujosos en zones de muntanya i implica una major mortalitat dels polls petits i per tant un menor èxit reproductor (MOSS et al., 2001 a ESTRADA et al., 2004).

Són relativament pocs els treballs que tracten sobre l'alimentació dels adults de gall fer (LECLERCQ, 1981; SCHATT, 1981; BREZARD, 1982; JACOB, 1987 i 1988; MARTÍNEZ, 1993 i RODRÍGUEZ i OBESO, 2000), sobretot si es compara amb la resta

de galliformes europeus (GREEN, 1984; GREEN et al., 1986; CHAPUIS i LEFEUVRE, 1987; DIDILLON, 1987; TAVARES, 1996; MOREBY et al., 1999; NOVOA et al., 1999; BORG i TOFT, 2000 entre d'altres). D'entre els aspectes que s'han esbrinat és que les fulles, tiges i fruits de nabiu, que són l'aliment principal del gall fer als boscs boreals, presenten uns cicles de producció que tenen una relació directa amb els cicles d'abundància del gall fer (BALLESTEROS i ROBLES, 2005). D'altra banda, encara són menys els treballs sobre la dieta dels polls, amb només sis treballs dels quals es té referència (STUEN i SPIDSØ, 1988; SPIDSØ i STUEN, 1988; BAINES et al., 1996, PICOZZI et al., 1999; SUMMERS et al., 2004 i LAKKA i KOUKI, 2009). L'anàlisi d'excrements dels polls de gall fer a Escòcia ha permès comprovar que les erugues i el nabiu són el principal aliment i s'ha vist que la meteorologia, la qualitat de l'hàbitat i la depredació són els factors que influencien més en la productivitat (relació número de femelles / número de polls) d'aquesta espècie (PICOZZI et al., 1999).

El present treball pretén ser una primera contribució al coneixement de la dieta dels polls de gall fer als Pirineus i intentar esbrinar si el canvi climàtic o altres factors relacionats amb aquest canvi poden afectar a la disponibilitat d'aliment, per poder aplicar les mesures de gestió adients i minimitzar el factors que afecten a la disminució de les seves poblacions en aquesta zona.

Objectius

Els objectius d'aquest treball són conèixer el consum d'artròpodes dels polls de gall fer i determinar les poblacions d'artròpodes disponibles, condicionades pel tipus i estructura del bosc. També, establir quines són les àrees potencials millors per l'alimentació dels polls, que afavoreixen el seu desenvolupament, durant les primeres setmanes de vida i determinar els efectes del canvi climàtic en el desenvolupament de les poblacions d'artròpodes. Per aconseguir aquests objectius, s'ha incorporat a la metodologia els estudis de selecció i biomassa molt poc freqüents en els estudis de la dieta dels vertebrats. Els coneixements complementaris de la selecció de les preses i la biomassa ingerida poden donar una informació molt important alhora d'interpretar amb més precisió els aspectes que determinen la dieta dels polls de gall fer i poder aplicar millor les mesures de gestió adients per afavorir les àrees potencials d'alimentació.

Els objectius es poden resumir en els següents punts:

1. Determinar la composició de la dieta dels polls de gall fer, tant des del punt de vista de la disponibilitat com del consum.
2. Esbrinar quina influència pot tenir l'estudi de la biomassa.
3. Conèixer la influència directa i indirecta del clima, en la dieta dels polls de gall fer.
4. Determinar la influència de la vegetació en les comunitats d'artròpodes que formen part de la dieta dels polls de gall fer.
5. Establir la idoneïtat de les zones d'alimentació del gall fer, pel que fa referència a les comunitats d'artròpodes que formen part de la seva dieta.

6. Finalment, en funció dels resultats, proposar mesures de gestió per millorar les zones d'alimentació dels polls de gall fer.

Amb tot això, es pretén fer una primera aproximació al coneixement de la dieta dels polls de gall fer als Pirineus i poder contribuir al coneixement i conservació d'aquesta espècie.

Capítol 1. Metodologia general i àrea d'estudi.

Capítol 1. Metodologia general i àrea d'estudi.

1.1. Introducció.

1.2. Càlcul de les abundàncies d'artròpodes. Determinació de la disponibilitat d'aliment.

1.3. Anàlisi d'excrements per determinar el consum d'artròpodes.

1.4. Determinació del percentatge de matèria animal respecte al total, a cada excrement.

1.5. Discussió sobre la metodologia emprada.

1.6. Àrea d'estudi.

1.1. Introducció.

Els estudis de la dieta dels animals que s'alimenten d'invertebrats presenten generalment diferents problemes alhora d'intentar esbrinar on ? quan? com? i sobretot, perquè? aquests insectívors s'alimenten d'unes preses determinades. Principalment en el cas dels insectívors, aquests problemes s'incrementen per la mida petita de les preses, la seva diversitat i la dificultat de poder determinar amb detall els grups taxonòmics que componen la dieta dels vertebrats estudiats.

El primer plantejament que s'ha fet alhora d'escollir la metodologia d'aquest estudi ha estat contemplar les possibilitats metodològiques utilitzades en aquests tipus de treballs, per després poder escollir la més pràctica d'aplicar i alhora més exhaustiva. D'entre aquestes possibilitats destaquen: el contingut estomacal, l'observació directe del consum i finalment l'anàlisi d'excrements (MARTI, 1987). Primerament, el que s'ha fet és descartar les metodologies que s'ha cregut no adients en funció de la biologia i comportament dels polls de gall fer. El caràcter nidífug dels polls de gall fer, que abandonen el niu acabats de néixer, i la no producció d'egagròpiles (DEL HOYO et al., 1994) fan que algunes metodologies ja

quedin descartades d'antuvi com són l'anàlisi d'egragòpiles i l'examen de les restes no consumides al niu. La dificultat de determinar les preses consumides com a conseqüència de la complexitat taxonòmica dels artròpodes, descarta també la possibilitat d'estudiar la dieta a partir d'observacions directes, fet afegit a la dificultat de localitzar els polls de gall fer alimentant-se en el medi natural. També s'ha descartat la metodologia a partir de contingut estomacal, pels inconvenients referents a la protecció de l'espècie. Aquesta metodologia es du a terme en estudis amb animals que s'han de sacrificar o amb tècniques de regurgitació que corren el risc d'ocasionar la mort per estrès dels animals. En el cas d'algunes espècies que es consideren cinegètiques, com és el cas de la perdiu xerra (*Perdix perdix*), l'anàlisi de la dieta es pot fer a partir dels continguts estomacals dels exemplars caçats (NOVOA et al., 1999). En el present treball s'ha optat per escollir la recollida i estudi d'excrements com a metodologia per tal de conèixer el consum. Es tracta d'una tècnica indirecta que pràcticament no provoca molèsties a l'espècie estudiada (GREEN, 1984; RALPH et al., 1985 i ROSENBERG, 1990, entre d'altres) i és la manera menys intervencionista sobre el comportament dels polls de gall fer durant l'època de cria. D'altra banda, és important en els estudis de dieta de polls insectívors que posteriorment canvien cap a una alimentació vegetal, determinar com es produeix aquest canvi amb l'edat dels polls. Per fer això, és important conèixer l'edat dels exemplars de gall fer estudiats i correspondre-ho amb la seva dieta. En la dieta de la perdiu xerra estudiada per MOREBY et al. (1999), la determinació de l'edat dels polls s'ha fet per radioseguiment directe dels polls o bé de les gallines que els acompanyen, estimant visualment l'edat.

En el present cas ha estat impossible estimar de forma concreta l'edat dels polls observats pels diferents mostrejadors durant els censos en batuda de pollicades. L'alternativa per intentar determinar de forma indirecta l'edat ha estat a partir del pes i diàmetre dels excrements.

Amb tot això, a partir de l'estudi dels excrements, es pot obtenir informació qualitativa i quantitativa sobre la dieta dels polls de gall fer, encara que s'ha

d'assumir que les restes no digerides dels excrements són les úniques que segur que han consumit els polls de gall fer. És molt probable que els polls hagin consumit preses poc o gens quitinitzades que passen desapercebudes en els anàlisis.

Un cop escollit i planificat el sistema de recollida dels excrements s'han de definir alguns aspectes per tal de dissenyar la metodologia de la disponibilitat i sincronitzar-ho amb les mostres de consum. L'obtenció de les mostres de disponibilitat s'ha realitzat durant el període de cria del gall fer a l'àrea d'estudi coincidint amb els censos d'estiu d'aquesta espècie, en els que es comptabilitza el nombre de polls (Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya), des de principis de juliol fins a mitjans d'agost, els anys 2001, 2002, 2003 i 2004. En aquests censos, a part del nombre de polls detectats, s'obtenen estimes sobre la productivitat del gall fer de cada temporada (número de polls / número de femelles) (ROBLES et al., 2006). Pels anàlisi de la dieta s'ha d'unificar criteris, respecte a la disponibilitat i el consum, i prendre els mateixos grups en ambdós casos. Per tant s'han escollit en els mostrejos els 14 grups d'artròpodes més abundants a l'àrea d'estudi en funció de mostrejos previs: aranyes, blàtids, coleòpters, coleòpters larves, dípters, erugues (lepidòpters), formigues, heteròcers, heteròpters, himenòpters, homòpters, opilions, ropalòcers i ortòpters. A banda de descriure la dieta dels polls de gall fer, la metodologia utilitzada en el present treball té com a finalitats principals intervenir el mínim possible en l'activitat natural de l'espècie estudiada, sobretot pel que fa referència a les molèsties que es pugui provocar sobre els hàbits normals de comportament dels polls de gall fer. També s'ha cregut important aproximar-se millor al concepte de disponibilitat, des del "punt de vista" de l'espècie que està predant i evitar utilitzar metodologies que s'allunyin d'antuvi del que hom creu no està disponible per l'espècie estudiada (segons HUTTO, 1990). Un exemple de metodologies des del nostre punt de vista poc adients per aquest treball, seria la utilització de paranys tipus "pit-fall" (paranys de caiguda) per determinar la disponibilitat (MORRISON et. Al., 1988), els quals són més útils per capturar espècies d'artròpodes d'activitat nocturna que es troben únicament sota pedres, dins de fusta morta i altres refugis

inaccessibles pels polls de gall fer. De tota manera els paranys de caiguda poden ser molt adients per altres finalitats (UETZ I UNZICKER, 1976 i CRIST I WIENS, 1995).

També s'ha cregut important introduir l'estudi de la biomassa en la metodologia de la dieta per obtenir més informació que la que s'obté amb l'aportació única del coneixement de les abundàncies. Al igual que les abundàncies, els valors de les biomasses (pes sec en grams) en el nostre cas, són valors relatius. De tota manera, aquestes biomasses relatives serveixen també per comparar quines són les parcel·les més o menys productives o els anys més favorables per aquests paràmetres. A més, l'esforç addicional d'obtenció de les dades de biomassa és proporcionalment menor a l'esforç que representa obtenir només les abundàncies. Per això, alhora de mostrejar visualment les parcel·les per obtenir les dades de disponibilitat dels diferents tipus d'artròpodes, s'ha cregut convenient incorporar la presa de la longitud aproximada del cos dels exemplars (longitud en mm) dels artròpodes, per després poder estimar els valors de la biomassa disponible.

Amb tot això s'ha elaborat una metodologia on s'estudia el consum, la disponibilitat i la selecció en funció dels aspectes que determinen la biologia i conservació dels polls de gall fer a l'àrea d'estudi, amb la finalitat d'obtenir el màxim d'informació.

1.2. Càlcul de les abundàncies d'artròpodes. Determinació de la disponibilitat d'aliment.

Un cop s'ha valorat totes les metodologies al nostre abast, el mètode emprat per calcular la disponibilitat d'aliment ha estat l'utilitzat en treballs previs d'estudis de poblacions d'artròpodes (OLMO-VIDAL, 2000; OLMO-VIDAL i LLIMONA, 2000; OLMO-VIDAL, 2010). La presa de dades s'ha fet de forma visual i consisteix en recórrer en ziga-zaga una parcel·la de 1000 m² durant un temps establert (30 minuts), tot registrant el nombre d'artròpodes presents i la categoria a la que pertanyen (grup sistemàtic) amb la precaució de no passar dos cops per la mateixa zona, per evitar dobles comptatges. Per estimar posteriorment el pes dels artròpodes disponibles, s'han anotat les longituds de cada exemplar observat en intervals de 5 mm. Les estimes de la biomassa disponible s'obtenen a partir d'equacions de regressió longitud-pes (HODAR, 1996). La determinació dels exemplars s'ha fet a nivell d'ordre, amb les mateixes categories utilitzades en l'apart de consum per que siguin valors comparables. En el cas d'erugues (ropalòcers i heteròcers), larves de coleòpters i formigues s'han considerat com a grups independents per la seva biologia i ecologia diferenciada dels ordres taxonòmics als quals pertanyen. Les parcel·les s'han mostrejat dos cops per any, una vegada a mitjans de juliol i una altra a principis d'agost, coincidint amb les tres primeres setmanes de vida dels polls de gall fer a l'àrea d'estudi durant les que el consum d'artròpodes és més alt (BORG i TOFT, 2000), per tal de solapar temporalment el màxim possible la presa de dades de la disponibilitat i el consum.

Pel que fa referència als tractaments estadístics, el grau d'associació en funció de la disponibilitat entre les parcel·les s'ha determinat utilitzant el diagrama d'agregació, mitjançant el mètode de vinculació promig inter-grups, tenint en compte la distància euclídea. Com a valor de similitud s'ha utilitzat els percentatges de les abundàncies de cada ordre a cada parcel·la, per cada mostreig i durant els 4 anys d'estudi. Conèixer aquestes relacions a partir de les abundàncies són útils per poder determinar l'agrupament dels possibles tipus de parcel·les en funció de la disponibilitat d'artròpodes. Posteriorment amb aquesta

informació i els resultats de consum hom es pot fer una idea de les característiques de la comunitat d'artròpodes de cada parcel·la. El fet de detectar quines possibles afinitats existeixen entre elles pot indicar les zones prioritàries d'alimentació. Les abundàncies i les biomasses d'artròpodes reflecteixen unes característiques ecològiques diferents segons el tipus d'hàbitat o parcel·la estudiada i un dels aspectes relacionats amb aquests paràmetres és la diversitat. Les relacions entre la mida del cos, la riquesa d'espècies i el nombre d'individus d'una espècie en concret pot indicar els factors que controlen la diversitat d'espècies (SIEMANN et al., 1999). Pel seu caràcter de paràmetre important ecològicament i per les aplicacions que se'n pot derivar, sobretot pel que fa a diversificació dels recursos, s'ha analitzat també la diversitat de les parcel·les estudiades. Per això, de cada parcel·la se n'ha calculat la diversitat de preses potencials mitjançant l'índex de Shannon:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

on:

- S - número d'espècies (riquesa d'espècies)
- p_i - proporció d'individus de l'espècie i respecte al total d'individus (és a dir, l'abundància relativa de l'espècie i):

$$\frac{n_i}{N}$$

- n_i - número d'individus de la espècie i
- N - número de tots els individus de totes les espècies.

D'entre les comparacions estadístiques, per comparar les disponibilitats i observar si hi ha diferències entre els anys, s'ha utilitzat la prova de Kruskal-Wallis. També s'ha aplicat un test no paramètric, U-Mann-Whitney, per detectar si hi ha

diferències entre les disponibilitats dels dos massissos de l'àrea d'estudi: L'Orri i Tornafort.

1.3. Anàlisi d'excrements per determinar el consum d'artròpodes.

Les mostres d'excrements han estat recollides al camp durant els censos de pollicades (comptatge del número de polls i número de femelles de gall fer) realitzats pel Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya al Pallars Sobirà (durant els anys 2001 a 2004). En aquests censos es compta el nombre de polls de gall fer i les femelles acompanyants per determinar la productivitat (número de polls / número de femelles). És tracta de censos estandarditzats de batuda en línia on els observadors anoten el punt on es troben les femelles i els polls. Per a realitzar aquests censos, cada any s'ha invertit el mateix esforç a l'àrea d'estudi.

Quan es detecta una pollicada (polls amb les femelles acompanyants), dues persones recullen tots els excrements detectats en un radi aproximat de 20 m del punt de localització dels polls i durant un període de 10 minuts. S'anota la seva localització amb GPS (coordenades UTM), data de recollida, altitud i número de polls que formen la pollicada i es conserven congelats fins al seu estudi al laboratori (figura 1).



Figura 1. Excrement de poll de gall fer abans de ser recollit al bosc de l'Orri.

Posteriorment, al laboratori s'ha mesurat el diàmetre de la femta (mm), amb un peu de rei digital, per poder calcular la possible edat del poll. També s'han pesat els excrements (pes sec), mitjançant una balança model SBA 42, SCALTEC de 0.001g d'escala i de 120 g màxim de pesada. S'ha analitzat si el pes de l'excrement està correlacionat amb el diàmetre. Si aquestes dues variables estan correlacionades es pot optar per prendre les mesures d'una variable única i obviar l'altra. Per fer això, hem calculat el coeficient de determinació de Pearson.

Posteriorment, de cada mostra s'han disgregat els excrements al laboratori i s'han analitzat els fragments no digerits, separant la part vegetal de l'animal i conservant les mostres per separat en alcohol de 70°.

1.4. Determinació del percentatge d'aliment d'origen animal i d'origen vegetal de cada excrement.

Per cada excrement s'ha calculat el percentatge de presència d'aliment d'origen animal i d'origen vegetal.

Les variacions en la proporció de la dieta animal i vegetal poden ser útils per saber com canvia l'alimentació, per exemple en funció de l'edat.

Les mostres s'han estès homogèniament sobre plaques de petri de vidre de 9 cm de diàmetre (Figura 2), amb aigua i unes gotes d'alcohol de 70°, de manera que quedi un gruix de mostra prou dispersa per facilitar la diferenciació entre parts vegetals i animals. Els percentatges de les parts animal i vegetal (A-V) presents als excrements es calculen realitzant la dispersió de cada mostra sobre fons de paper milimetrat que s'ha subdividit en 60 àrees radials, de 100 mm² cadascuna. En total 12 segments radials enumerats (d'1 a 12) i cada un d'ells dividit en 5 parts. D'aquesta manera es van separant parts A-V de cada àrea i calculant els mm² que ocupen per separat. Posteriorment es fa la mitja de les 60 àrees, resultant en el percentatge A-V total de cada femta.



Figura 2. Placa de Petri reticulada amb part d'una mostra estesa

Per determinar el percentatge animal, s'ha analitzat una placa de petri reticulada de cada excrement. Quan la mostra estesa ocupa més d'una placa, s'escull la primera que s'ha estès. La determinació de la fracció animal en la dieta pot servir per considerar si hi ha variacions en el consum d'artròpodes en funció de l'edat dels polls (MOREBY et al., 1999).

1.5. Discussió sobre la metodologia emprada.

La disponibilitat d'aliment és defineix com l'abundància del nombre de preses dins d'un hàbitat concret que pot ser utilitzat per un depredador (WOLDA, 1990). La disponibilitat es pot estudiar com abundància absoluta o relativa. El càlcul de les abundàncies absolutes requereix mètodes amb una major inversió de temps i de forma més intensa respecte al càlcul de les abundàncies relatives. En canvi, les abundàncies relatives són més fàcils i ràpides d'aplicar. En el cas dels estudis aplicats a la ornitologia, la no acurada quantificació de la disponibilitat de recursos pot alterar les anàlisis posteriors dels recursos disponibles pels consumidors. (MORRISON et al., 1988).

Les metodologies utilitzades en l'estudi de les poblacions d'artròpodes aplicades a l'estudi de la dieta d'insectívors també es poden diferenciar en dos tipus principals: les dedicades als estudis ecològics i poblacionals dels artròpodes en sentit ampli i les metodologies que estan dirigides a esbrinar únicament els percentatges de presència d'artròpodes en una zona determinada. Les metodologies de disponibilitat més utilitzades en els treballs de dieta d'insectívors, es decanten per aquesta darrera alternativa, en el sentit d'aplicar metodologies més senzilles i ràpides en el treball de camp, encara que aporten menys informació alhora d'elaborar unes millors conclusions sobre diferents aspectes de la dieta.

A les metodologies de captura o observacions directes utilitzades en els treballs d'àmbit més ampli, s'inverteix més temps en el treball de camp (per exemple anotant la mida aproximada de l'artròpode observat), fet que aporta més informació que no pas el comptatge simple dels exemplars detectats amb captures indirectes, com per exemple els paranys de caiguda tipus "pitfall" o de captura directa amb mànega entomològica.

L'eficiència dels paranys de caiguda o trampes pitfall a nivell general és molt variable (CURTIS, 1980; UETZ et al., 1976; MORRISON et al., 1988; NIEMELA et al.,

1990 i GUERREA i PEÑA, 1995). D'entre els inconvenients d'aquest tipus de parany destaca la variació dels resultats segons la densitat i activitat de la població d'artròpodes estudiats (CURTIS, 1980). Els inconvenients de mostreig depenen evidentment de cada grup taxonòmic. En el cas dels coleòpters existeix una certa controvèrsia en la eficiència dels paranys tipus pitfall pel que fa referència a les variacions de mostreig segons la periodicitat de les captures (NIEMELA et al., 1990). Evidentment, la variació dels resultats també es pot produir en funció de les condicions meteorològiques als paranys tipus "pitfall" com als comptatges visuals. En un cas concret com és el dels aràcnids, les variacions en l'eficiència es poden produir per les característiques dels hàbitats, però això també succeeix amb qualsevol altre tipus de mostreig de les comunitats d'artròpodes (CURTIS, 1980). A nivell general, els diferents tipus d'esquers i conservants utilitzats i la no estandardització de la forma i mida d'aquest tipus de paranys també produeixen variacions en els resultats de disponibilitat.

Un altre dels inconvenients dels paranys tipus "pitfall" és que és tracta d'un mètode no selectiu (GUERREA i PEÑA, 1995). En aquest sentit, són capturats tots els exemplars atrets de la zona d'estudi, sense tenir en consideració quin són els grups taxonòmics que realment ens interessen. L'impacte sobre altres grups, com poden ser els micromamífers o alguns rèptils, i les conseqüents alteracions ecològiques que això pot provocar en una àrea determinada també s'ha de valorar de forma rigorosa en aquest tipus d'estudi (ZUMR I STARY, 1991).

Un altre inconvenient que provoca la utilització de les trampes pitfall per determinar la disponibilitat d'artròpodes és la captura d'invertebrats epigeus poc accessibles pels polls de gall fer i freqüentment capturats en aquest tipus de parany (GUERREA i PEÑA, 1995). Les abundàncies d'aquests grups en els càlculs de disponibilitat poden alterar i minimitzar la presència dels invertebrats que "realment" estan disponibles i modificar els resultats de selecció, quan es compara la disponibilitat amb el consum.

Un tipus de metodologies poc utilitzades per calcular la disponibilitat, però molt eficients, són els comptatges visuals. La metodologia de reconeixement visual compleix els objectius de determinar l'abundància estacional de cada grup taxonòmic i la riquesa específica de cada parcel·la amb les avantatges de no alterar, tant com altres mètodes, la biodiversitat de l'àrea d'estudi.

Les tècniques de reconeixement visual en invertebrats són cada vegada més utilitzades, com per exemple en seguiment de ropalòcers (Butterfly Monitoring Scheme a Catalunya, abreujat CBMS). Aquest seguiment té com a finalitat conèixer amb precisió els canvis d'abundància de les papallones a partir de la repetició setmanal de censos visuals al llarg de transectes fixos, per tal de relacionar-los posteriorment amb diferents factors ambientals mitjançant els índex d'abundància obtinguts (<http://latela.lrt.cat/cbms/index.php>). També en el cas dels odonats els censos es fan habitualment per reconeixement visual (<http://www.oxygastra.org/>). Aquest tipus de censos evidentment requereixen un aprenentatge previ (COOPER i WHITMORE, 1990), però són molt útils per realitzar un seguiment de les espècies al llarg del temps, en un transecte o parcel·la, si pot ser millor que sigui fixa, i sense extreure els exemplars de l'àrea d'estudi. Les precaucions de no extreure exemplars, no només serveixen per no alterar l'abundància i la biomassa de la parcel·la en aquell moment concret, sinó per obtenir unes dades més acurades del seguiment d'aquella parcel·la i del reconeixement de les possibles alteracions (clima, impacte del herbívors, etc.) que es poden produir al llarg del temps.

La estacionalitat en l'alimentació comporta una dificultat afegida en el disseny de la metodologia. El caràcter insectívor del gall fer només és dóna durant les primeres setmanes de vida, comportament que també es produeix en altres galliformes, com són diferents espècies de perdius (*Alectoris rufa*, *Perdix perdix* i, dins del grup de les tetraònides, *Lagopus mutus*) on els seus polls s'alimenten també d'insectes. De tota manera existeixen variacions entre les diferents espècies d'aus alhora d'anar incorporant la dieta vegetal segons que els polls van creixent (GREEN et al., 1986).

El comptatge visual es pot considerar una metodologia intermitja entre les estimacions relatives que poden aportar els paranys “pitfall” i les abundàncies absolutes, per exemple dels biocenometres (ISERN-VALLVERDÚ ET AL., 1993). De tota manera, en alguns casos el comptatge visual pot ser considerat com un mètode en el que es fa una estimació de l’abundància de forma absoluta (COOPER i WHITMORE, 1990), ja que es produeix un comptatge pràcticament instantani dels artròpodes que hi ha en aquell moment a la parcel·la d’estudi, encara que no es comptabilitzi tots els exemplars com a conseqüència de l’activitat i cripsis característica de cada espècie.

Com ja s’ha comentat, també s’ha considerat important en el present estudi el comptatge visual per la importància de no extreure exemplars de l’àrea de mostreig i poder establir unes parcel·les fixes de seguiment. La raó principal d’aquesta consideració ha estat per no alterar tant la comunitat d’artròpodes durant el seguiment al llarg del temps que ha durat l’estudi i disminuir al màxim els possibles errors que pot ocasionar el fet de prendre mostres de parcel·les diferents cada vegada que es realitza un mostreig.

A nivell general, els estudis de determinació de la disponibilitat d’aliment d’aus insectívores generalment utilitzen metodologies d’extracció dels exemplars que poden formar part potencial de la dieta de l’espècie estudiada. Aquestes metodologies únicament tenen com a finalitat principal conèixer els percentatges de disponibilitat de cada tipus de presa.

En el present treball s’ha tingut en compte altres aspectes de disponibilitat que els purament quantitius, com són el comportament ecològic dels diferents grups d’artròpodes i les zones potencials d’alimentació dels polls de gall fer. Un inconvenient afegit, és que el disseny de l’estudi de la dieta dels polls de gall fer s’ha d’adequar al tipus d’alimentació que en aquest cas es produeix en un període curt de temps (comparat amb la mitjana de vida de l’espècie) i en una època concreta de l’any (principis d’estiu). A més, la presa de dades de la disponibilitat

ha de ser simultània a la del consum. Tots aquests aspectes no cal tenir-los tant en compte en les espècies que són insectívores durant tota la seva vida.

Pel que fa referència a l'estudi de consum, no hi ha gaires alternatives en la elecció d'un tipus de metodologia, perquè aquesta ve definida per les característiques de l'espècie estudiada (MARTI, 1987). En el present cas la eliminació de les restes no digerides es produeix mitjançant les femtes, per la qual cosa el mostreig del consum s'ha realitzat mitjançant la recollida d'excrements. Alguns estudis també utilitzen la metodologia d'observació directa per tal d'esbrinar el consum (SPIDSØ i STUEN, 1988; DE FRANCESCHI i BOAG, 1990), però només això es fa en casos molt concrets d'animals controlats per radioseguiment, imprintats o que permeten un aproximació de l'observador.

Per complementar l'estudi de la dieta també s'han pres dades de la vegetació present en cada parcel·la. Una de les finalitats ha estat, no només anotar el tipus de comunitat vegetal, sinó quantificar-la. La quantificació de la vegetació relacionada amb les abundàncies d'artròpodes de cada parcel·la pot donar més informació alhora d'interpretar els resultats. Dins de la metodologia s'han tingut en compte alguns aspectes recopilats a partir de la bibliografia o dades a partir de diverses fonts d'informació, com són el tractament dels aspectes climatològics a partir de les dades consultables per internet de les estacions meteorològiques properes a l'àrea d'estudi.

Per tot l'exposat en aquest apartat, en el present estudi s'ha escollit el reconeixement visual com a disponibilitat, a partir de les abundàncies relatives, la recollida d'excrements pel que fa referència al consum i com a metodologies complementaries, l'estudi de la vegetació i el tractament de les dades meteorològiques segons diferents fonts d'informació a l'abast.

1.6. Àrea d'estudi.

La elecció de l'àrea d'estudi ha estat influïda pel fet de ser un zona prèviament estudiada sobre altres aspectes de la biologia del gall fer als Pirineus, com són l'abundància, densitat, producció i hàbitat d'aquesta espècie. Aquest fet també ha estat important alhora de decidir la ubicació definitiva de les parcel·les.

Per la determinació de la disponibilitat d'aliment, s'ha escollit 10 parcel·les de dues zones diferents: Massís de l'Orri i Massís de Tornafort (Pallars Sobirà). El nombre i tipus de parcel·les escollides s'ha realitzat també en funció de les variacions en la vegetació presents a l'àrea d'estudi i de l'estructura del bosc en aquesta zona, intentant abastar la màxima diversitat d'ambients utilitzats pel gall fer durant l'època de cria (figures 3 a 6).

El tipus de bosc que caracteritza principalment les parcel·les estudiades, és el boscs mixt de pi negre (*Pinus uncinata*) i pi roig (*Pinus sylvestris*) de l'estatge subalpí, característic dels Pirineus. En aquests tipus de bosc, de terrenys acidòfils i d'obac, hi predominen les comunitats amb neret i, a les parts acidòfiles de soleil, la boixerola. També el sotabosc pot estar compostat de nabiu, que és una espècie que viu principalment als boscos de coníferes i landes, sobre sòl àcid, sovint com a dominant (BOLÒS DE, 1995).

La categorització de les parcel·les com a bosc tancat o obert és purament descriptiva i s'ha fet considerant que el bosc tancat és el que supera el 50 % de la cobertura, mentre que el bosc obert, seria el que està per sota d'aquest valor. De la mateixa manera, només en el cas de la zona de Puigforniu (parcel·les 3 i 4), al massís de Tornafort, s'ha considerat bosc de solana el que per la seva orientació, situació i vegetació rep més llum solar i el bosc d'obaga el que en rep menys, independentment de si es tracta d'un bosc obert o tancat. Pel que fa referència a la composició vegetal del tipus de bosc i de sotabosc, s'ha considerat únicament les espècies més abundants.

La relació i la situació de les parcel·les estudiades és la següent (figures 3 a 6):

- Massís de Tornafort.
 1. Bosc obert de pi roig i ginebró (Tornafort).
 2. Bosc tancat de pi roig i ginebró (Tornafort).
 3. Bosc de solana de pi roig i ginebró (Puigforniu).
 4. Bosc d'obaga de pi roig i pi negre amb nabiu i boixerola (Puigforniu).

- Massís de l'Orri.
 5. Bosc obert de pi roig amb nabiu, ginebró i boixerola (Planells).
 6. Bosc de pi roig amb boixerola i nabiu (Planells).
 7. Bosc de pi roig i pi negre amb nabiu i ginebró (Aulò).
 8. Bosc de pi roig i pi negre amb nabiu i roser silvestre (Aulò).
 9. Bosc molt obert de pi negre amb nabiu, neret i boixerola (Riu Sec).
 10. Bosc obert de pi negre amb nabiu i neret (Riu Sec).

L'àrea d'estudi es troba situada al Pallars Sobirà a les conques altes de la Noguera Pallaresa de domini principalment silici. La comarca del Pallars Sobirà representa una zona de transició entre el clima mediterrani i el clima atlàntic amb períodes secs i d'altres més humits. A partir dels 1.500 m., predomina el clima alpí que és el típic d'alta muntanya amb una marcada influència continental, encara que té una climatologia d'influència clarament mediterrània.

El massís de l'Orri i el massís de Tornafort estan inclosos dins del Parc Natural de l'Alt Pirineu. També a nivell de gestió, aquestes àrees estan incloses dins de la zona de caça controlada de Sort, Soriguera i Rialb on es regulen sobretot els aprofitaments cinegètics del cabirol, cérvol, daina i porc senglar.

Respecte a la fauna present a l'àrea d'estudi que pugui afectar directa o indirectament a les poblacions de gall fer i en concret a les seves cries, es pot diferenciar entre ungulats i depredadors, tal i com s'ha fet en treballs previs relacionats amb el gall fer (OBESO ET AL., 2003). D'entre els ungulats salvatges cal

destacar la presència de cérvols (*Cervus elaphus*), daines (*Dama dama*) i, sobretot, cabirols (*Capreolus capreolus*) que poden competir pels recursos tròfics del gall fer o bé com a transformadors del seu hàbitat. Els cérvols consumeixen els brots tendres de nabiu, impactant directament sobre la dieta dels adults de gall fer i també sobre la dels polls com a conseqüència de la seva dieta omnívora. De tota manera tots aquests herbívors salvatges i també els domèstics com vaques i altres, en densitats moderades, afavoreixen l'aclariment parcial del sotabosc, que pot ser beneficiós pel gall fer (OBESO et al., 2003).

L'efecte dels depredadors presents a l'àrea d'estudi com guineus (*Vulpes vulpes*), martes (*Martes martes*) i fagines (*Martes foina*), i també l'astor (*Accipiter gentilis*) i el corb (*Corvus corax*), poden ser més negatius pel gall fer. D'altra banda els ous i els polls de gall fer poden ser predats igualment pel porc senglar (*Sus scrofa*) (OBESO et al., 2003). Encara que es desconeix l'efecte concret que puguin tenir aquests depredadors sobre les poblacions de gall fer, si que sembla evident que la presència de porcs senglars té un efecte directe sobre la disminució de les postes. L'augment de la fragmentació del bosc provoca canvis en la comunitat de depredadors comparat amb els boscos no fragmentats, que fa canviar el tipus de depredadors i augmentar la seva densitat total, incrementant la vulnerabilitat total del gall fer a la depredació. Els que pateixen més els efectes de la depredació sembla ser que són les postes i els polls de gall fer (OBESO et al., 2003). Aquesta fragmentació està provocada principalment per la obertura de noves pistes forestals i increment de pistes d'esquí en les àrees de presència de gall fer.

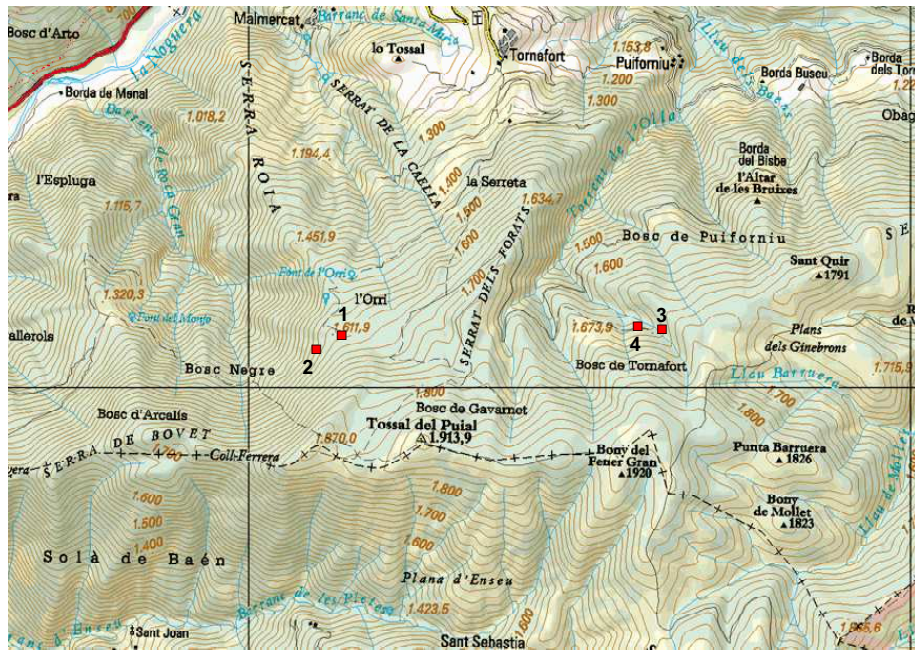


Figura 4. Localització de les parcel·les al massís de Tornafort

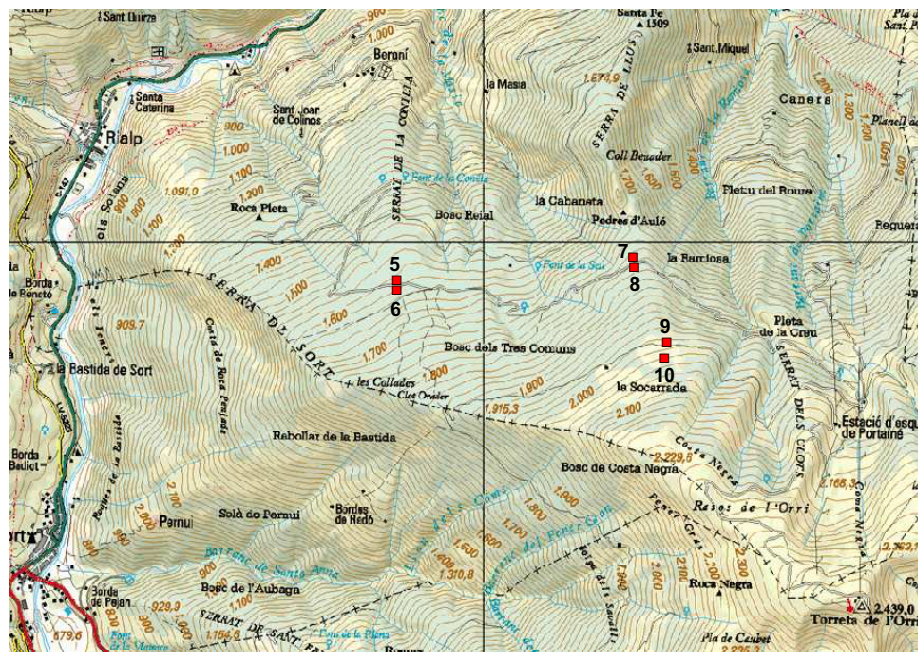


Figura 5. Localització de les parcel·les del massís de l'Orri

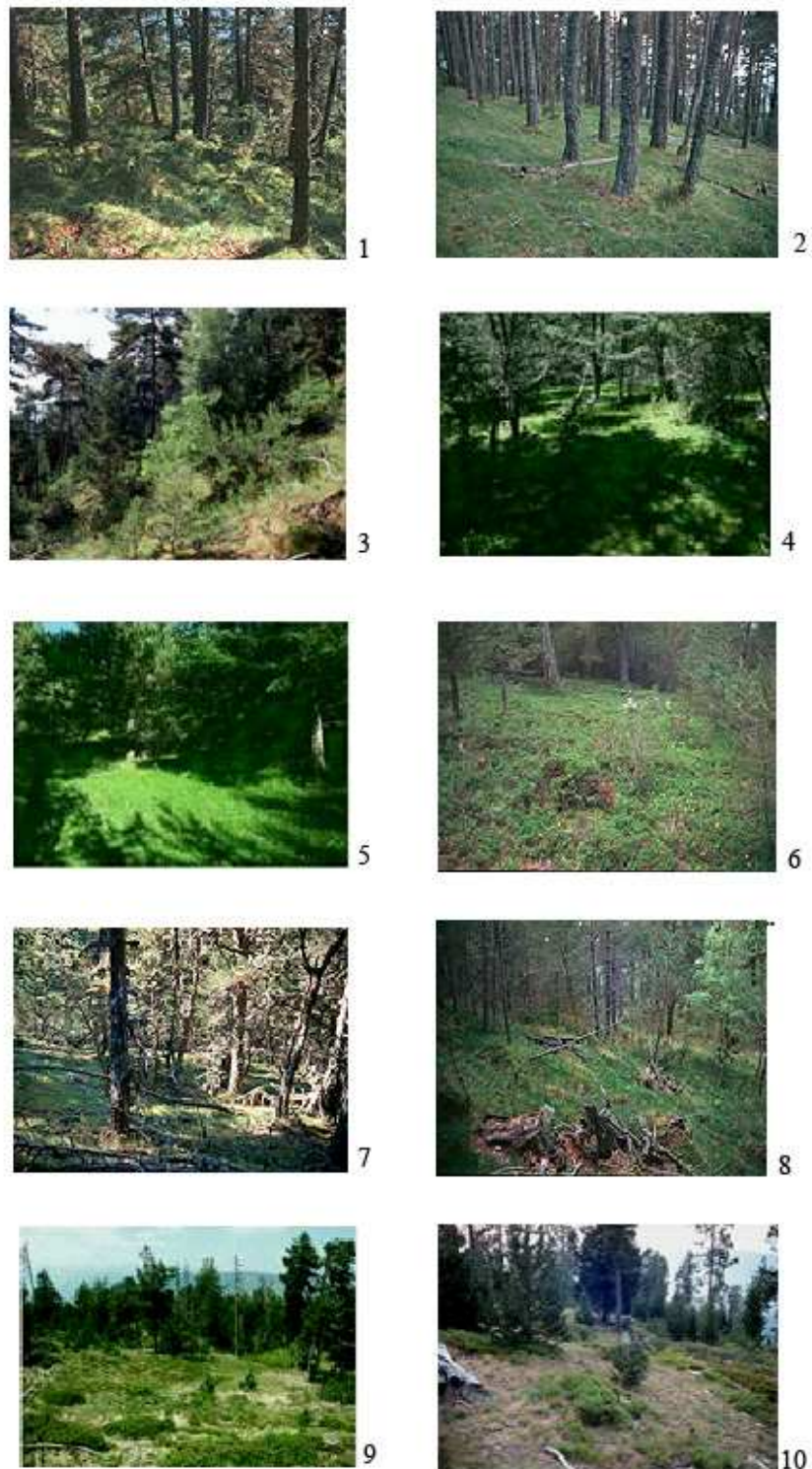


Figura 6. Fotografies de les 10 parcel·les estudiades de la 1 a la 10 per ordre d'esquerra a dreta i de dalt a baix.

Capítol 2. Descripció de la dieta dels polls de gall fer.

Capítol 2. Descripció de la dieta dels polls de gall fer.

2.1. Introducció.

2.2. Material i mètodes.

2.2.1. Disponibilitat d'artròpodes.

2.2.2. Consum d'artròpodes.

2.3. Resultats.

2.3.1. Disponibilitat d'artròpodes.

2.3.2. Consum d'artròpodes.

2.4. Discussió.

2.5. Conclusions.

2.1. Introducció.

La dieta dels polls de gall fer està relativament poc documentada (STUEN i SPIDSØ, 1988; SPIDSØ i STUEN, 1988; BAINES et al., 1996; PICOZZI et al., 1999; SUMMERS, 2004; LAKKA i KOUKI, 2009), sense existir cap treball exhaustiu a nivell dels Pirineus. En els estudis realitzats a altres zones, s'ha utilitzat diferents tècniques i metodologies, d'entre les quals destaca la tècnica utilitzada per SPIDSØ i STUEN (1988) amb pollets de gall fer imprimats, acostumats a la presència humana. Les dades es prenen a partir d'observacions directes del consum, possibilitades per la facilitat que tenia l'observador d'aproximar-se als polls quan s'alimentaven. També amb altres espècies de tetraònides més confiades que toleren la presència humana s'ha utilitzat aquestes tècniques d'observació directa, com és el cas del gall fer del Canadà (DE FRANCESCHI i BOAG, 1990), on s'ha observat que els joves d'aquesta espècie de gall fer consumeixen, quasi exclusivament, formigues. De tota manera aquesta tècnica d'observació directa només es pot utilitzar en animals imprimats o en espècies més "confiades" amb la presència humana. Els avantatges de les observacions visuals directes són importants, precisament perquè es realitzen en el mateix moment que s'està produint el consum, ja que s'ha de tenir en compte que algun tipus d'aliment (sobretot vegetal), pot ser completament digerit i no ser detectat en els excrements.

El consum observat en l'estudi de SPIDSØ i STUEN (1988), es va complementar amb l'estudi de la disponibilitat d'aliment. Per estudiar aquesta disponibilitat es van recollir amb mànega entomològica els invertebrats, es van conservar en alcohol, i es van estudiar posteriorment al laboratori. Els resultats d'aquest treball, realitzat a Noruega, ens indiquen que la dieta durant les quatre primeres setmanes de vida dels polls de gall fer és bastant constant pel que fa referència al consum d'artròpodes. Després d'aquestes quatre setmanes es produeix un increment progressiu de matèria vegetal, període durant el qual el nabiu és una part molt important de l'alimentació dels polls de gall fer. La primera setmana, a part dels invertebrats, els polls consumeixen principalment flors de nabiu i en les següents setmanes incorporen les fulles d'aquesta planta. Posteriorment, a les set

setmanes els fruits de nabiu ja representen el 85 % de la seva dieta. Pel que fa a la dieta animal, les formigues és el grup més consumit. Els mateixos autors d'aquest treball reconeixen les mancances del mètode de recollida dels invertebrats amb mànega entomològica i consideren que amb aquest mètode probablement han infravalorat la presència de formigues en la disponibilitat, amb les conseqüències que això pot tenir en els resultats de selecció. Les erugues i les aranyes són consumides aproximadament en la mateixa proporció que la seva disponibilitat. Els dípters i els hemípters són consumits, però per sota de la seva disponibilitat. La matèria animal consumida en aquest estudi es troba entre el 30 i el 40 % del total.

Com s'ha comentat abans, l'observació directa del que consumeixen els polls de gall fer té avantatges, com la localització de les erugues i altres invertebrats de cos tou que poden passar desapercebuts amb l'estudi dels restes no digerits a partir dels excrements.

En el cas d'una altra espècie, la perdiu xerra (*Perdix perdix*), si l'abundància d'invertebrats és baixa, els polls han de passar més estona alimentant-se i cercant menjar, abandonant les zones més segures en front dels depredadors. Aquesta circumstància també es pot donar en el gall fer, en el que, una disminució de la disponibilitat d'artròpodes també fa probablement que augmenti el temps que han d'invertir per alimentar-se. A part dels invertebrats, la importància de la dieta vegetal és també gran en les primeres setmanes de vida. Els fruits de nabiu són rics en carbohidrats, els quals són fàcilment digerits i són utilitzats per la termoregulació dels pollets. Per tant, durant les quatre primeres setmanes de vida del poll de perdiu xerra, el consum d'invertebrats és molt important pel seu creixement, però també ho és la incorporació de matèria vegetal, principalment nabiu. A partir de la cinquena setmana el consum de nabiu ja pot ser suficient per la seva supervivència, sense el consum d'invertebrats.

STUEN i SPIDSØ (1988) focalitzen el seu estudi en l'abundància d'invertebrats en els diferents hàbitats amb presència de gall fer. La metodologia emprada és la

mateixa que a un altre treball realitzat per aquests mateixos autors (SPIDSØ i STUEN, 1988), però ampliant el nombre d'estacions de 4 a 12 i incorporant un índex de biomassa durant els dos anys d'estudi (1981 i 1982). D'entre els resultats de la disponibilitat destaquen la dominància de dípters, himenòpters, hemípters i aranyes, infravalorant novament la presència de formigues amb aquesta metodologia. Fan una graduació dels hàbitats de més pobres a més rics en funció de les abundàncies i biomasses d'invertebrats. Les biomasses més altes d'artròpodes estan relacionades amb un grau d'humitat més alt. Segons aquests autors, els millors hàbitats amb una major disponibilitat d'invertebrats són els boscos madurs amb un sotabosc ric en espècies vegetals.

BAINES ET AL., 1996 fan un plantejament no tan descriptiu com els anteriors treballs sobre la dieta dels polls de gall fer i la comparen amb la del gall de cua forcada (*Tetrao tetrix*). La finalitat d'aquest treball és examinar les variacions de les abundàncies i biomasses d'invertebrats durant l'època de creixement dels polls de gall de cua forcada i del gall fer a dues àrees diferents. També es valora la disminució de la qualitat d'aquestes àrees mitjançant la gestió de la pastura. De tota manera aquests autors també utilitzen la mànega entomològica, tot i comentar ells mateixos que no és un mètode molt adient per determinar les abundàncies de formigues, però sí per a obtenir la disponibilitat d'erugues. També obtenen el pes sec de les mostres d'invertebrats pels càlculs de biomassa.

Per tal de localitzar els polls de gall de cua forcada i els de gall fer, utilitzen gossos ensinistrats en els transectes. Un cop localitzats els polls els mesuren i pesen, estimant la edat a partir de les mateixes mesures de polls en captivitat dels quals es coneix l'edat. Un altre aspecte tractat a la metodologia d'aquest treball és la selecció d'hàbitat. També en aquest estudi s'incorpora les dades sobre la composició de la vegetació on es localitzen les pollicades.

Els tetraònids fan la posta amb ous relativament petits de mida, en proporció a la seva mida corporal, però en un nombre gran si ho comparem amb altres grups d'aus. Això fa que la mida dels polls al néixer sigui relativament petita i hagin d'

ingerir proteïnes en gran quantitat, consumint un nombre alt d'invertebrats. Una de les hipòtesis de treball en els treballs de dieta dels polls d'insectívors és que el seu desenvolupament coincideix amb els màxims de disponibilitat d'aliment. En el treball de BAINES ET AL. (1996), es va trobar que la eclosió dels polls de gall fer coincideix amb els pics de biomassa d'erugues de papallones nocturnes (heteròcers), les quals formen part de la seva dieta. Segons aquests autors la hipòtesis es confirma amb les diferències observades entre la latitud de les poblacions de gall fer i la eclosió dels ous d'aquesta espècie que s'adequa als màxims de disponibilitat del grups seleccionats. De tota manera aquest aspecte pot variar per diversos factors com pot ser la presència de les preses seleccionades depenen del tipus i composició de la vegetació. Pel que fa a la estructura, els polls de gall de cua forcada prefereixen zones amb vegetació alta, no només per la possibilitat de trobar més amagatalls en front dels depredadors, sinó perquè també són zones que presenten unes poblacions d'invertebrats més abundant. Un altre aspecte que tenen en compte aquests autors són les variacions d'abundància d'invertebrats i de l'estructura de la vegetació, íntimament relacionades, produïdes per la gestió de l'hàbitat, que afecten directament a la dieta. L'increment de la densitat de cérvols en les àrees de gall fer ha fet disminuir la biomassa de nabiu i per tant la dels invertebrats associats. Com es descriu en tots els treballs esmentats, la influència de l'abundància d'invertebrats en la supervivència dels polls de gall fer varia segons el clima, la vegetació i el nombre de depredadors entre d'altres factors. En aquest capítol el que farem és descriure la dieta dels polls de gall fer tenint en compte la metodologia emprada i tots els aspectes comentats a la bibliografia consultada. El que es pretén amb l'estudi de la dieta dels polls de gall fer als massissos de l'Orri i Tornafort, és esbrinar fins a quin punt aquests factors influeixen en la dieta a nivell general.

2.2. Material i mètodes.

2.2.1. Disponibilitat.

El coneixement de la disponibilitat des del punt de vista de les abundàncies és important per determinar si hi ha selecció o no per un tipus de presa determinat i poder descriure la dieta dels polls de gall fer a nivell més exhaustiu, però també per determinar les comunitats d'artròpodes en aquestes zones d'alimentació amb les implicacions que això pot tenir després en les conclusions del treball.

La metodologia emprada s'ha dissenyat de la forma més estandar i pràctica possible, tot establint parcel·les fixes de mostreig. L'elecció de parcel·les fixes es convenient per eliminar el factor de la variabilitat dels resultats dels mostrejos en funció de la estructura de la parcel·la.

L'elecció de les parcel·les s'ha fet a partir de les diferents característiques ecològiques dels hàbitats presents a l'àrea d'estudi. D'entre les prioritats que s'han tingut en compte a l'hora de fer aquest elecció s'ha triat, principalment, la vegetació existent a la parcel·la, intentant abastar les principals comunitats vegetals de sotabosc de l'àrea d'estudi. Destaquen les zones de boixerola, de nabiu i les de neret, les quals a nivell bibliogràfic ja eren conegudes com a favorables per a l'alimentació del gall fer. També s'ha tingut en compte a l'hora d'escollir les parcel·les: les diferents cotes de cadascuna, l'accessibilitat de la zona per poder-les mostrejar i el tipus de bosc i sotabosc, entre d'altres.

S'han recorregut en ziga-zaga les 10 parcel·les escollides de 1000 m² durant un temps establert (30 minuts), intentant avançar a una velocitat constant, tot registrant el nombre d'artròpodes presents i la categoria a la que pertanyen (grup sistemàtic) amb la precaució de no passar dos cops per la mateixa zona, per tal d'evitar dobles comptatges (figura 7). L'observador només s'atura momentàniament al detectar un exemplar d'artròpode per anotar les longituds de cada exemplar observat en intervals de 5 mm. L'observador inicia el recorregut en un dels vèrtex de la parcel·la (que ha de quedar com inici fix pels següents

mostrejos) i es fa el primer transecte pel lateral escollit de la parcel·la. En general, totes les parcel·les escollides són de poca pendent, però en el cas que en tinguin una mica, l'inici de mostreig s'inicia des de la part de la parcel·la amb cota més baixa, avançant en ziga-zaga cap amunt, finalitzant en el lateral superior de la parcel·la. Tots els obstacles, com troncs caiguts, arbres, rocam i altres objectes són eludits per tal de seguir el màxim possible en línia recta.

Les condicions meteorològiques i l'hora del dia durant les quals s'han fet els mostrejos, també s'ha tingut en compte, encara que es creu que per aquest tipus de mostreig de zones forestals relativament tancades, pugui afectar massa a la detectabilitat dels exemplars d'artròpodes. De tota manera, tots els mostrejos s'han realitzat durant condicions ambientals favorables per als invertebrats (sense pluja, ni temps nuvolós) i durant les hores del dia més caloroses, a partir de les 10 del matí i com a molt tard fins a les 17 hores a la tarda.

A partir de les longituds dels artròpodes observats, anotades durant el treball de camp, s'ha estimat posteriorment la biomassa disponible amb equacions de regressió longitud-pes (HODAR, 1996). La determinació de tots els exemplars s'ha fet a nivell d'ordre, amb les mateixes categories utilitzades en l'apart de consum per que siguin valors comparables de disponibilitat i consum. En el cas d'erugues (ropalòcers i heteròcers), larves de coleòpters i formigues s'ha considerat com a grups independents per la seva biologia i ecologia diferenciada dels ordres taxonòmics als quals pertanyen. Les parcel·les han estat mostrejades dos cops per any, una primera vegada a mitjans de juliol i una altra a principis d'agost, coincidint amb les tres primeres setmanes de vida dels polls.

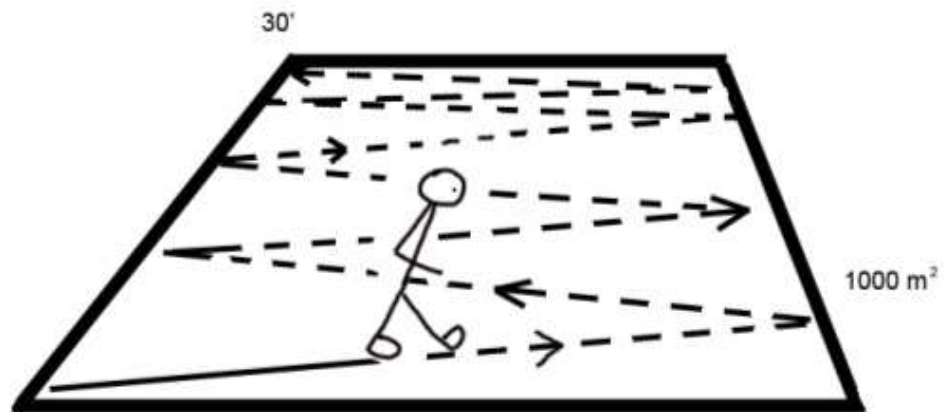


Figura 7. Mostreig de la disponibilitat amb una àrea fixa (1000 m²) i temps limitat (30') mitjançant un recorregut en ziga-zaga de l'observador.

2.2.2. Consum.

Per determinar les espècies consumides, s'ha analitzat un total de 138 excrements de poll de gall fer (91 mostres el 2001, 30 mostres el 2002, 13 mostres el 2003 i 4 mostres el 2004). Aquesta diferència en la quantitat de mostres pels diferents anys no és com a conseqüència d'un esforç diferent de mostreig, sinó per la disminució del nombre d'excrements localitzats al llarg dels quatre anys (figura 8). S'ha observat que el nombre d'excrements decreix significativament en funció de la disminució del nombre de polls detectats (Pearson, $r^2 = 0.96$, $P < 0.05$). És clar que els valors del nombre d'excrements està en relació al nombre de polls, com a conseqüència que es busquen els excrements alhora i lloc de localitzar els polls i no en mostres aleatoris. El comptatge d'excrements podria ser un sistema de cens indirecte del nombre de polls. El descens del nombre d'excrements detectats confirma la davallada de la presència dels polls de gall fer.

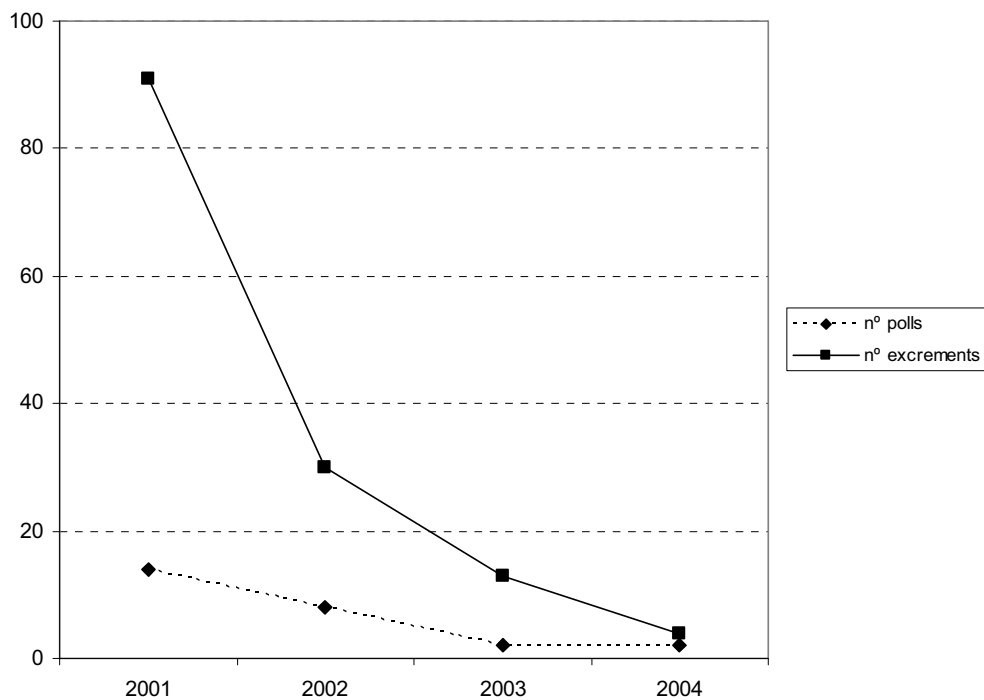


Figura 8. Relació entre el nombre de polls de gall fer detectats i el nombre d'excrements recollits durant els 4 anys de mostreig (Massís de l'Orri més Massís de Tornafort).

Pel que fa als ítems (abundància) o quantitat de fragments de la part animal no digerida de cada mostra, s'ha utilitzat el mètode dels nombres mínims. El nombre d'exemplars d'artròpodes determinats a nivell d'ordre s'obté dividint el nombre total de les parts identificades, pel nombre total de parts que té l'exemplar complet. En funció d'aquest anàlisi s'han establert el nombre d'exemplars consumits i el grup taxonòmic al qual pertanyen.

La determinació s'ha realitzat considerant les peces que per la seva duresa i composició són més resistents al procés de digestió i per tant romanen en les femtes (mandíbules, artells quitinitzats, etc.) (figura 9). A falta de suficients articles i treballs sobre la determinació d'artròpodes a partir de fragments (només PEARSON-RALPH et al 1985 i MOREBY, 1987), s'ha realitzat la recerca de material gràfic d'estructures, alhora que s'ha fet una col·lecció de comparació d'artròpodes desmuntats, recollits a l'àrea d'estudi.

Per quantificar millor els ítems consumits s'ha calculat la presència observada (%P), la freqüència relativa numèrica (%N) i la freqüència relativa en biomassa (%B). Com que es pot determinar de forma individual les preses consumides, tots els càlculs de selecció i la interpretació principal dels resultats s'ha fet a partir de la freqüència relativa numèrica.

La presència observada (%P) és el percentatge d'unitats fecals que conté una categoria de presa respecte al total. Informa de la presència o absència d'un determinat tipus de presa però no de l'abundància o importància de cadascuna i estableix si una presa en concret és predada més freqüentment que d'altres, és a dir, amb quina freqüència s'utilitza aquell recurs.

D'altra banda, la freqüència indica millor l'efecte del depredador sobre les preses, i la biomassa una avaluació més acurada sobre la dieta del depredador (MARTI, 1987).



mandíbules d'eruga



mandíbules de formiga



mandíbula d'ortòpter



quelicers d'aranya



quelícer d'opilió



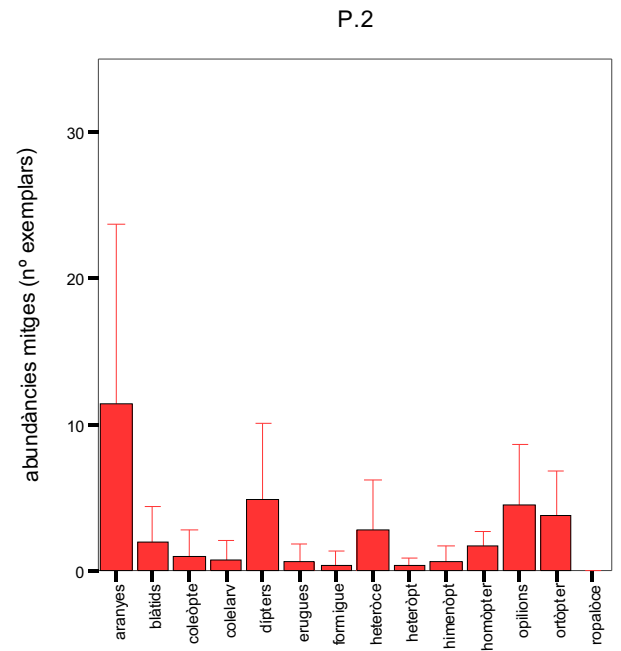
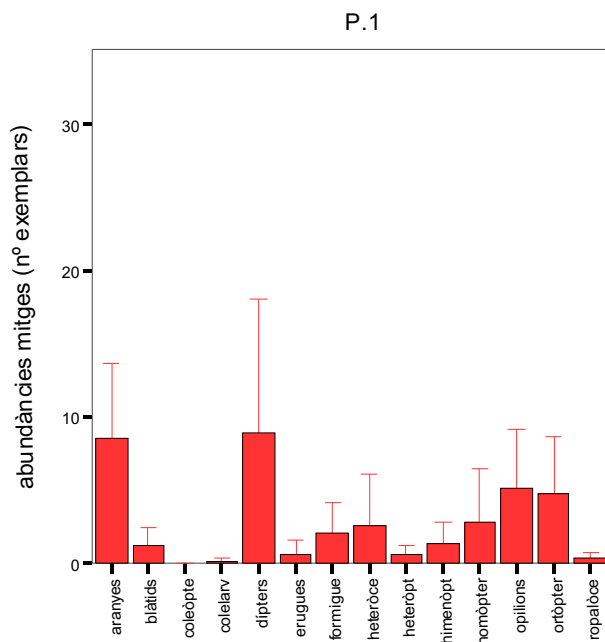
mandíbula de coleòpter

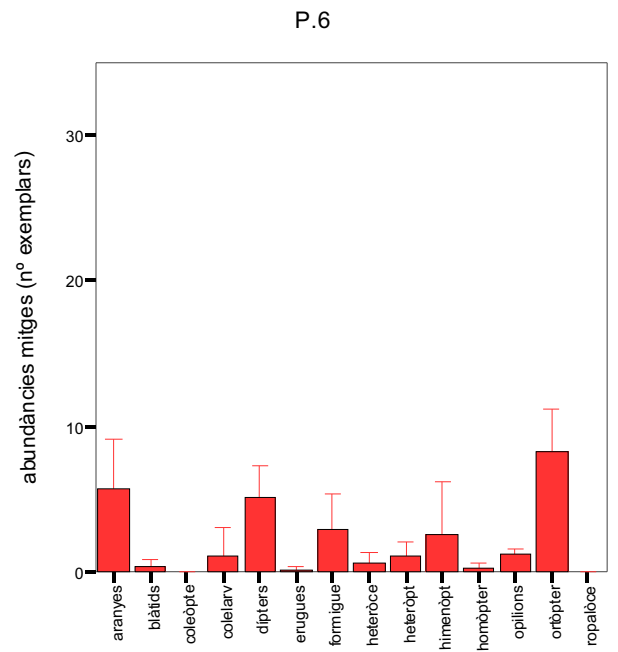
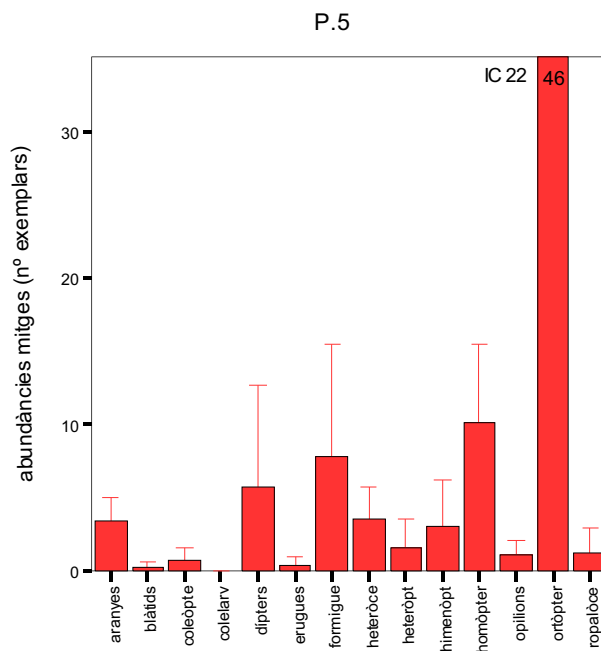
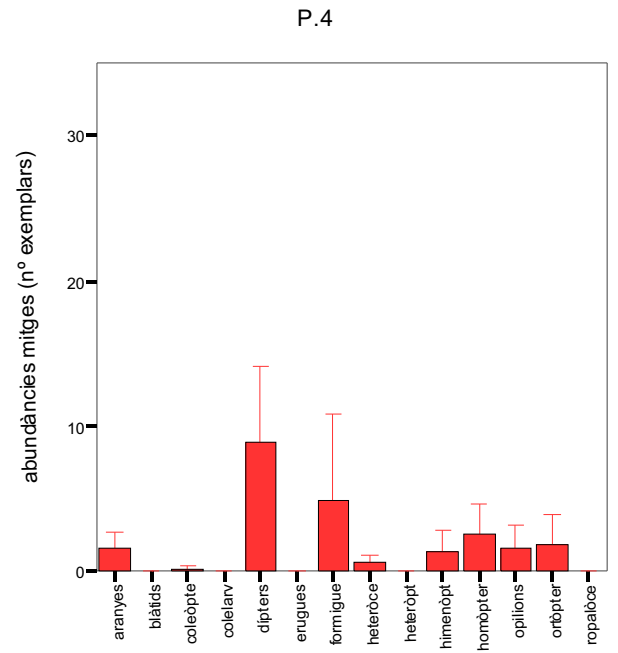
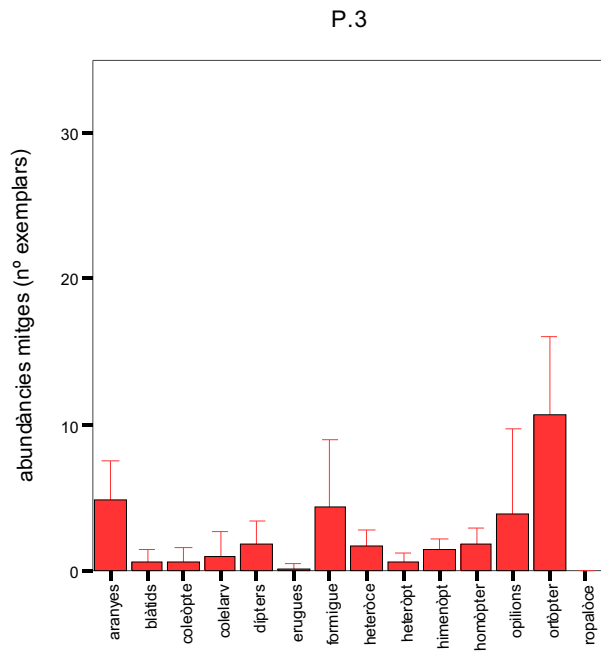
Figura 9. Alguns dels fragments trobats als excrements de poll de gall fer, escollits com a representatius dels artròpodes consumits.

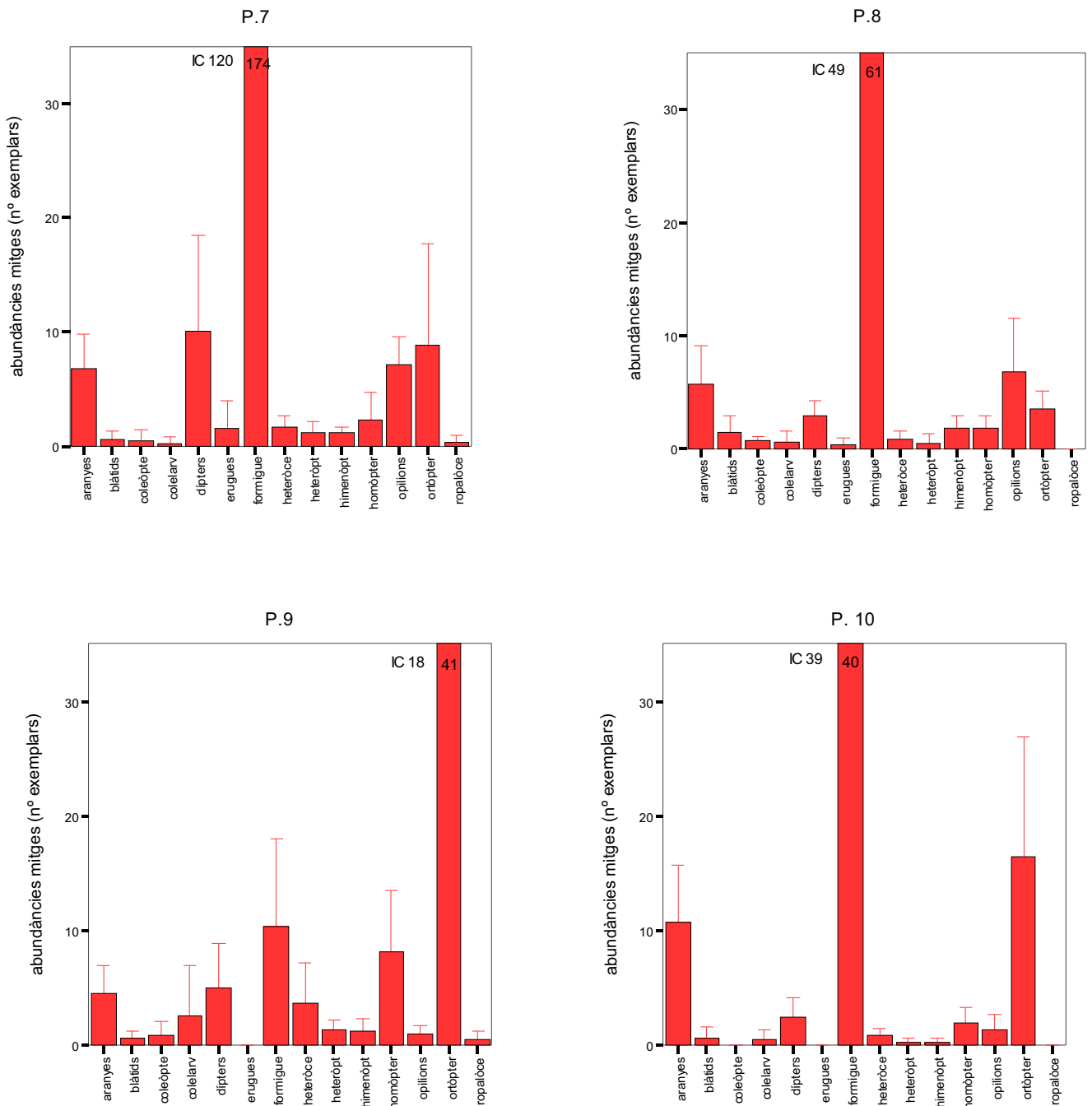
2.3. Resultats.

2.3.1. Disponibilitat d'artròpodes.

S'han observat un total de 5.582 exemplars d'artròpodes, durant els transectes realitzats al llarg de quatre anys a les 10 parcel·les estudiades. La distribució de les abundàncies per cada parcel·la queda representada en les figures 10 a 20.







Figures 10 a 20 (correlatives de la P.1 a la P.10). Abundàncies mitges de la disponibilitat d'artròpodes per parcel·la (interval de confiança al 95 %). S'indica numèricament el valor de les abundàncies quan aquest supera l'escala proposada amb l'interval de confiança (n=8). Massís de Tornafort: P1-P4; Massís de l'Orri: P5-P10.

Dels resultats obtinguts destaca la gran abundància de formigues a les parcel·les 7, 8 i 10. Les abundàncies més altes d'aranyes es troben a les parcel·les 1, 2 i 10. La parcel·la 7 és l'única que presenta tots els grups d'artròpodes representats i, a més a més, és la parcel·la que té un major nombre de formigues. També destaca l'absència de papallones (ropalòcers) a 6 parcel·les, essent el grup menys representat a les abundàncies. D'altra banda els ortòpters és el grup més abundant a les parcel·les 3, 5, 6 i 9. Si s'agrupa les diferents parcel·les per massissos, massís de Tornafort (P.1, P.2, P.3 i P.4) i massís de l'Orri (P.5, P.6., P.7, P.8, P.9 i P.10) respecte a les abundàncies, s'ha trobat diferències significatives entre els percentatges promig de les abundàncies d'artròpodes entre les parcel·les del Massís de Tornafort i el Massís de l'Orri (Test U - Mann-Whitney, $Z = -2.806$, $P < 0.05$).

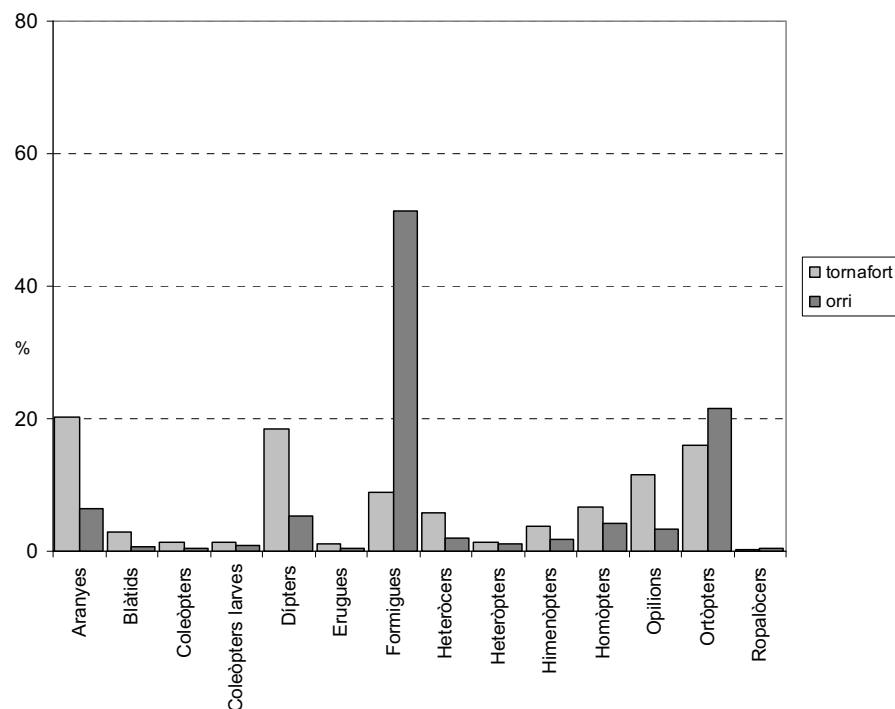


Figura 21. Percentatge d'abundàncies dels diferents grups i per massissos al llarg dels 4 anys de mostreig.

Respecte als valors totals destaca la gran abundància de formigues (51.3 %) i ortòpters (21.5 %) al massís de l'Orri. En canvi al massís de Tornafort el percentatge d'abundàncies queda més repartit, entre aranyes (20.1 %), dípters (18.5 %), opilions (11.5 %) i ortòpters (15.9 %) (figura 21).

Pel que fa referència a la disponibilitat total d'artròpodes durant el període d'estudi destaca el predomini de formigues en un 41.3 %, seguit d'ortòpters (20.5 %) i aranyes (9.0 %) (Figura 22). Els grups amb uns percentatges més baixos d'abundància són els coleòpters (adults) i les papallones adultes (ropalòcers).

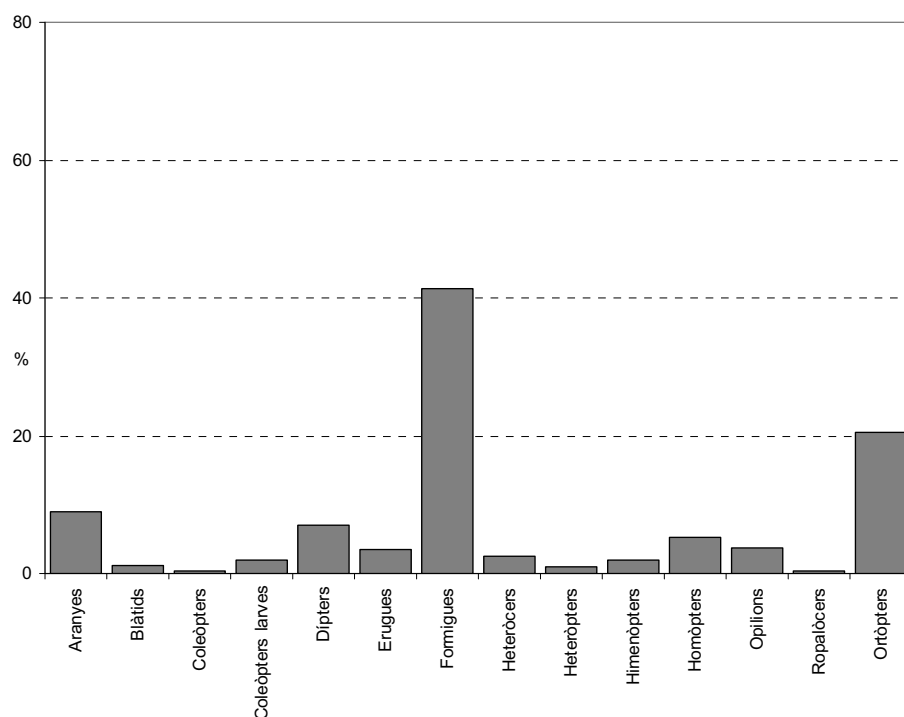


Figura 22. Disponibilitat total d'artròpodes, representats en % d'abundància.

Durant els quatre anys d'estudi les abundàncies totals són molt semblants els dos primers anys d'estudi, després disminueix fins al darrer any (2004), en el que es presenten les abundàncies mitges més baixes (Figura 23).

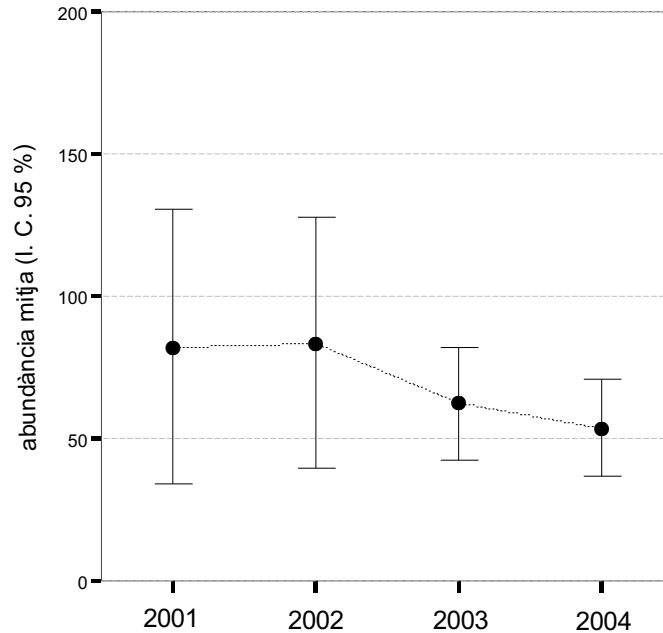


Figura 23. Representació gràfica de l'abundància (disponibilitat) mitjana d'artròpodes per anys (número d'exemplars, n = 280).

Pel que fa a la disponibilitat d'artròpodes, no hi ha diferències significatives entre la abundància d'artròpodes al llarg dels 4 anys d'estudi (Test Kruskal-Wallis, $K = 2.5$, $p > 0.05$) (figura 24).

Destaca la disminució progressiva de la disponibilitat de formigues al llarg dels 4 anys, contrastant amb l'augment d'ortòpters durant el mateix període, amb un màxim al 2004. Altres grups que presenten unes abundàncies màximes al 2004, són les larves de coleòpters, les erugues, els heteròpters, els homòpters i els opilions. Les formigues és el grup que presenta un màxim d'abundàncies disponibles al 2001, 2002 i 2003, però tot i amb això és el grup que presenta una màxima davallada al llarg dels quatre anys d'estudi. També els opilions van

augmentant al llarg dels 4 anys, encara que no tan bruscamment com els ortòpters. Altres grups com les aranyes presenten oscil·lacions petites, amb un màxim d'abundàncies al 2002.

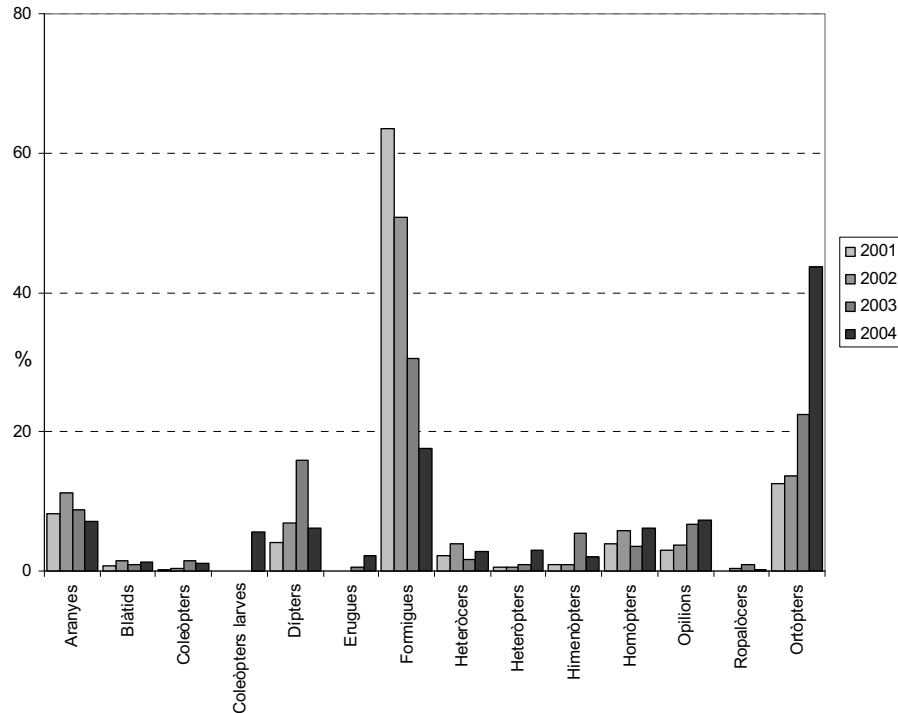


Figura 24 . Disponibilitat total de les abundàncies d'artròpodes durant els 4 anys representats en %.

2.3.2. Consum d'artròpodes.

Els nombres d'exemplars d'artròpodes detectats a les mostres analitzades són: 530 (2001), 165 (2002), 64 (2003) i 13 (2004), amb un total de 772 exemplars en el total de 138 excrements, la qual cosa dona un promig de 5,6 exemplars d'artròpodes per cada excrement de poll analitzat.

Dels 138 excrements analitzats, 119 presentaven una consistència suficient per poder mesurar el seu diàmetre (mm) i calcular el pes sec (grams). Els resultats han estat:

- Diàmetre excrements, $\bar{X} = 5.08$ mm, S.D. = 2.04, n = 119
- Pes sec excrements, $\bar{X} = 0.63$ grams, S.D. = 0.58, n = 119

Aquestes mides es corresponen amb les dels excrements dels polls de gall fer durant les tres primeres setmanes de vida a l'àrea d'estudi sense poder especificar a quina setmana pertany cada mostra, com a conseqüència que no es va poder fer una assignació acurada de l'edat dels polls observats amb les observacions directes realitzades durant els censos.

Pel que fa a la correlació entre aquestes dues variables, el diàmetre és un paràmetre no sempre fàcil de calcular per la consistència de l'excrement en funció sobretot del major o menor contingut en aigua. El que es presenta més constant és el càlcul del pes sec que sempre es pot realitzar independentment de la forma de l'excrement. Els pes sec de l'excrement està correlacionat positivament amb el diàmetre i presenta una relació significativa (Pearson, $r^2 = 0.54$, $p < 0.01$). La relació entre les variables és lineal (figura 25).

L'edat es pot determinar tant pel pes sec com pel diàmetre de l'excrement, com a conseqüència de ser dues variables significativament correlacionades.

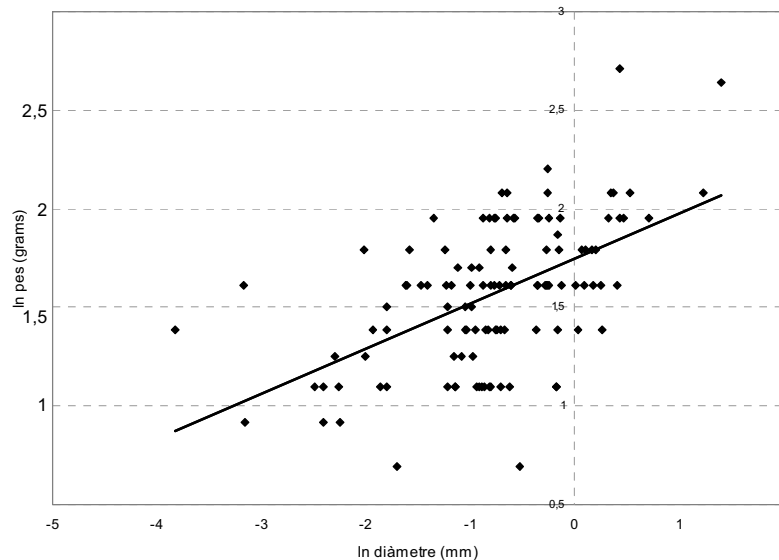


Figura 25. Relació entre el diàmetre (mm) i el pes dels excrements (grams) dels polls de gall fer, transformats logarítmicament.

Pel que fa referència al consum de cada grup d'artròpodes no s'ha trobat diferències significatives entre els percentatges promig del nombre d'exemplars consumits entre els massissos de Tornafort i l'Orri (Test U- Mann-Whitney, $z = -0.193$, $P > 0.05$) (figura 26). El Massís de l'Orri és el que presenta un consum més alt de formigues amb un 81 %. D'altra banda els opilions són els artròpodes més consumits al massís de Tornafort amb un 57 % i després les formigues en quasi un 20 %.

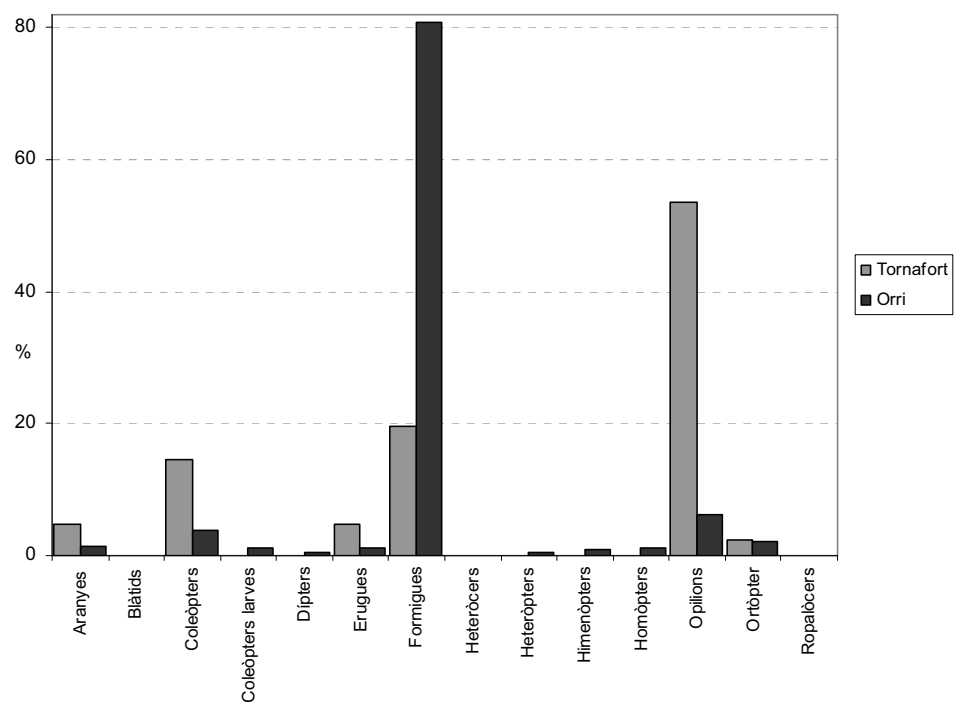


Figura 26. Percentatge del consum d'artròpodes pels polls de gall fer a cada Massís durant el període d'estudi (2001-2004).

Pel que fa al consum total, destaca l'alta proporció de formigues (figura 27) consumides amb un 55.3 % respecte al total. Després hi trobem com a ordres més consumits els coleòpters (11.5 %) i els opilions (10.6 %). Els blàtids, heteròcers i

ropalòcers no s'han detectat en el consum, malgrat ser presents a la disponibilitat. Hi ha altres ordres que han estat consumits en molt baixa proporció, des del punt de vista de l'abundància, com són les larves de coleòpters, els dípters, les erugues, heteròpters, himenòpters i ortòpters.

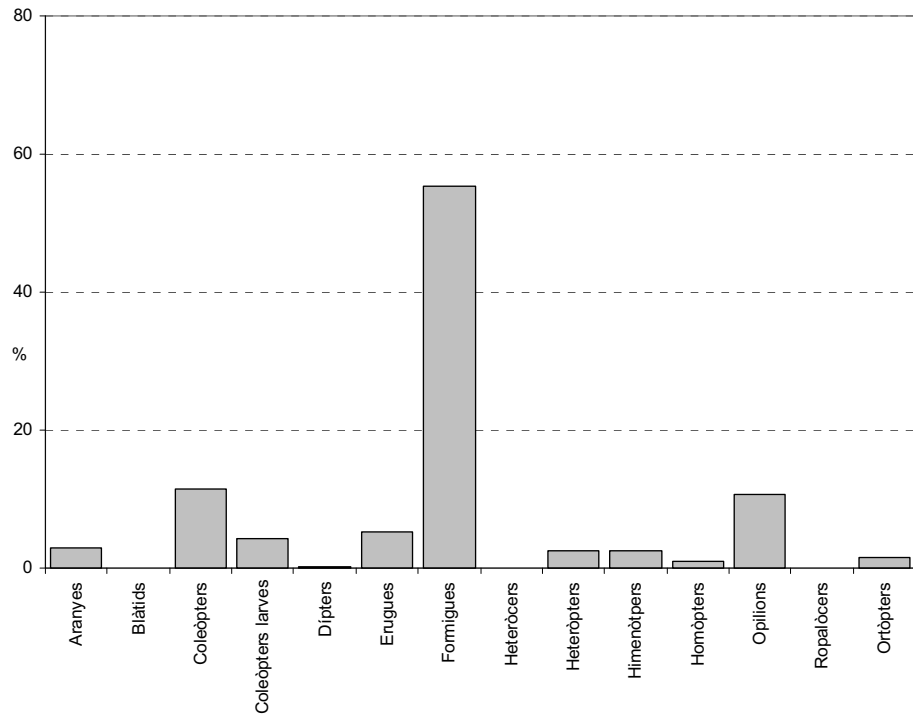


Figura 27. Consum total d'artròpodes (en percentatges) pels polls de gall fer durant el període 2001-2004.

A la figura 28 es pot veure l'evolució dels percentatges d'artròpodes consumits al llarg dels quatre anys. El baix nombre de mostres obtingudes durant el 2004 respecte als anys anteriors probablement ha fet alterar els resultats a nivell global, però serveix per determinar la tendència del consum dels diferents grups i per a tots els anys. De tota manera el que si s'observa és el manteniment del consum de formigues durant els tres primers anys, amb uns percentatges similars a part de la disminució de la seva disponibilitat en el medi al llarg dels quatre anys d'estudi (figura 24) . Després, el 2004, es deixen de consumir formigues, les quals no

apareixen a la dieta. Un altre grup a destacar són els coleòpters que augmenten progressivament el seu consum durant els tres primers anys i el darrer any (2004) pren valors encara més alts, arribant a ser el grup més consumit, amb un 30 % del total de preses consumides. El consum d'artròpodes pels polls de gall fer, no presenta diferències significatives entre els 4 anys d'estudi (Test Kruskal-Wallis, $K = 0.11$, $P > 0.05$).

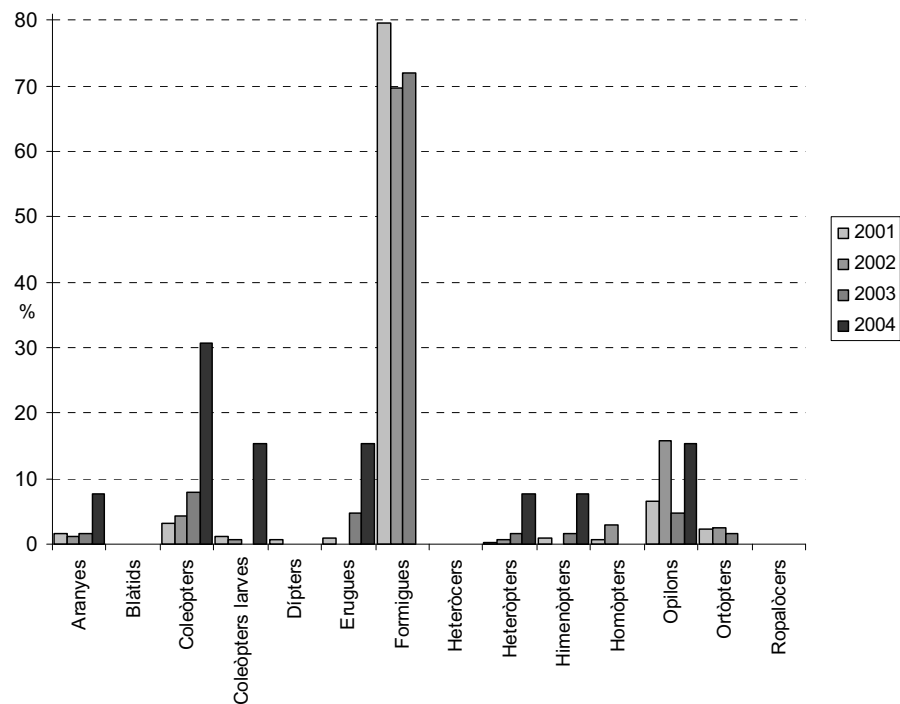


Figura 28. Total d'artròpodes, en percentatges, consumits durant el període d'estudi (2001-2004).

Pel que fa als resultats dels percentatges de preses presents als excrements dels polls de gall fer, es troba un índex de presència observada (% P) molt alt que corresponen al grup de les formigues amb un 60 %, trobant-se a 84 dels 138 excrements estudiats. La freqüència relativa numèrica d'aquest grup d'insectes també és troba al voltant del 55 %. Cal destacar també els valors alts de presència dels opilions amb un 28 %. Pel que fa referència a les biomasses els ortòpters presenten un índex de freqüència relativa en biomassa molt alt (50 %), essent el

grup més important a la dieta dels polls de gall fer des del punt de vista d'aquest paràmetre (taula 1).

grup	n. excrements	%P	%N	%B
Aranyes	12	8.7	3.0	11.9
Blàtids	0	0	0	0
Coleòpters	9	6.5	11.5	8.3
Coleòpters larves	2	1.4	4.3	0.2
Dípters	2	1.4	0.1	1.0
Erugues	8	5.8	5.3	5.6
Formigues	84	60.9	55.3	16.1
Heteròcers	0	0	0	0
Heteròpters	4	2.9	2.5	0.5
Himenòpters	6	4.3	2.5	2.2
Homòpters	8	5.8	0.9	0.4
Opilions	39	28.3	10.6	3.9
Ortòpters	15	10.9	1.6	50.0
Ropalòcers	0	0	0	0

Taula 1. Resultats dels anàlisis dels 138 excrements de polls de gall fer en referència als percentatges de presència (%P), percentatges numèrics (%N) i percentatges de biomassa (%B) dels diferents grups d'artròpodes.

2.4. Discussió.

A nivell general, els estudis fins ara realitzats en altres zones, indiquen una dieta majoritària de formigues i erugues per part dels polls de gall fer. Al treball de SPIDSØ i STUEN (1988), el consum principal d'artròpodes està format per les formigues (45 %), seguit dels hemípters (13%). En aquest estudi, realitzat a Noruega, i al de SUMMERS et al. (2004) a Escòcia, les preses principals consumides són les formigues, coincidint amb els resultats obtinguts en el present

estudi dels Pirineus. En aquests treballs s'utilitzen diferents metodologies per l'obtenció de les mostres de consum. Des dels pollets "imprintats" (SPIDSØ i STUEN, 1988), als gossos ensinistrats que localitzen als pollets (BAINES et al., 1996) i al radioseguiment i recollida d'excrements (SUMMERS et al., 2004). En el present estudi dut a terme als Pirineus, la localització dels excrements s'ha realitzat en censos en batuda que han donat uns valors del 55 % de consum en les formigues i un 11% en els coleòpters.

El consum d'erugues també és important segons les dades de PICOZZI et al. (1999) a Escòcia. Pel que fa referència a la disponibilitat, els dípters i les erugues són els grups més representats en els estudis realitzats fins ara (SPIDSØ i STUEN, 1988; STUEN i SPIDSØ, 1988; BAINES et al., 1996; PICOZZI et al., 1999; SUMMERS et al., 2004 i LAKKA i KOUKI, 2009).

Les dades obtingudes en el present treball indiquen que les formigues i els ortòpters són els grups que es troben majoritàriament com a disponibilitat a l'àrea d'estudi a diferència dels resultats d'anteriors treballs. La disponibilitat mitja d'artròpodes durant els 4 anys d'estudi mostra una disminució progressiva, que va lligada amb la disminució d'excrements de pols de gall fer trobats a l'àrea d'estudi.

A banda de les característiques particulars de cada zona estudiada, es considera que aquests resultats, si més no en el cas de les formigues consumides i disponibles, es veuen molt influïts per la metodologia emprada. Les formigues probablement passen bastant més desapercebudes en la metodologia per batuda amb mànega entomologia (utilitzada en tots els treballs consultats fins ara), per ser insectes que viuen més a terra que no pas enfilats a la vegetació. En canvi, la metodologia on es considera la disponibilitat per observacions directes, els grups que no s'enfilen tant a la vegetació, també són localitzats i queden representats en els percentatges de disponibilitat.

En el cas dels ortòpters, els valors alts de disponibilitat es consideren que és com a conseqüència de la latitud baixa de l'àrea d'estudi, comparada amb la dels països escandinaus, on l'abundància i biomassa d'ortòpters són baixes.

2.5. Conclusions.

1. Des del punt de vista de les abundàncies, els polls de gall fer consumeixen com a preses principals formigues i coleòpters.
2. El grup d'artròpodes amb una disponibilitat més alta són les formigues i els ortòpters.
3. La metodologia emprada en els diferents estudis realitzats sembla que pot fer variar molt els resultats de disponibilitat i consum.

Capítol 3. Influència del clima en els canvis de selecció de la dieta del polls de gall fer. Variacions interanuals de la dieta.

Capítol 3. Influència del clima en els canvis de selecció de la dieta dels polls de gall fer. Variacions interanuals de la dieta.

3.1. Introducció.

3.2. Material i mètodes.

3.2.1. Climatologia.

3.2.2. Variacions interanuals.

3.3. Resultats.

3.3.1. Climatologia.

3.3.2. Variacions interanuals.

3.3.2.1. Relacions intragrups entre la disponibilitat i consum.

3.3.2.2. Relacions intergrups d'artròpodes.

3.3.2.3. Relacions dels grups d'artròpodes amb el número de polls i/o èxit reproductor.

3.4. Discussió.

3.5. Conclusions.

3.1. Introducció.

La meteorologia pot influir directa i indirectament en els factors que determinen l'alimentació dels polls de gall fer (MÉNONI et al., 2009). La temperatura i la pluviometria són les variables que més influeixen en aquest aspecte.

L'endarreriment progressiu de l'augment de les temperatures a la primavera respecte a l'hivern durant un període de vint i quatre anys, és a dir, cada any que passa l'augment es produeix més tard, ha provocat una disminució de l'èxit reproductor del gall fer a Escòcia i un canvi en la fenologia de la reproducció

(Moss et al., 2001). També als Pirineus, la influència del clima s'ha notat en l'augment de les precipitacions a primavera durant els darrers anys que coincideix amb una disminució de l'èxit reproductor i un empitjorament de la disponibilitat d'artròpodes com a preses principals dels polls de gall fer (MÉNONI et al., 2009). S'ha de destacar que en aquests estudis realitzats als Pirineus, actualment l'aparellament del gall fer es produeix per terme mig onze dies abans que trenta anys enrera, la qual cosa indica que en aquesta zona sembla haver una lleugera tendència a avançar l'època de reproducció, per tal d'adaptar-se a aquests canvis en aquesta zona. De tota manera a banda d'aquests treballs, la influència del clima en la dieta dels polls de gall fer no està gaire documentada. La finalitat d'aquest capítol és intentar descriure les variacions del clima a l'àrea d'estudi i intentar esbrinar quina influència pot tenir en la disponibilitat d'aliment d'artròpodes pels polls de gall fer.

3.2. Material i mètodes.

3.2.1. Climatologia.

A partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya pertanyents a les estacions properes a l'àrea d'estudi (Sort, 680 m. i Gerri de la Sal, 591 m.), s'ha calculat les mitges dels mesos de juny, juliol i agost que engloben l'època de desenvolupament dels polls de gall fer durant el període 2001-2004. Les precipitacions a l'àrea d'estudi durant el període 2001-2004 han estat irregulars (figura 29). Destaquen en aquest període les baixes precipitacions detectades al juny i a l'agost del 2001, i sobretot l'any 2004, durant el que es van patir forts episodis de sequera. El 2004 va ser l'any menys plujós a Sort des del 1986 que és quan es va iniciar la presa de dades a l'estació meteorològica d'aquesta localitat (454.8 mm anuals acumulats). D'altra banda, les precipitacions mitges de l'any 2002 van ser les més altes d'aquest període. És a dir, durant aquest període curt de 4 anys (2001 - 2004) que ha durat el present estudi les oscil·lacions han estat molt grans i s'han produït en aquesta zona les pluges més altes i més baixes dels darrers anys registrats.

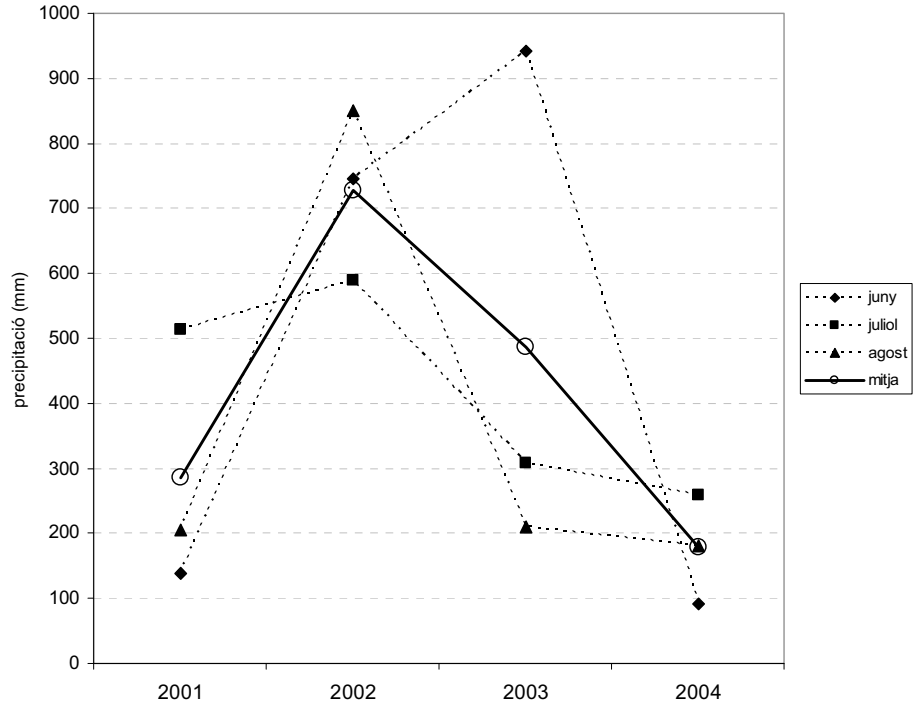


Figura 29. Precipitacions mitges totals i dels mesos de juny, juliol i agost dels quatre anys d'estudi (tenint en compte les estacions meteorològiques d'Espot, Sort i Gerri de la Sal).

Pel que fa referència a les temperatures mitges, els anys més calorosos d'aquests 3 mesos han estat el 2003 i sobretot el 2004, que també són els més calorosos dels darrers 15 anys. L'any amb temperatures mitges més baixes d'aquest període ha estat el 2002 (figura 30).

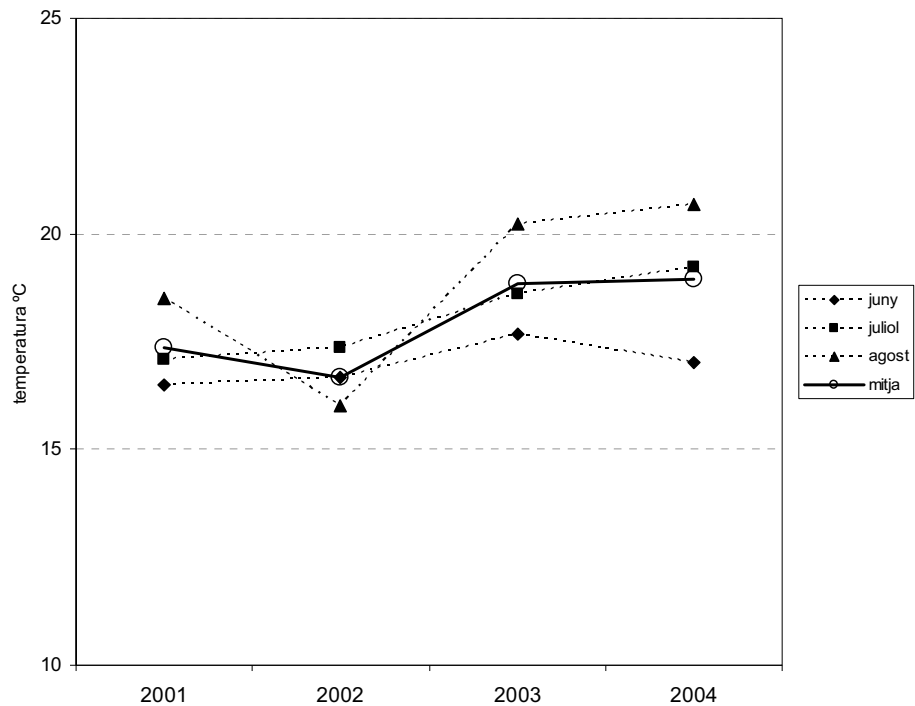


Figura 30. Temperatures mitges totals i dels mesos de juny, juliol i agost dels 4 anys d'estudi (dades provinents de les estacions meteorològiques de Sort i Gerri).

En algunes estacions que les dades eren incompletes, s'han calculat els valors mitjos entre totes les dades. A partir d'aquestes dades s'han obtingut unes tendències clares molt útils per a les interpretacions dels resultats obtinguts. Un aspecte important és que al representar les dades dels mesos de juny, juliol i agost es veu una disminució de les temperatures de juliol i agost paral·lelament amb un augment de les temperatures de juny, aproximant-se cada vegada més les temperatures mitges d'aquests tres mesos al llarg del temps. Això posa de

manifest que aproximadament a partir de l'any 2000 el període calorós de l'estiu es fa més llarg amb temperatures més càlides i més constants al llarg d'aquests tres mesos (figura 31). El període durant el qual s'ha realitzat el present estudi (2001-2004) la tendència és d'augment de les temperatures (figura 30).

Pel que fa referència a les precipitacions, la tendència és inversa, en el sentit de produir-se una disminució global de la pluviositat segons les dades de l'Observatori Meteorològic de Sort, encara que per aquest paràmetre no existeixen tendències diferents entre les precipitacions de juny, juliol i agost (figura 32). També des del punt de vista d'aquest paràmetre les pluviositats del període d'estudi concorden amb la tendència de disminució cap uns estius més secs als darrers anys (figura 32).

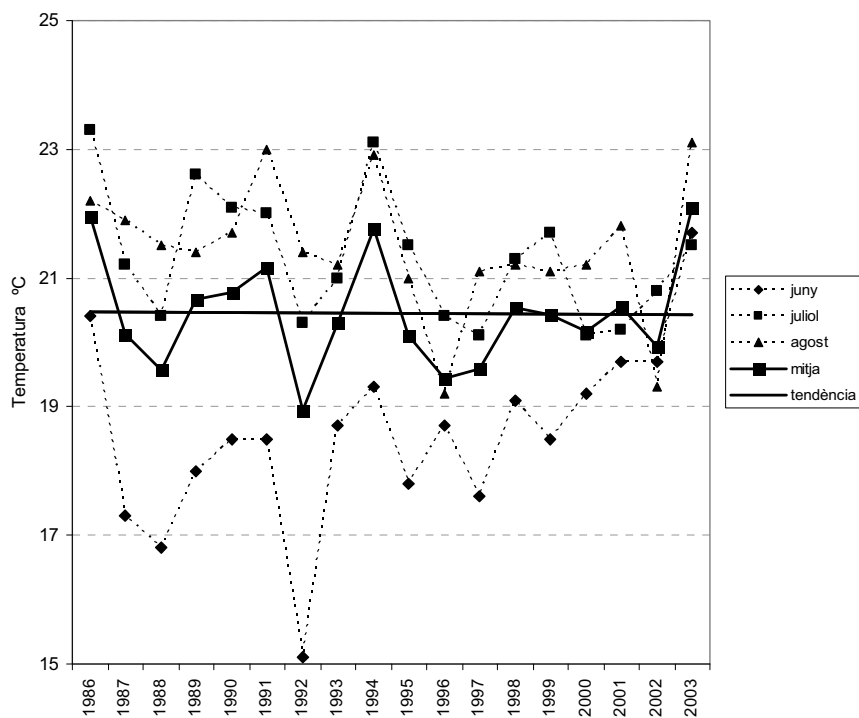


Figura 31. Mitges de les temperatures dels mesos de juny, juliol i agost amb la línia de tendència del període 1986-2001 (elaborat a partir de les dades de l'Observatori Meteorològic de Sort).

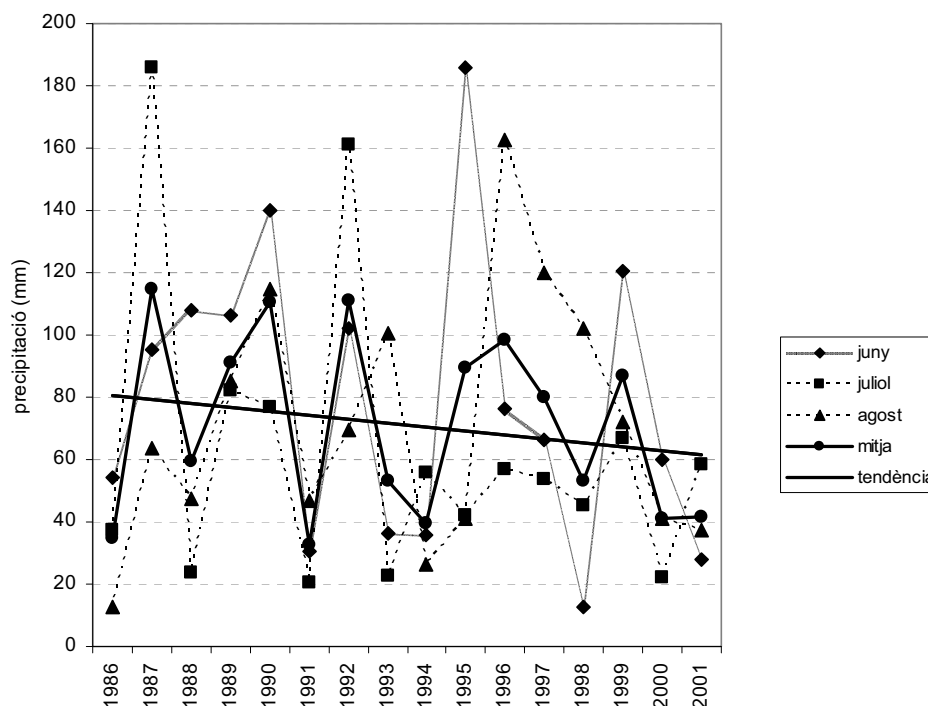


Figura 32. Mitges de les precipitacions dels mesos de juny, juliol i agost amb la línia de tendència del període 1986-2001 (segons dades de l'Observatori Meteorològic de Sort).

Per a poder treballar amb aquestes dades també s'ha consultat la informació rebuda de l'àrea de Climatologia del Servei Meteorològic de Catalunya del període 2001-2004 a les estacions meteorològiques d'Espot (2.520 m) i Salòria (2.445 m). El Servei Meteorològic de Catalunya gestiona aquestes estacions meteorològiques, les quals pertanyen a la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA), integrada a la Xarxa d'Equipaments Meteorològics de la Generalitat de Catalunya (Xemec). La descripció d'aquestes variables meteorològiques ja han estat comentades amb les característiques de l'àrea

d'estudi. Com a conseqüència que l'estació de Salòria es va posar en funcionament el mes d'octubre de 2004, només ha estat emprada com a referència comparativa els darrers mesos d'aquest any.

A més a més, s'ha disposat de les dades meteorològiques utilitzades en treballs previs, d'entre els quals destaca l'estudi de la perdiu blanca (*Lagopus muta pyrenaica*) al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (AFONSO et al., 2006), obtingudes de les diverses estacions meteorològiques properes a l'àrea d'estudi. Per aprofundir en els efectes que pugui tenir la climatologia més directament sobre els polls o els artròpodes disponibles, també s'ha utilitzat l'índex de refredament. Es tracta d'un índex molt útil per calcular la influència de les variables meteorològiques sobre els paràmetres reproductors de tetraònides el qual està calculat a partir de les variables bàsiques de temperatura i velocitat del vent que expressa en graus celsius la sensació tèrmica equivalent (AFONSO et al., 2006). Els valors utilitzats en el present treball han estat els mateixos que per a la perdiu blanca. Encara que aquests valors de la perdiu blanca son a major altitud que la climatologia que afecta al gall fer, s'ha cregut important incorporar-los per la proximitat a l'àrea d'estudi i perquè reflexen els valors interanualment en percentatges, cosa que pot donar una idea de l'efecte d'aquest factor per a cada any (figura 33).

La fórmula de l'índex de refredament és:

$$IR = 13.112 + 0.6215 T - 11.37 V^{0,16} + 0.3965 T V^{0,16}$$

On T és la temperatura i V és la velocitat del vent.

Per realitzar els anàlisis estadístics d'aquestes variables i fer les comparatives amb els paràmetres de la dieta s'ha calculat els percentatges.

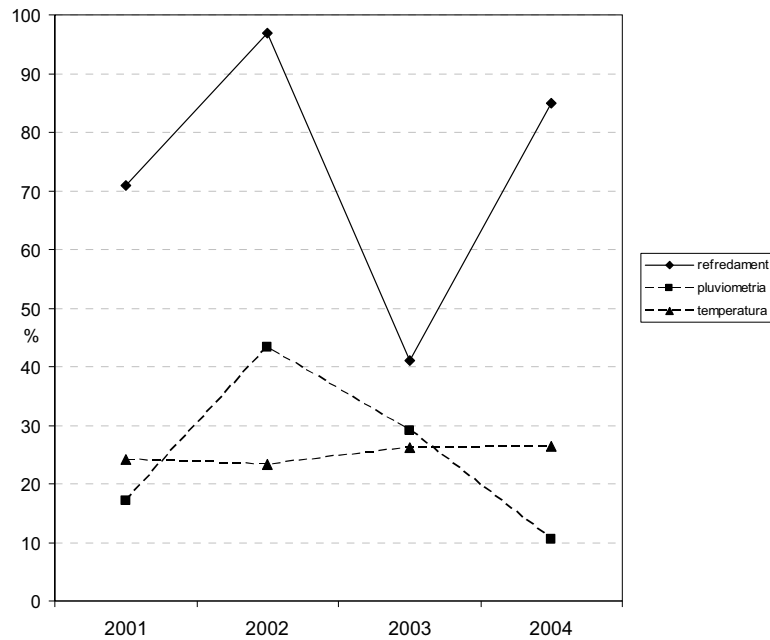


Figura 33. Variacions de l'índex de refredament a partir de les estacions meteorològiques de la Bonaigua (2.260 m.), Boi (2.540 m.) i Espot (2.520 m.), comparat amb la temperatura i la pluviometria.

Els índex de refredament més alts es van produir els anys 2002 i 2004, i el valor més baix va ser al 2003.

En relació a les altres variables ja descrites de temperatura i pluviositat, l'índex de refredament a l'àrea d'estudi va presentar valors, durant els tres primers anys, que semblen concordar amb les pluviositats altes (figura 32 i 33), com és el cas del 2002, on l'índex de refredament també és alt. També al 2002 les temperatures mitges van ser les més baixes dels quatre anys (figura 31 i 33) i l'índex de refredament el més alt d'aquest període. De tota manera l'índex de refredament presenta unes oscil·lacions més altes que no pas els paràmetres meteorològics,

provablement per la dependència de l'efecte del vent en aquest índex i de les altituds superiors d'on provenen les dades per calcular-lo (aproximadament entre els 2.200 i 2.500 metres), on les oscil·lacions de temperatura són més altes que a cotes inferiors on viu el gall fer. L'any 2004 és l'únic que no sembla concordar gaire l'índex de refredament amb la pluviositat i temperatura (figura 33). Per tant sembla ser que, a nivell general, un índex de refredament alt, a l'àrea d'estudi, coincideix amb pluviositats altes i temperatures baixes.

3.2.2. Variacions interanuals.

En aquest apartat s'estudia la relació entre la disponibilitat i el consum de cada grup en els 4 anys de l'estudi, utilitzant els percentatges de presència respecte a les variacions interanuals de les dades climatològiques. Aquestes comparacions poden donar informació sobre els aspectes de la selecció i preferència de les preses en el sentit de definir la constància o no en el consum d'un grup d'artròpodes al llarg del temps. Alguns dels grups seleccionats a nivell general, tant de les abundàncies com de les biomasses, pot ser que no presenti correlacions durant el quatre anys i a l'inrevés, alguns grups no seleccionats per les abundàncies o biomasses poden presentar correlacions amb els percentatges dels quatre anys. Per a tots els grups d'artròpodes que surtin seleccionats o amb les abundàncies més altes, es farà servir el coeficient de correlació d'Spearman per veure quin tipus de relació existeix entre la disponibilitat i consum pels polls de gall fer, per determinar si hi ha algun grup d'artròpode on la disponibilitat està relacionada amb el consum durant els 4 anys d'estudi.

A banda de les relacions intergrups, es calcula les possibles relacions entre el nombre de polls i èxit reproductor, per separat i conjuntament, amb la disponibilitat dels grups d'artròpodes estudiats i també en relació a les variables climatològiques.

3.3. Resultats.

3.3.1. Climatologia.

D'acord amb els apartats on s'ha tractat la climatologia de l'àrea d'estudi i els paràmetres que determinen els aspectes de l'alimentació del gall fer, s'ha relacionat diversos factors entre els quals cal destacar la pluviometria en relació a la disponibilitat d'artròpodes. L'únic factor que s'ha trobat relacionat significativament amb la disponibilitat d'aliment ha estat les precipitacions que es donen a l'àrea d'estudi durant el juliol (Spearman, $S_r = 1.0$, $P < 0.01$) en el sentit que la disminució de la disponibilitat d'artròpodes que s'ha produït durant els quatre anys d'estudi està relacionada amb la disminució de la pluviositat de juliol durant el mateix període (figura 34).

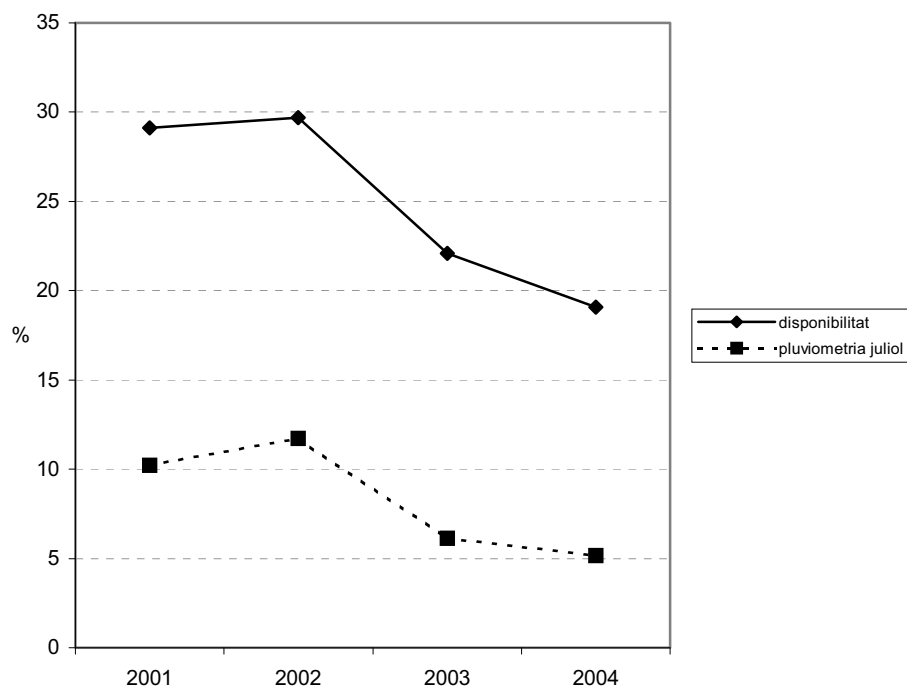


Figura 34. Relació entre la pluviositat al juliol i la disponibilitat d'artròpodes (en %).

No hi ha cap relació significativa entre la disponibilitat de formigues i la pluviositat, però en canvi si que es troba correlació negativa entre les temperatures mitges de juliol dels quatre anys i la disponibilitat de formigues. La pluviometria de juliol disminueix interanualment, menys al 2002 que augmenta una mica alhora que la disponibilitat de formigues disminueix significativament amb l'augment progressiu de temperatures de juliol en el mateix període (Spearman, $Sr = - 1.00$, $P < 0.01$) (figura 35).

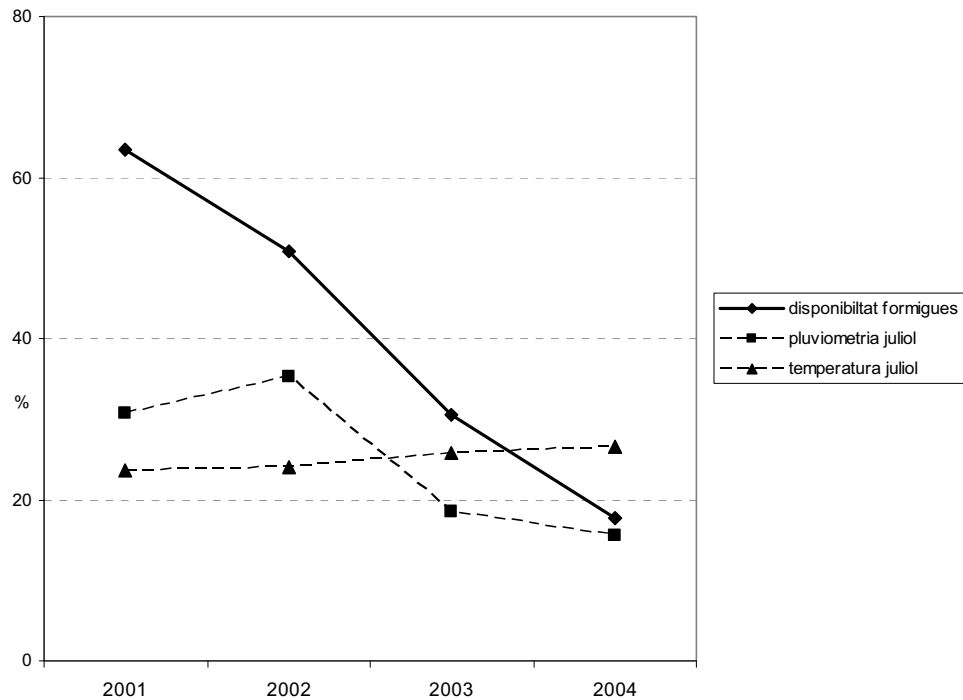


Figura 35. Relació entre la pluviometria i la temperatura de juliol i la disponibilitat de formigues (en %).

Respecte a la resta de grups d'artròpodes implicats, no s'ha trobat cap variació interanual relacionada amb els factors climàtics.

3.3.2. Variacions interanuals.

3.3.2.1. Relacions intragrups entre la disponibilitat i el consum.

Primerament s'han escollit els grups seleccionats pels polls de gall fer i els de més abundància per determinar si hi ha relació entre la disponibilitat i consum durant els 4 anys per a cada grup d'artròpodes. Els grups analitzats són: aranyes, coleòpters (adults i larves), formigues, erugues, heteròpters, homòpters i opilions. També s'han afegit per estudiar la seva relació els himenòpters (menys les formigues) i els ortòpters, els quals són grups no seleccionats, però que són consumits de forma important respecte a la biomassa.

El coeficient de correlació d'Spearman (S_r) entre la disponibilitat i consum de les abundàncies és altament significatiu en el cas dels heteròpters ($S_r = 1.0$, $P < 0.01$) i estadísticament significatiu en el cas de les erugues ($S_r = 0.95$, $P < 0.05$). Per la resta de grups no hi ha relació entre les abundàncies de disponibilitat i consum durant els 4 anys d'estudi.

En el cas de les aranyes, durant els tres primers anys d'estudi, la disponibilitat es troba per sobre del consum i el 2004 lleugerament per sota (figura 36)

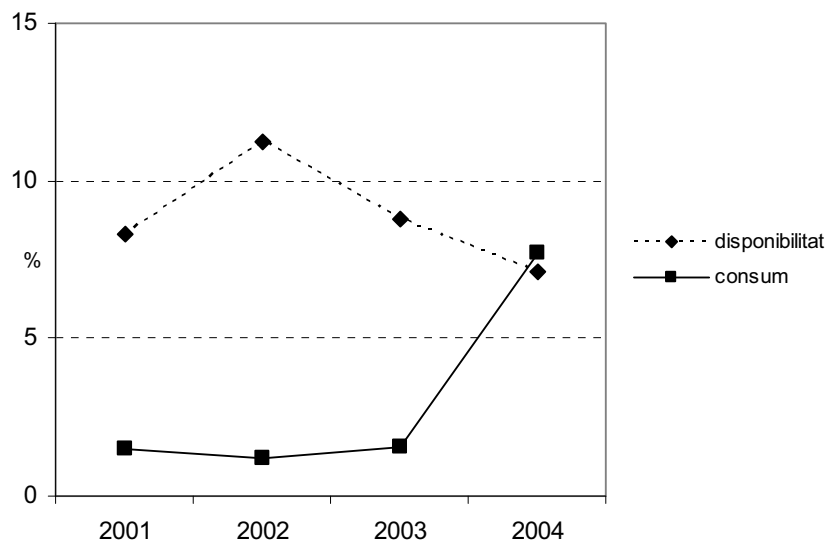


Figura 36. Relació entre disponibilitat i consum al grup de les aranyes (n. s.).

Malgrat presentar unes disponibilitats molt baixes durant els tres primers anys, les larves de coleòpters han tingut un consum superior a la disponibilitat. Al 2004 el consum presenta uns valors proporcionalment molt alts superant a la disponibilitat (figura 37).

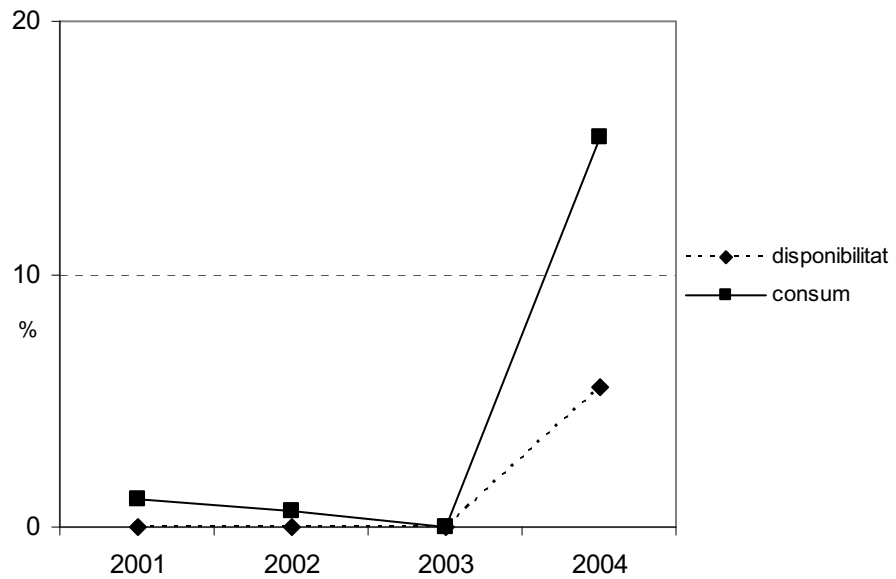


Figura 37. Relació entre disponibilitat i consum al grup de coleòpters (larves) (n. s.).

Els coleòpters adults presenten un patró similar que el de les larves de coleòpters, pel que fa referència a la relació entre disponibilitat i consum durant els quatre anys (figura 38), encara que la disponibilitat d'aquest grup és més alta que no pas la de les seves larves. Durant els tres primers anys, la disponibilitat i el consum de coleòpters augmenten lleugerament i durant el darrer any (2004) només el consum augmenta considerablement a diferència de la disponibilitat, la qual disminueix lleugerament.

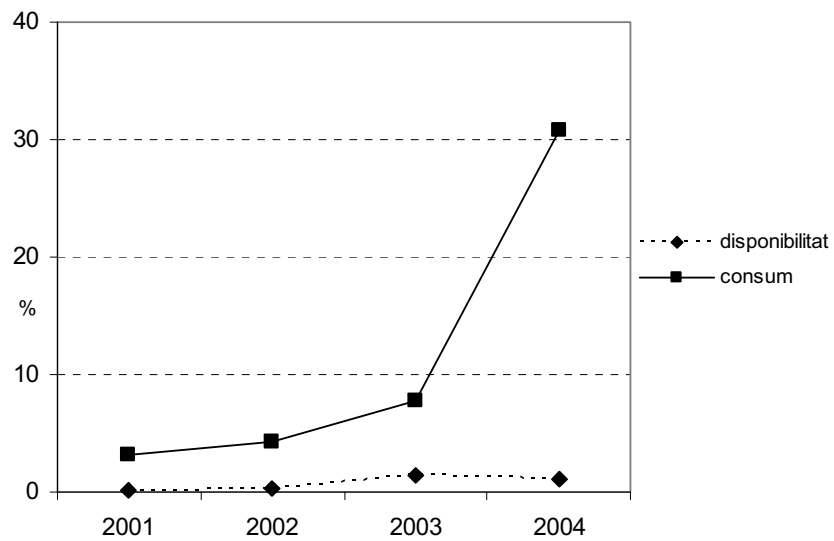


Figura 38. Relació entre disponibilitat i consum al grup dels coleòpters (adults) (n. s.).

En el cas de les formigues la disponibilitat disminueix al llarg dels anys estudiats i el consum ho fa durant els dos primers anys per augmentar una mica el 2003. Finalment el consum de les formigues baixa de cop, com a conseqüència d'assolir valors nuls el 2004, per sota de la disponibilitat (figura 39).

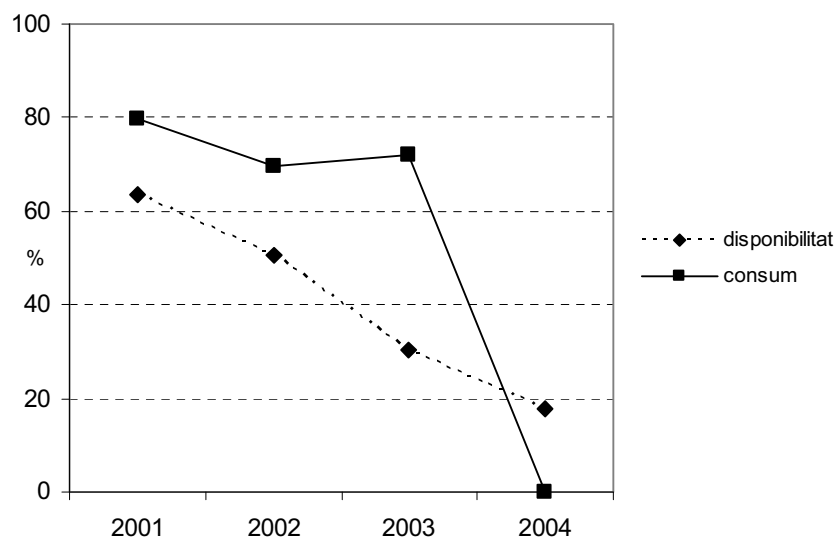


Figura 39. Relació entre disponibilitat i consum al grup de formigues (n. s.).

Pel que fa referència a erugues i heteròpters, són els únics grups que presenten una relació significativa entre disponibilitat i consum durant els quatre anys (erugues, $S_r = 0.95$, $P < 0.05$ i heteròpters, $S_r = 1.0$, $P < 0.01$). A més a més, aquests dos grups presenten una evolució semblant en aquest període de temps en el sentit de presentar la disponibilitat i consum valors molt baixos els dos primers anys, per després augmentar lleugerament la disponibilitat els dos anys següents durant els quals el consum assoleix valors molt alts en percentatge (figures 40 i 41).

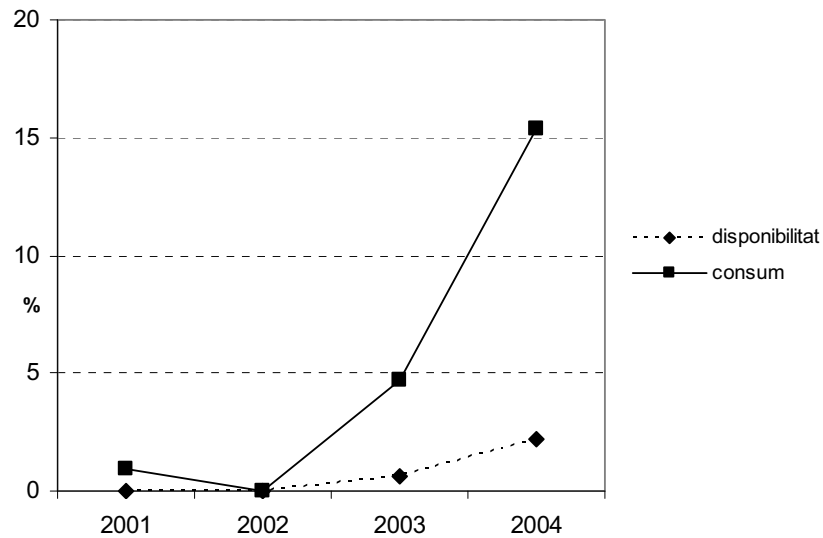


Figura 40. Relació entre disponibilitat i consum al grup de les erugues ($S_r = 0.9$, $P < 0.05$).

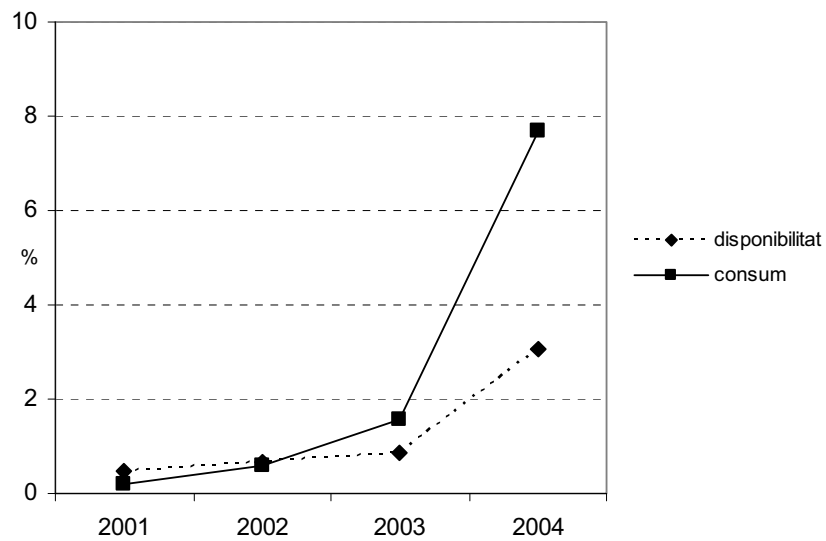


Figura 41. Relació entre disponibilitat i consum al grup dels heteròpters (altament significatiu, $S_r = 1.0$, $P < 0.01$).

Pel que fa referència als himenòpters (excepte formigues), la disponibilitat i consum presenten uns percentatges similars al 2001, després a l'any següent el consum està per sota de la disponibilitat i al 2003 el consum i la disponibilitat presenten una certa relació augmentant els dos paràmetres, encara que la disponibilitat ho fa de forma més manifesta. De tota manera al 2004 la disponibilitat decreix bruscament i es troba molt per sota del consum que continua augmentant respecte a l'any anterior (figura 42).

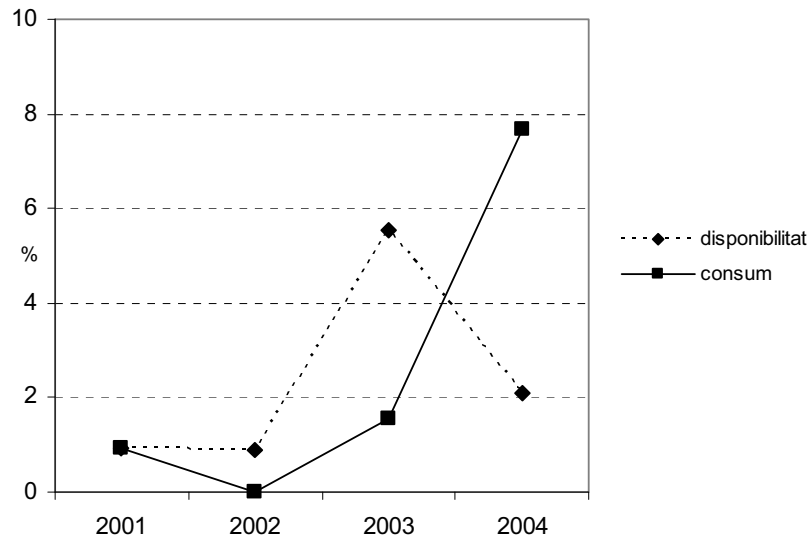


Figura 42. Relació entre disponibilitat i consum al grup dels himenòpters (n. s.)

En el cas del homòpters la disponibilitat i el consum segueixen una certa relació durant els tres primers anys amb alts i baixos, en el sentit que quan augmenta la disponibilitat augmenta també el consum, a excepció del darrer any en el qual la disponibilitat torna a augmentar, però el consum es manté en valors nuls (2004) (figura 43).

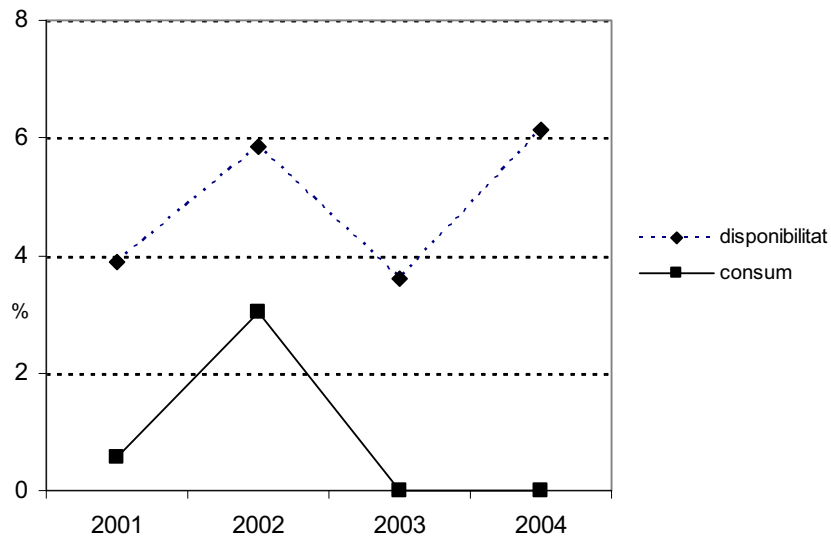


Figura 43. Relació entre disponibilitat i consum al grup dels homòpters (n. s.)

Pel que fa referència al opilions i ortòpters la relació entre disponibilitat i consum no sembla seguir cap patró aparent durant els quatre anys d'estudi (Figures 44 i 45). Tot i que la disponibilitat augmenta en els dos grups, el consum és molt variable en el cas dels opilions, i en el cas dels ortòpters el consum es manté estable durant els tres primers anys.

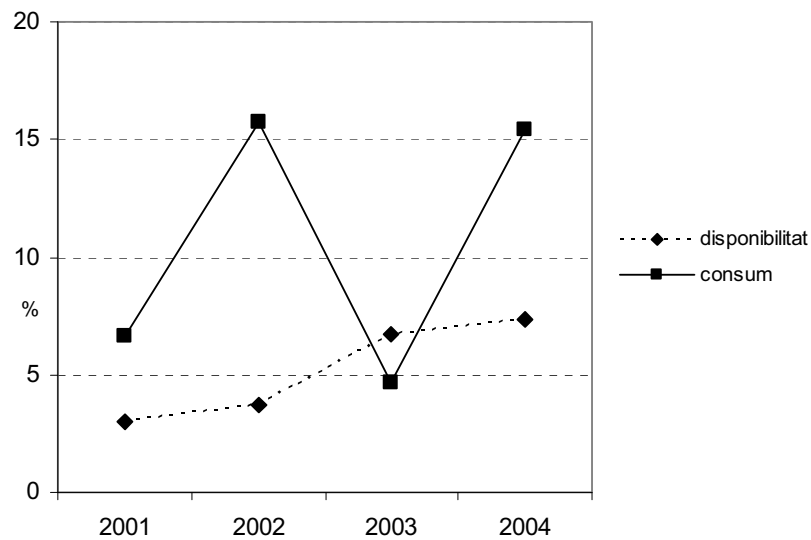


Figura 44. Relació entre disponibilitat i consum al grup dels opilions (n. s.).

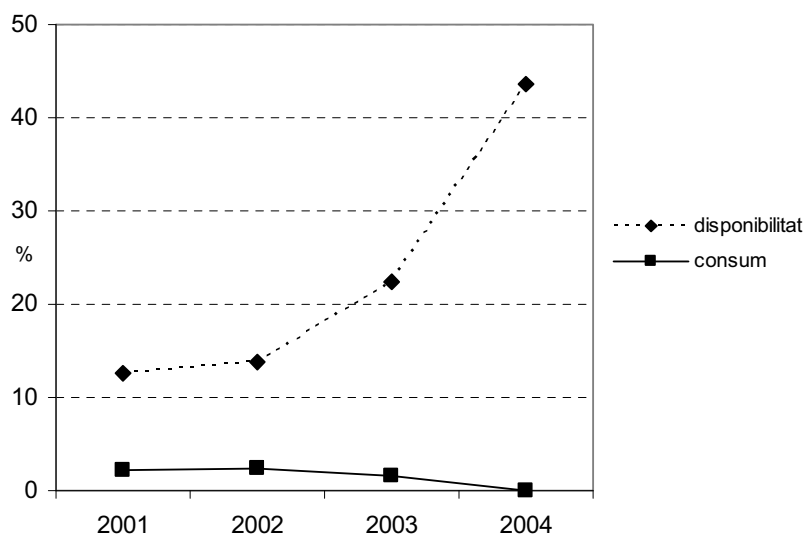


Figura 45. Relació entre disponibilitat i consum al grup dels ortòpters (n. s.).

3.3.2.2. Relacions intergrups d'artròpodes.

Els grups importants que augmenten la seva disponibilitat durant el període de 4 anys són els heteròpters i els opilions, però no ho fan tan clarament com els ortòpters. Pel que fa a les disminucions de la disponibilitat les formigues són el grup que disminueix més clarament, encara que les aranyes també disminueixen els tres darrers anys.

D'entre les relacions entre els grups que augmenten i disminueixen durant el període d'estudi destaca les variacions de la disponibilitat de formigues respecte a la disponibilitat d'ortòpters (Figura 46). Aquests dos grups presenten una correlació negativa, en el sentit de disminuir la disponibilitat de formigues en relació a un augment de la disponibilitat d'ortòpters. La relació es significativa (Spearman, $S_r = -1.00$, $P < 0.01$).

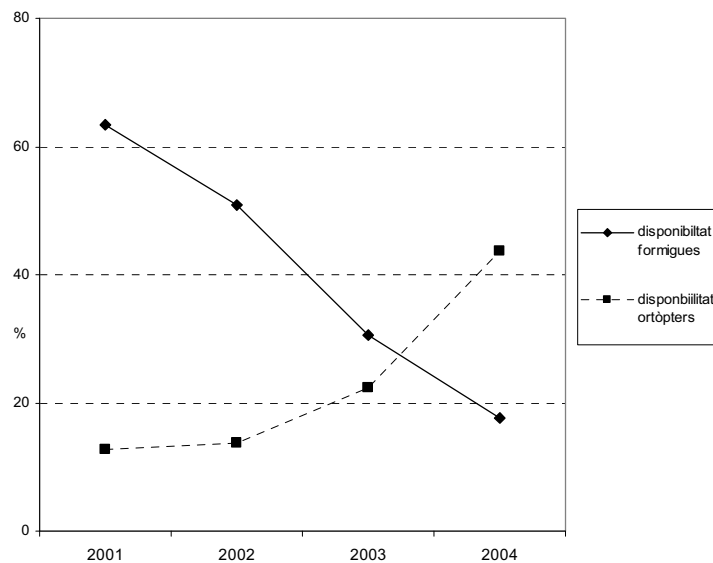


Figura 46. Relació interanual entre la disponibilitat de formigues i la disponibilitat d'ortòpters (significatiu, $S_r = -1.00$, $P < 0.01$).

3.3.2.3. Relacions dels grups d'artròpodes amb el número de polls i/o èxit reproductor.

La disponibilitat d'aliment pot ser una de les maneres d'establir les condicions òptimes de creixement dels polls de gall fer i del nombre de polls per pollicada. Encara que sovint s'utilitza l'èxit reproductor (relació nombre de femelles / nombre de polls) com a indicador de l'estat de reproducció, també pot ser útil prendre únicament el nombre de polls de la temporada en qüestió sense relacionar-ho amb el nombre de femelles, per determinar l'èxit d'una temporada en concret, si més no alhora de relacionar-ho amb la disponibilitat d'aliment. Per tal de valorar aquest aspecte, s'ha calculat per un costat la relació que hi pot haver entre el nombre de polls de gall fer amb la disponibilitat dels grups d'artròpodes seleccionats i després, els mateixos valors de la disponibilitat s'ha relacionat amb l'èxit reproductor. Finalment també s'ha calculat la relació d'aquests grups seleccionats disponibles amb la mitja dels valors de l'èxit reproductor per valorar quins paràmetres poden ser més útils com indicador de la relació entre la disponibilitat d'aliment i la presència de polls de gall fer.

De tots el grups d'artròpodes considerats el grup de les formigues és l'únic que presenta una relació clara amb el número de polls i/o l'èxit reproductor. La disminució del nombre de formigues està relacionada amb el descens del nombre de polls, tot i que els darrers dos anys el nombre de polls es manté estable però amb valors molt baixos i la disponibilitat de formigues continua disminuint en aquest període.

D'altra banda, l'èxit reproductor no sembla tenir gaire relació amb la disponibilitat de formigues (Figura 47).

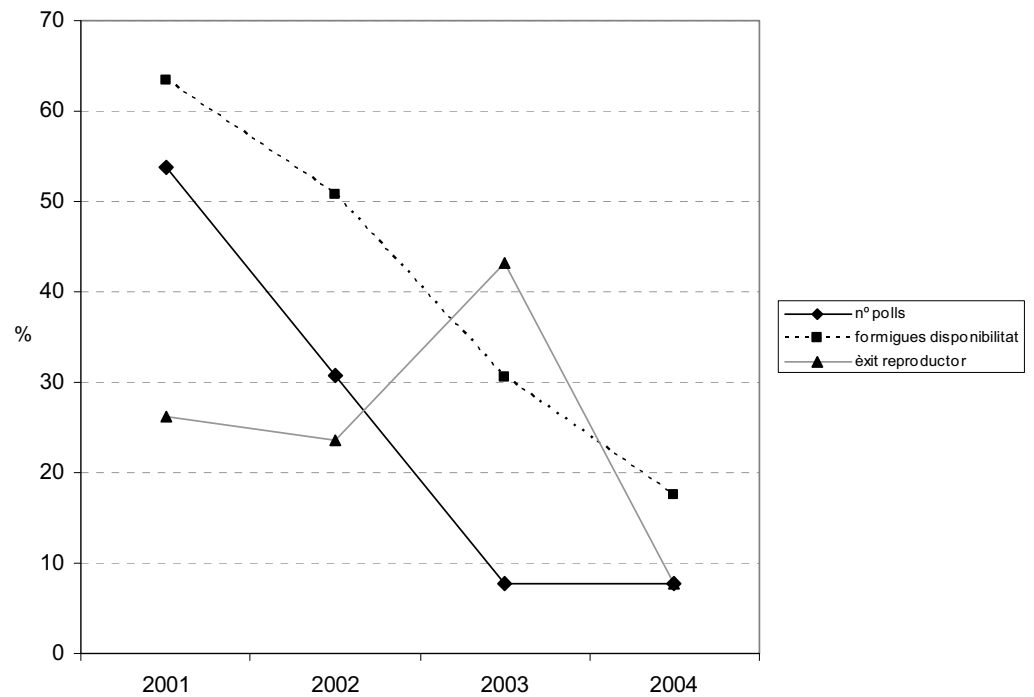


Figura 47. Relació interanual entre el nombre de polls, l'èxit reproductor i la disponibilitat de formigues.

De tota manera, si prenem la mitja del nombre de polls i l'èxit reproductor, trobem que sí està correlacionat positivament amb la disponibilitat de formigues ($S_r = 1.0$, $P < 0.01$) i presenta correlació negativa amb la disponibilitat d'ortòpters ($S_r = -1.0$, $P < 0.01$) (Figura 48).

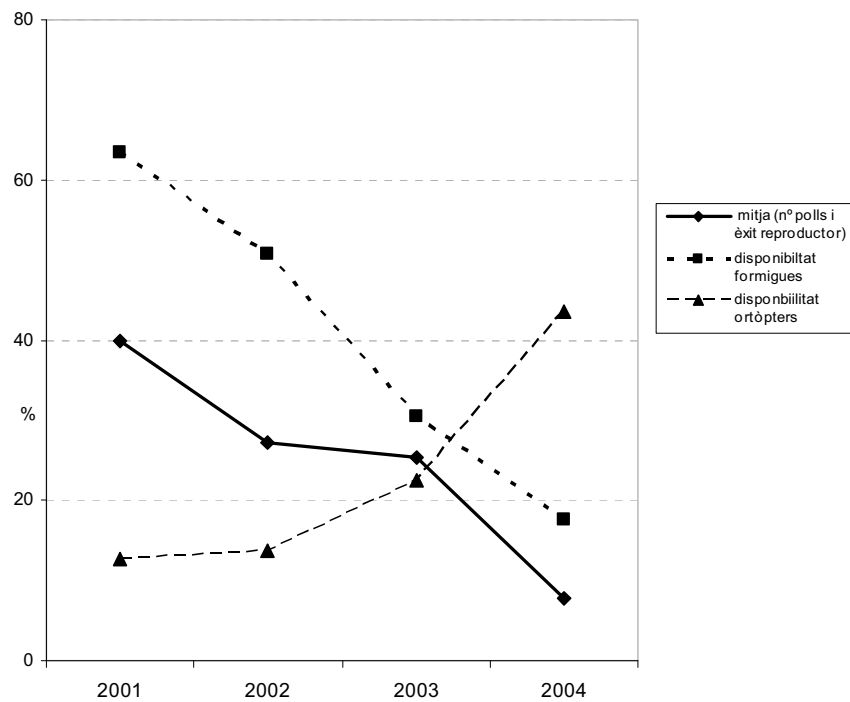


Figura 48. Relació interanual entre la mitja del nombre de polls i l'èxit reproductor amb la disponibilitat de formigues.

3.4. Discussió.

Pel que fa referència als grups d'artròpodes, la pluviometria i les temperatures mitges del mes de juliol són els paràmetres que expliquen millor les variacions interanuals de disponibilitat a l'àrea d'estudi. Les variacions de la climatologia detectades en les zones de gall fer coincideixen amb una disminució de l'èxit reproductor d'aquesta espècie. De tota manera no acaba de quedar clar a nivell general, quines són les variables concretes que determinen aquests canvis. A l'àrea d'estudi, les precipitacions mitges dels quatre anys han passat de ser més altes al juliol durant el primer any a presentar una pluviometria similar al darrer any d'estudi (2004) amb una tendència global de disminució de la pluviometria a partir del segon any. Pel que fa referència a les temperatures hi ha un increment durant els quatre anys de les mitges de juliol i agost. Aquestes variacions de pluviometria

i temperatura durant els quatre anys d'estudi, coincideixen amb la tendència general de les estacions meteorològiques properes durant els darrers 15 anys.

Encara que en altres estudis s'han trobat variacions i alteracions del clima amb una tendència a l'escalfament i disminució de la pluviometria, les explicacions varien segons les diferents zones i característiques del clima local. El que si que sembla quedar clar és que el canvi climàtic afecta d'una manera o d'una altra a l'èxit reproductor del gall fer a les diferents zones, inclosa les poblacions de Tornafort i l'Orri.

En el nostre cas la variable que s'ha trobat relacionada amb la disponibilitat d'aliment ha estat les precipitacions de juliol, la qual coincideixen amb les variacions de la disponibilitat durant el període 2001-2004. La disminució de la pluviometria de juliol a partir del 2002, fa que la disponibilitat d'aliment disminueixi, sobretot pel que fa referència a les formigues.

Respecte a les variacions interanuals de disponibilitat i consum de cada grup, destaquen la disminució del consum de formigues en funció de la disponibilitat durant els quatre anys. Això es podria explicar pel tipus de vida colonial de les formigues. Quan la femella amb els polls detecten un formiguer o formigues desplaçant-se pel bosc, els polls de gall fer aprofiten aquest recurs per la gran abundància de formigues concentrades en un lloc concret, superant sempre el consum a la disponibilitat detectada en els mostrejos. Quan hi ha poques formigues, com és el cas del quart any (2004), probablement als polls de gall fer no els hi surt a compte cercar-les i desapareix sobtadament el consum d'aquests insectes.

Les erugues i els heteròpters presenten durant els quatre anys un consum per sobre de la disponibilitat. Els polls de gall fer, quan poden, consumeixen aquests dos grups de forma constant en funció de la disponibilitat encara que les disponibilitats siguin baixes.

Una relació a destacar durant els quatre anys és la disminució progressiva de la disponibilitat de formigues que ha anat acompanyada d'un augment de la disponibilitat d'ortòpters. Probablement aquest fet ha estat relacionat amb la disminució de la pluviometria i augment de les temperatures durant el mes de juliol. Un bosc sec i més càlid afavoreix als ortòpters i fa disminuir les poblacions de formigues que deixen de ser disponibles i baixa el seu consum, la qual cosa pot ser que contribueixi a la disminució de l'èxit reproductor del gall fer.

3.5. Conclusions.

1. La disminució de la pluviometria de juliol a partir del 2002 a la zona de l'Orri i Tornafort, fa que la disponibilitat d'aliment disminueixi, sobretot pel que fa referència a les formigues, amb una tendència cap a estius més llargs i secs.
2. La disminució progressiva de la disponibilitat de formigues ha anat acompanyada d'un augment de la disponibilitat d'ortòpters, probablement relacionat amb la disminució de la pluviometria i augment de les temperatures.
3. La disminució de l'èxit reproductor va lligada amb una disminució i consum de les formigues per part dels polls de gall fer.
4. Pel que fa als aspectes climàtics a llarg termini, durant els darrers 30 anys s'han mantingut les mitjanes de la temperatura a la zona d'estudi però s'ha produït una clara disminució de la pluviositat.

Capítol 4. Biomassa i/o ítems en els estudis de selecció ?

Capítol 4. Biomassa i/o ítems en els estudis de selecció ?

4.1. Introducció.

4.2. Material i mètodes generals per a la disponibilitat i consum.

4.3. Resultats.

4.3.1. Ítems o abundàncies disponibles.

4.3.2. Ítems o abundàncies consumides.

4.3.3. Selecció respecte als ítems o abundàncies.

4.3.4. Biomassa disponible.

4.3.5. Biomassa consumida.

4.3.6. Selecció respecte a la biomassa.

4.4. Discussió.

4.5. Conclusions.

4.1. Introducció.

En aquest capítol s'analitza la selecció des del punt de vista de l'abundància i de la biomassa, per tal d'intentar esbrinar si hi ha diferències entre els càlculs d'aquests dos paràmetres, tot discutint els resultats.

En els estudis de la dieta d'insectívors no s'inclouen habitualment els càlculs de la biomassa i si els de les abundàncies (VAN ZYL, 1994). Les interpretacions de la dieta es centren en els ítems o nombre d'unitats consumides (abundància) i la seva relació amb la disponibilitat. Tot i que en alguns casos les dades de consum es poden obtenir per observacions directes o recollida de mostres, no és tan freqüent que s'afegeixin en aquestes observacions, la biomassa de les preses (DOOLAN I MACDONALD, 1996; DE FRANCESCHI I BOAG, 1990).

En alguns estudis de la dieta de rapinyaires nocturns, el pes de les preses consumides es pot estimar calculant el pes mig per a totes les preses. Aquests

càlculs s'utilitzen per comparar dietes entre diferents espècies de rapinyaires, però no per selecció de recursos, ni per disponibilitat (MARTI, 1987).

Habitualment, l'abundància és el paràmetre utilitzat en els estudis ecològics dels artròpodes terrestres, encara que l'estudi de la biomassa seria un indicador millor del funcionament de les espècies dins d'una comunitat d'artròpodes. Les correlacions entre l'abundància de les espècies i la seva biomassa corresponent pot ser molt variable segons els grups d'artròpodes i segons la metodologia emprada (SAINT-GERMAIN et al., 2007).

A l'anàlisi de les comunitats d'artròpodes és necessari considerar cada vegada més els valors de la biomassa en front els valors de les abundàncies o ítems. En els darrers anys, s'incorpora més l'estudi de la biomassa en l'anàlisi de la biodiversitat dels artròpodes terrestres, sobretot quan es plantegen aspectes sobre el funcionament de les seves poblacions. Tenint en compte que els resultats poden variar segons la utilització dels ítems o el de les biomasses, és més recomanable estudiar els dos paràmetres conjuntament, els quals, a més a més, estan relacionats.

Quan s'estudia les comunitats d'artròpodes des del punt de vista de la biomassa, s'acostuma a utilitzar les equacions de conversió que no requereixen càlculs directes del pes dels exemplars d'artròpodes. El resultat d'aquestes aproximacions poden tenir un paper important en les interaccions tròfiques entre la disponibilitat i el consum, sempre i quan, s'apliquin les mateixes conversions (fórmules) per a tots els càlculs de la biomassa.

A més, els aspectes energètics que es deriven de les relacions tròfiques s'aproximen més als paràmetres de la biomassa que no pas al de les abundàncies. En el present cas, en el que les biomasses s'han calculat a partir de les longituds aproximades dels exemplars anotades durant els mostrejos d'artròpodes, les diferències en el càlculs serien evidents si s'utilitzes una altra

metodologia de mostreig, per exemple recollint les mostres i mesurar-les posteriorment.

En altres tipus d'estudis el tractament de les mostres es fa al laboratori. La biomassa d'artròpodes extrapolada a partir de la longitud del cos o d'alguna part del cos també està àmpliament documentada (ROGERS, et al., 1977; SAMPLE et al., 1993; SCHOENER, 1980; GOWING I RECHER, 1984 I HODAR, 1996 i 1997), encara que la seva aplicació, com ja s'ha comentat, s'ha utilitzat poques vegades per a determinar la disponibilitat de biomassa en els estudis de dieta, i en canvi si que s'ha utilitzat per conèixer el consum.

Per tal d'incorporar el concepte de biomassa en el present estudi, s'han calculat els pesos del consum i de la disponibilitat per a cada grup d'invertebrat i a partir d'aquestes dades s'ha calculat la selecció en funció de la biomassa. A banda d'això, com es fa habitualment, també s'ha calculat la selecció a partir dels ítems o abundàncies. Es planteja en aquest capítol la necessitat de combinar els estudis de la biomassa amb els estudis de les abundàncies o ítems, per tal d'intentar resoldre millor les qüestions sobre la dieta dels polls de gall fer i veure'n les diferències entre ambdues metodologies.

La selecció dels recursos és una eina bàsica per tal de comparar l'ús i la disponibilitat d'un recurs determinat. L'estudi de la selecció dels recursos es pot aplicar tant a la selecció d'hàbitat com a la selecció d'aliment.

El concepte de disponibilitat d'aliment pot variar segons la percepció de l'animal que està predant i pot ser que l'animal només seleccioni una part del total de les preses que l'investigador considera com a disponibles, per qüestions de comportament de l'espècie en concret que poden no ser tingudes en compte en el moment de realitzar el cens de la disponibilitat. També pot ser que les parcel·les escollides per establir la disponibilitat no siguin del tot utilitzades com a llocs d'alimentació per ser hàbitats excessivament oberts i que facin augmentar el risc de depredació de l'espècie que s'està alimentat.

També s'ha de tenir en compte altres tipus de interrelacions com són en alguns casos els individus dominants que poden desplaçar a altres individus. En aquest cas serien les femelles que acompanyen els polls i les seves relacions per escollir els territoris d'alimentació.

Pel que fa referència a l'ús (en el present cas, el consum d'artròpodes), els animals dels quals es prenen les dades a partir d'excrements o observacions directes representen una mostra de la població. També la recollida de mostres ha de ser durant un període de temps el més llarg possible i totes les mostres han de ser independents pels anàlisis de la dieta. Quan un recurs és bastant disponible però rarament utilitzat, és recomanable fer els anàlisis incloent i excloent aquest recurs per veure possibles diferències.

Un cop s'obtenen els dos valors, de disponibilitat i consum, és quan es pot aplicar els anàlisis de selecció. Com a conseqüència de la variabilitat entre individus, diferents animals (polls de gall fer) poden preferir i/o rebutjar diferents artròpodes. No és convenient pels anàlisis de selecció sumar el consum de diferents animals, perquè hi ha una pèrdua de la variabilitat. Per exemple, si un animal de forma independent rebutja un recurs, però un altre el prefereix, en els resultats s'observaria que queda com a neutre. Es podrien sumar quan es pot demostrar que no hi ha diferències entre individus. De tota manera també pot ser acceptable sumar-les, tot i que puguin haver diferències, quan hi ha poques dades.

Un dels primers aspectes que cal tenir en compte en els estudis de selecció és saber dissenyar la presa de dades i com tractar-les en referència a si es prenen els valors individualment o a nivell de població, encara que moltes vegades els inconvenients que es presenten durant el treball de camp poden alterar aquest disseny. Segons el treball de Thomas i Taylor (2006) existeixen quatre tipus principals de disseny en funció d'aquest aspecte:

- En el primer tipus de disseny el tractament de la disponibilitat i del consum o us es pren a nivell de la població, agrupant les dades. Això pot succeir quan els animals no són identificats individualment.
- El segon disseny utilitzat es el que compara l'ús de cada animal amb la disponibilitat mesurada a nivell de tota la població. En aquest cas es compara la disponibilitat per a cada animal amb la disponibilitat de recursos a nivell de tota la població.
- Un tercer disseny utilitza l'ús i la disponibilitat independentment per a cadascun dels animals.
- I finalment un quart tipus de disseny utilitzat és en el que els recursos es mesuren múltiples vegades per a cada animal i la disponibilitat és mesurada per a cada ús. És a dir, les mesures d'ús i disponibilitat són aparellades per a cada ús. La disponibilitat, definida per a cada ús, diferencia el disseny 4 del 3. En el present cas, és com si s'hagués establert una parcel·la de disponibilitat a la zona on es localitza cada excrement de gall fer.

A banda del disseny que es pot establir en la recollida de mostres per estudiar la selecció de recursos, es pot escollir diferents mètodes d'anàlisi de les dades que s'obtenen.

Hi ha diversos treballs que comparen aquests mètodes i les avantatges i inconvenients de cadascun (ALLDREDGE I RATTI, 1986 i 1992; ALLDREDGE I GRISWOLD, 2006; THOMAS I TAYLOR, 1990 i 2006). També s'indiquen les assumpcions que tenen cadascun dels mètodes (aspectes que s'han d'assumir per poder aplicar els diferents mètodes), encara que algunes d'aquestes assumpcions poden ser compartides.

D'entre les assumpcions que cal tenir en compte alhora d'aplicar el diferents mètodes són:

- Les mostres que es recullen són aleatòries i representatives de la població.
- El període de recollida de les mostres s'ha d'entendre com a suficient.
- La selecció de l'aliment disponible per un animal és independent de la selecció dels altres animals.
- Quan la disponibilitat es mesura per a tota una àrea d'estudi, aquesta és igual per a tots els animals.
- Hi ha la mateixa probabilitat d'alimentació en totes les parcel·les disponibles.

Els mètodes principals que s'utilitzen en els estudis de selecció de recursos, són el mètode de Neu et al. (1974), el mètode de Johnson (1980) i el Friedman (1937). El mètode de Neu et al. (1974) és el més potent i utilitzat. Es basa en l'aplicació de la Xi-quadrat i té dues hipòtesis nul·les: H_{01} , on l'ús es dona en proporció a la disponibilitat, considerant tots els recursos simultàniament. Si ja funciona aquesta hipòtesis ja no utilitza la següent que és H_{02} , on l'ús es dona en proporció a la disponibilitat, considerant cada recurs per separat.

El mètode de Johnson (1980), en el que la mida mostral és el número d'animals, i per tant assumeix que tots els animals seleccionen el mateix recurs. Per això, té el mateix pes en l'anàlisi un animal que ha consumit 10 vegades que un animal que ha consumit 100 vegades. Per aplicar aquest mètode ha d'haver més animals que

recursos disponibles. Té també dues hipòtesis nul·les: H_{01} , on la selecció és igual per a tots els recursos i H_{02} , on es comparen els recursos per parells de tal manera que la selecció d'un recurs "i" és igual que pel recurs "j". Primer fa un test de preferència, i després no determina quin tipus de recurs és seleccionat en relació a la seva disponibilitat, sinó que dóna el ranking d'ús de cada tipus de recurs. Té menys assumpcions que el mètode de Neu, i per això té menys robustesa estadística.

El darrer mètode més utilitzat és el de Friedman, que serveix per testar diferències en el percentatge de la disponibilitat i el percentatge d'ús de cada hàbitat per a determinar la selecció. Com el mètode de Johnson, la mida mostral és el número d'animals, i per tant assumeix que tots els animals seleccionen el mateix hàbitat. Té dues hipòtesis iguals molt semblants a les del mètode de Johnson.

4.2. Material i mètodes.

El disseny que s'ha escollit en funció de les mostres obtingudes per calcular la selecció ha estat el de fer el tractament de la disponibilitat i consum a nivell de la població (pollets de gall fer), agrupant les dades, com a conseqüència que no s'han pogut identificar els animals individualment. No s'ha pogut assegurar que els excrements pertanyin a individus diferents i les unitats utilitzades han estat els percentatges.

Un cop obtinguts els valors de biomassa de la disponibilitat i el consum, s'ha estudiat la possible selecció en l'alimentació dels polls de gall fer, utilitzant un programa informàtic, de la mateixa manera com s'ha fet amb les abundàncies: "Resource Selection for Windows" v. 1.0, 1998 (RSW). El mètode escollit ha estat el de NEU ET AL. (1974), per la major robustesa en front de la resta de mètodes, el qual compara l'ús (consum) en funció de la disponibilitat mitjançant la prova de X^2 per testar quines observacions de consum segueixen els patrons esperats en

funció de la disponibilitat. Quan la prova X^2 ($p < 0.0001$) detecta diferències significatives de l'ús en funció de la disponibilitat, s'utilitza l'estadístic *z de Bonferroni* per determinar quin recurs disponible s'utilitza més o menys freqüentment que l'esperat. També s'han comparat les proporcions de disponibilitat i consum de les abundàncies amb la disponibilitat i consum de les biomasses, mitjançant una ANOVA de dos factors amb mesures repetides.

S'han fet estimes de la biomassa consumida (pes sec) a partir de les mesures de la longitud de cada tipus de fragment present als excrements (HÓDAR, 1997). S'assumeix que els polls de gall fer han ingerit l'artròpode completament. Les regressions del pes del cos dels artròpodes consumits (pes sec en grams) s'ha calculat a partir de les longituds de les peces escollides per a cada grup (en mm), segons un model exponencial:

$$\text{Pes del cos} = a \times (\text{longitud de la peça})^b$$

On a i b són dos constant que varien segons el grup d'artròpode.

Els criteris que s'han seguit per a l'elecció del fragment representatiu de cada grup, s'ha fet en funció del màxim nombre de presència de cada tipus de peça en els excrements i de les fórmules disponibles ja utilitzades en treballs anteriors (HÓDAR, 1996 i 1997). En el cas que la peça escollida no concorda amb cap fórmula present a la bibliografia s'han fet càlculs de rectes de regressió de la peça en qüestió en relació a la peça utilitzada en les fórmules prèvies, com és el cas de formigues i coleòpters. En aquests dos grups s'ha determinat l'amplada del cap dels exemplars consumits a partir de les mandíbules, que són els fragments que s'han trobat als excrements, utilitzant exemplars recollits a l'àrea d'estudi ($n=20$) segons la fórmula:

$$y = a + b x$$

En el cas de les formigues i coleòpters, x = amplada del cap i y = longitud de la mandíbula. Les constants a i b s'obtenen mitjançant les mitges, i les desviacions típiques (S) de les mesures realitzades dels exemplars recol·lectats a l'àrea d'estudi (FOWLER I COHEN, 1999), essent: $b = S_y / S_x$ i $a = (y - b \cdot x)$

En el cas de les formigues també s'ha tingut en compte els resultats obtinguts en treballs previs sobre la biomassa de les formigues ibèriques (ESPADALER I GÓMEZ, 2002). Pel que fa referència als opilions, dels que no es disposa de fórmules per estimar la biomassa a partir de fragments, s'ha utilitzat la peça trobada als excrements (quel·les) per fer les estimes de la longitud total de cos mitjançant exemplars capturats a la zona d'estudi, per tal de poder aplicar posteriorment les equacions de regressió proposades per Hodar (1996). El tipus de fragments utilitzats i els valors de les constants " a " i " b ", queden representats a la taula 2.

Grup d'artròpode	Peça i mida utilitzada	a	b
aranyes	longitud quelícer	33.43	1.93
blàtids	amplada del cap	1.27	3.34
*coleòpters	amplada del cap i longitud mandíbula	1.25 / -14.13	3.56 / 1.18
*coleòpters larves	amplada del cap i longitud mandíbula	2.59 / -14.13	2.34 / 1.18
dípters	amplada del cap	0.65	2.52
erugues	amplada del cap	5.53	2.12
*formigues	amplada del cap i longitud mandíbula	0.55 / -64.48	2.55 / 1.86
heteròcers	amplada del cap	2.05	2.80
heteròpters	amplada del cap	3.86	2.66
himenòpters	amplada del cap	1.99	2.09
homòpters	amplada del cap	0.53	2.71
**opilions	longitud del cos i longitud quelícer	0.04/-2643.9	2.91/19.6
ortòpters	longitud mandíbula	20.43	3.05
ropalòcers	amplada del cap	1.63	2.79

Taula 2. Tipus de peça o fragment utilitzat per obtenir les estimes de les biomasses de cada grup d'artropode segons els valors obtinguts per Hodar, 1996 i 1997. S'indiquen els grups dels quals s'han obtingut el valors de les constants, a partir de mesures d'exemplars capturats a l'àrea d'estudi (*) i dels que no es tenien fórmules disponibles s'ha calculat la longitud total de l'exemplar a partir del fragment trobat als excrements (**).

Per tal de comparar el consum i observar si hi ha diferències entre els anys, s'ha utilitzat el test de Kruskal-Wallis. També s'ha aplicat un test no paramètric, U-Mann-Whitney, per detectar si hi ha diferències entre els consums dels dos massissos: L'Orri i Tornafort.

El resultat de les abundàncies per poder calcular la selecció mitjançant els ítems ja han estat calculats al Capítol 2, i els de la biomassa han estat calculats per aplicar la selecció en funció del pes.

4.3. Resultats.

En aquest apartat es presenten els resultats obtinguts primerament de les abundàncies, i després de les biomasses que representen aquestes abundàncies, per posteriorment per a cada aspecte indicar els valors de selecció.

4.3.1. Ítems o abundàncies disponibles.

Dels resultats que s'han obtingut a l'apartat 2.3.1 del Capítol 2, s'ha extret el percentatge per poder calcular la selecció a partir de les abundàncies. Els resultats es mostren a la figura 22 (Capítol 2).

Pel que fa referència a la disponibilitat total d'artròpodes durant el període d'estudi destaca el predomini de formigues en un 41.3 %, seguit d'ortòpters (20.5 %) i aranyes (9.0 %) (Figura 22). Els grups amb uns percentatges més baixos d'abundància són els coleòpters (adults) i les papallones (ropalòcers).

4.3.2. Ítems o abundàncies consumides.

Dels resultats que s'han obtingut a l'apartat 2.3.2 del Capítol 2, s'ha extret el percentatge de les abundàncies consumides per poder calcular la selecció. Els resultats es mostren a la figura 27 (Capítol 2).

Pel que fa al consum total, destaca l'alta proporció de formigues (Figura 27) consumides amb un 55.3 % respecte al total. Després hi ha com a ordres més consumits els coleòpters (11.5 %) i els opilions (10.6 %). Els blàtids, heteròcers i ropalòcers no han estat consumits, malgrat ser presents a la disponibilitat. Hi ha representats d'altres ordres que han estat consumits en molt baixa proporció, des del punt de vista de l'abundància, com són les larves de coleòpters, els dípters, les erugues, heteròpters, himenòpters i ortòpters.

4.3.3. Selecció respecte als ítems o abundàncies.

Si comparem els valors de disponibilitat en tant per cent, en front els de consum obtenim la selecció per l'aliment dels polls de gall fer (Figura 49).

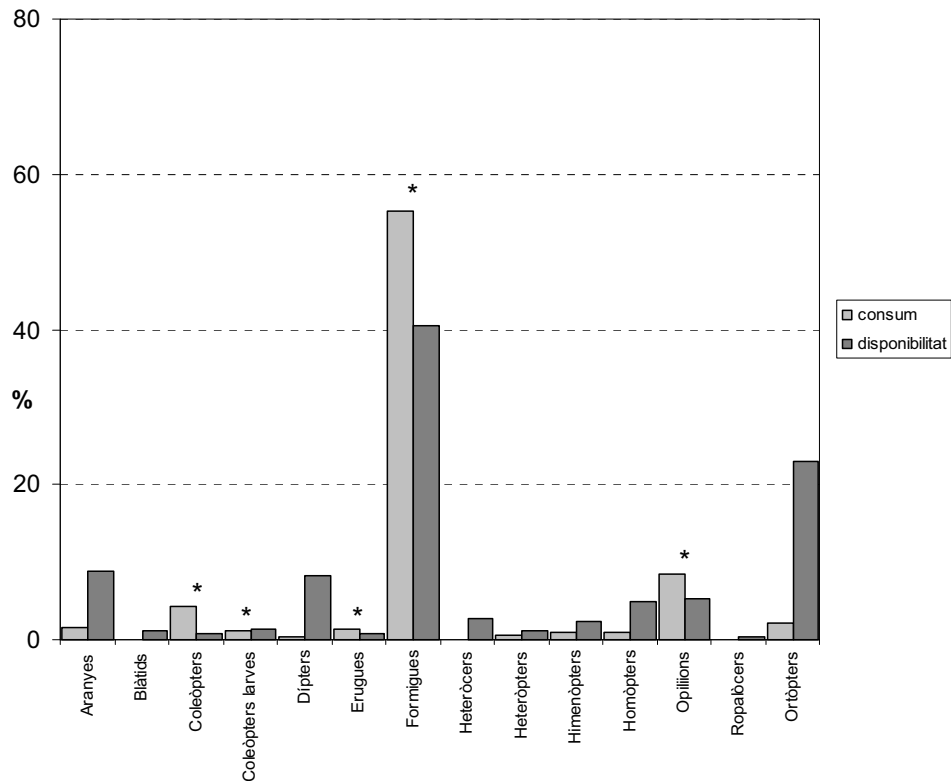


Figura 49. Percentatges de les abundàncies disponibles i consumides, especificant els grups d'artròpodes seleccionats positivament (*) ($P < 0.0001$).

Pel que fa a l'abundància, les anàlisis realitzades mitjançant el mètode de Neu et al. (1974) indiquen que els polls de gall fer a l'àrea d'estudi seleccionen amb un grau altament significatiu ($P < 0.0001$) coleòpters adults i larves, erugues, formigues i opilions. S'ha de tenir en compte que el valor del percentatge d'abundàncies disponibles de formigues és molt alt i malgrat això són seleccionades positivament. Els grups seleccionats amb valors més alts de disponibilitat són les formigues i els opilions. Pel que fa referència a les formigues són més abundants a les parcel·les 7, 8 i 10, les tres pertanyents al Massís de l'Orri i els opilions es troben més disponibles a les parcel·les 1, 7 i 8, la primera pertanyent al Massís de Tornafort i les altres dues al Massís de l'Orri. Les erugues i les larves de coleòpters també són seleccionades, encara que presenten uns percentatges baixos de disponibilitat i consum.

4.3.4. Biomassa disponible.

Pel que fa referència a la disponibilitat total de biomassa d'artròpodes durant el període d'estudi, destaca el predomini d'ortòpters amb un 72 %, seguit de les formigues amb uns valors molt més baixos (9.4 %) (Figura 50).

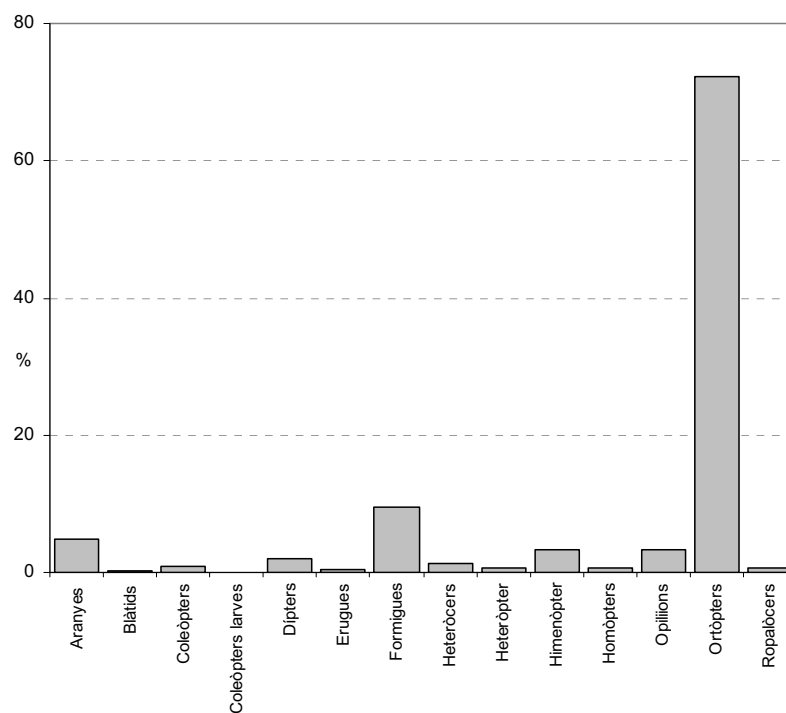


Figura 50. Disponibilitat total de les biomasses d'artròpodes representades en percentatges.

Respecte a les biomasses mitges totals, durant els anys estudiats disminueixen progressivament els tres primers anys i a diferència de les abundàncies, el darrer any trobem les biomasses mitges més altes (Figura 51).

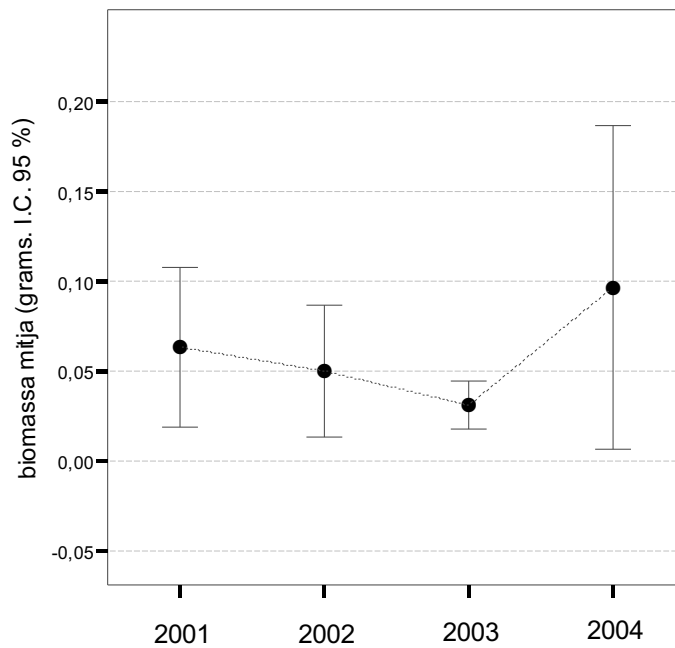


Figura 51. Representació gràfica de la biomassa mitja per anys i per tots els ordres (pes sec en grams, n = 280).

4.3.5. Biomassa consumida.

Respecte al consum de les biomasses d'artròpodes, destaca el consum d'ortòpters molt per sobre de la resta de grups amb un 50 % de la biomassa consumida (Figura 52). Després segueix en importància el consum de formigues i aranyes. Els coleòpters, les erugues i els opilions, tenen uns valors encara més baixos (per sota del 10 %).

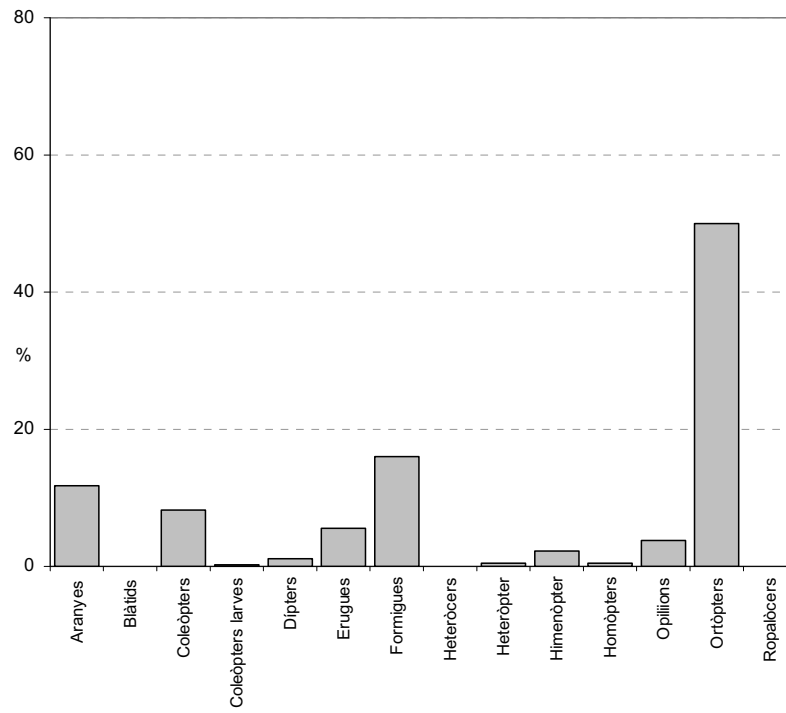


Figura 52. Consum I de les biomasses d'artròpodes pels polls de gall fer durant el període d'estudi (2001-2004) en percentatges.

4.3.3. Selecció per biomassa.

La selecció per l'aliment en funció de la biomassa disponible, s'obté comparant-ho amb la biomassa consumida (Figura 53).

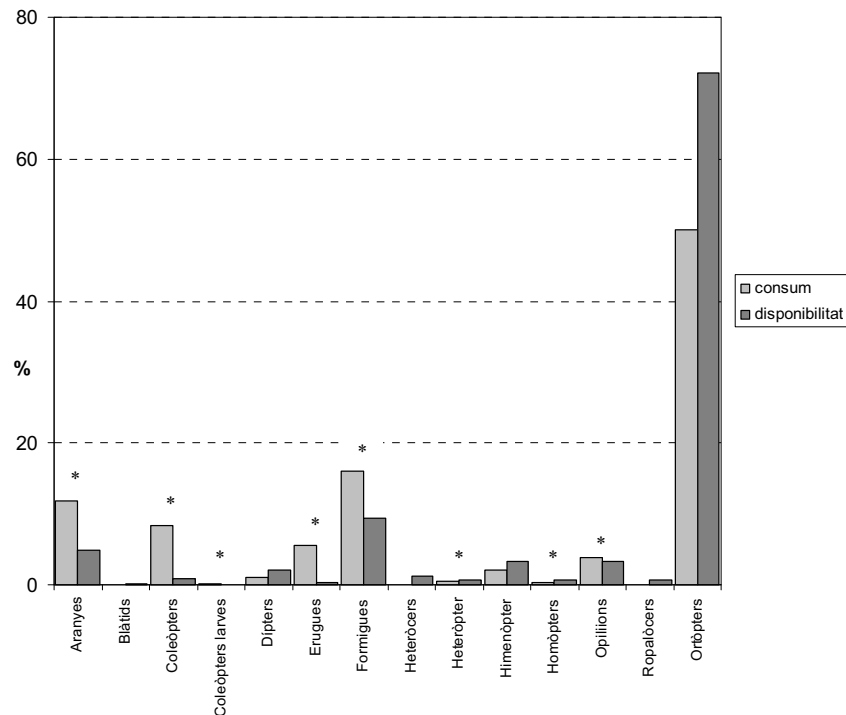


Figura 53. Percentatge de la biomassa disponible i consumida, indicant els grups seleccionats positivament (*) ($P < 0.0001$).

De la mateixa manera que s'ha fet amb les abundàncies, el tractament de les dades en funció de la biomassa a partir del mètode de Neu et. al. (1974) indica que els polls de gall fer a l'àrea d'estudi seleccionen amb un grau altament significatiu ($P < 0.0001$) aranyes, coleòpters larves i adults, erugues, formigues, heteròpters, homòpters i opilions. Els càlculs de la selecció per la biomassa confirma la selecció dels 5 grups des del punt de vista de les abundàncies i s'incorporen 3 grups nous d'artròpodes: aranyes, heteròpters i homòpters.

Pel que fa a l'anàlisi global de l'efecte dels factors biomassa i abundància en l'estudi de la selecció, no hi ha diferències significatives (ANOVA de dos factors amb mesures repetides, $P > 0.05$). Això vol dir que les proporcions relatives dels grups d'artròpodes en relació a les abundàncies, no presenten diferències significatives amb les proporcions relatives en relació a la biomassa, és a dir, sinó s'hagués aplicat el mètode de Neu et al. (1974), de forma complementaria, no s'hagués detectat diferències entre el plantejament de la selecció des del punt de vista de les abundàncies respecte a les biomasses.

Els grups seleccionats positivament (NEU et. al., 1974) pel que fa referència a les abundàncies i a la biomassa queden reflectits a la taula 3.

Grup d'artròpode	Grup seleccionat positivament	
	Abundàncies (ítems)	Biomassa
Aranyes		+++
Coleòpters	+++	+++
Coleòpters larves	+++	+++
Erugues	+++	+++
Formigues	+++	+++
Heteròpters		+++
Homòpters		+++
Opilions	+++	+++

Taula 3. Relació dels grups seleccionats positivament (+++).

Tots els grups seleccionats, des del punt de vista de les abundàncies, ho són per la biomassa, encara que n'hi ha 3, com són les aranyes, els heteròpters i els homòpters que són seleccionats només tenint en compte la biomassa.

4.3.6. Discussió.

La informació que s'obté de la utilització dels recursos per una espècie determinada pot indicar les associacions entre els animals que estem estudiant (en aquest cas els polls de gall fer) i el seu habitat (ALLDREDGE I GRISWOLD, 2006).

En el present cas les evidències en els resultats de la selecció que s'han obtingut són clares en el sentit de que existeix una relació positiva entre les dades de consum i les de disponibilitat. S'ha de tenir en compte que la utilització d'un recurs és selectiu quan aquest recurs s'utilitza de forma desproporcionada a la seva disponibilitat. Tota aquesta informació és el que es discuteix tot seguit.

En aquest apartat també es discuteix els resultats dels treballs realitzats fins ara i els aspectes que influencien en els resultats obtinguts de biomassa en el present estudi i la comparació amb els ítems o abundàncies. Les diferents metodologies i resultats figuren a la taula 4, on s'indiquen el tractament de les dades de consum, disponibilitat i selecció des del punt de vista de les abundàncies i de la biomassa. En estudis de la dieta dels polls de gall fer, realitzats fins ara (STUEN I SPIDSØ, 1988; BAINES et al., 1996; PICOZZI et al., 1999 i LAKKA I KOUKI, 2009) només es té en compte l'estudi de la disponibilitat de biomassa, però no de la selecció. A nivell general, es pot veure que els estudis que tenen en compte la biomassa són molt pocs, quan és un aspecte que pot donar molta informació en els estudis de la dieta d'insectívors. També cal observar que la selecció és un aspecte molt poc tractat, només s'hi troba l'estudi de Spidsø & Stuen (1988) que analitza les relacions entre el consum i la disponibilitat, però només des del punt de vista de les abundàncies. A diferència d'això en aquest estudi de les poblacions d'artròpodes a la dieta del

gall fer al Pirineu, s'han estudiat els aspectes de consum, disponibilitat i selecció des del punt de vista de l'abundància i de la biomassa.

En el present treball, els ortòpters són el grup d'artròpodes amb valors de disponibilitat de biomassa més alta, amb un 72 % sobre el total. Aquests valors tant alts contrasten amb els valors de les abundàncies on les diferències entre grups no són tant manifestes. Destaquen sobretot l'alta disponibilitat d'erugues als treballs realitzats a Escòcia (BAINES et AL., 1996; PICOZZI et AL., 1999 i SUMMERS et AL., 2004) i la dels Dípters i Hemípters en els treballs realitzats a Noruega (SPIDSØ I STUEN, 1988 i STUEN I SPIDSØ, 1988). El grup dels ortòpters és d'origen tropical i la majoria d'espècies es distribueixen pels països de clima més càlid. El caràcter mediterrani i els aspectes biogeogràfics de Catalunya fa que en aquest territori hi visquin unes 160 espècies d'ortòpters (OLMO-VIDAL, 2006), a diferència dels països nòrdics com Noruega, on hi viuen tant sols unes 30 espècies. La diversitat i riquesa de les espècies d'ortòpters va lligada amb les abundàncies i biomasses, per tractar-se d'insectes abundants i de mida i pes considerable. Aquesta biomassa important a algunes zones dels Pirineus contrasten amb les biomasses baixes en ortòpters dels països nòrdics amb temperatures molt més baixes i curta estacionalitat. En aquestes latituds més septentrionals el sotabosc amb nabiu presenta unes comunitats d'artròpodes dominades per erugues, dípters i himenòpters, on la presència d'ortòpters és molt baixa. Les diferències entre els climes de les àrees on viu el gall fer, sobretot entre les àrees més septentrionals en front les més meridionals, pot ser una explicació de les diferències en la seva alimentació, com a conseqüència de la presència de grups diferents d'artròpodes en funció del clima.

Pel que fa referència al consum en cap treball, fins ara de la dieta dels polls de gall fer, s'indiquen valors de biomassa, per tant tampoc no hi ha cap d'aquests estudis que tracti la selecció, des del punt de vista d'aquest paràmetre. En les zones estudiades en el nostre treball el consum d'ortòpters i formigues són els que presenten uns valors més alts. Les aranyes, els coleòpters, les erugues, les formigues i els heteròpters són els grups seleccionats pels polls de gall fer.

Un altre aspecte a tenir en compte és que un recurs seleccionat o molt utilitzat no vol dir que sigui vital per l'espècie. El que pot contribuir a explicar aquest aspecte és el fet de comprovar quins recursos són seleccionats des del punt de vista de les abundàncies i quins resultats donen el mateix grup respecte a la selecció des del punt de vista de la biomassa. En el present cas tots els grups seleccionats per les abundàncies ho han estat per la biomassa, en canvi alguns grups seleccionats per la biomassa no ho han estat per les abundàncies, com són les aranyes, els heteròpters i els homòpters.

Les proporcions de consum i disponibilitat des del punt de vista de les abundàncies i des del punt de vista de les biomasses, no presenta diferències significatives. Es podria pensar que en els anàlisis de selecció, els resultats serien els mateixos amb els dos paràmetres, biomassa i abundància. De tota manera un cop s'aplica el mètode de Neu et al. (1974), els resultats indiquen lleugeres diferències amb la incorporació de tres grups nous en la selecció mitjançant la biomassa que ja eren detectats a partir de les abundàncies.

La incorporació de l'estudi de la biomassa en el present cas, si que ens ajuda més a entendre els resultats pel que fa referència al consum d'alguns grups, com és el cas dels ortòpters, encara que no mostri gaires diferències en la selecció. És un grup no seleccionat, ni des del punt de vista de les abundàncies ni de les biomasses, però si que té una importància cabdal com aport de biomassa pels polls de gall fer. En canvi des del punt de vista de les abundàncies és un grup poc important en la dieta.

A banda de tot això, s'ha de tenir en compte també les variacions que poden haver en els resultats pel fet de considerar erròniament la disponibilitat com a un paràmetre estable. Es evident que la disponibilitat pot arribar a variar molt segons on es delimitin les parcel·les de mostreig. Com s'ha comentat en la introducció d'aquest capítol, el disseny utilitzat en aquest estudi ha estat considerar la disponibilitat i consum a nivell de població. Aquest disseny ha estat escollit pel

desconeixement previ del tipus de dieta que podien tenir els polls de gall fer a l'àrea d'estudi. Evidentment, un cop hi ha un coneixement d'aquesta dieta el disseny es pot adequar als artròpodes més importants per l'alimentació del gall fer. En aquest sentit, les formigues, que es distribueixen localment pel bosc, poden quedar infravalorades en el mostreig de la disponibilitat, sinó queda inclòs cap formiguer dins de la parcel·la d'estudi. Els nius observats a l'àrea d'estudi pertany al gènere *Formica* (s.str.) sp. del grup "*Formica rufa*". En les espècies d'alta muntanya que tenen un període curt d'activitat a l'any, un augment de temperatures pot anar en detriment del grau d'activitat fora del niu, no necessàriament de la supervivència de la colònia, la qual a nivell global té molta resistència pel fet de ser una comunitat social i tamponar molt bé èpoques dolentes; p.ex., es poden menjar les pròpies larves si la disponibilitat d'aliment o la impossibilitat de sortir més sovint a buscar menjar fa disminuir les seves captures. També poden optar per sortir en hores més favorables del dia si les condicions són adverses, per exemple només al crepuscle, fins que la temperatura de la nit sigui més fresca (Xavier Espadaler com. pers.). Aquestes variacions del comportament afecten a la disponibilitat de formigues a l'àrea d'estudi. També, les formigues encara podrien ser més abundants del que ha sortit reflexat en el present estudi i pot ser els valors de selecció haurien estat molt diferents amb un altre disseny de mostreig. Probablement, les femelles de gall fer reconeixen els formiguers i menen els polls cap a ells perquè se n'alimentin. Aquesta probable alteració dels resultats de selecció que s'han obtingut podrien haver estat com a conseqüència del comportament dels polls de gall fer en reconèixer els formiguers, a diferència de la resta d'artròpodes que es distribueixen més uniformement per les zones d'alimentació. Els resultats de selecció dels altres artròpodes, llevat de les formigues, s'avindrien més al disseny de mostreig de la disponibilitat que s'ha utilitzat en aquest treball a les zones d'alimentació dels polls de gall fer.

REFERÈNCIA	ABUNDÀNCIA					BIOMASSA				
	CONSUM		DISPONIBILITAT		SELECCIÓ	CONSUM		DISPONIBILITAT		SELECCIÓ
	Mètode	Resultats	Mètode	Resultats		Mètode	Resultats	Mètode	Resultats	
Noruega (Spidsø & Stuen, 1988) <i>Tetrao urogallus</i>	Human-imprinted, observacions directes	Formigues (45%) Hemíptera (13 %)	Mànega entomològica	Hemípters (25%) Dípters (24 %)	Formigues	-----	-----	-----	-----	-----
Noruega (Stuen & Spidsø, 1988) <i>Tetrao urogallus</i>	-----	-----	Mànega entomològica	Dípters (41 %) Himenòpters (15 %)	-----	-----	-----	Extrapolació a partir de la longitud	Dípters (37 %) Hemípters (36 %)	-----
Escòcia (Baines et al., 1996) <i>Tetrao tatrix, Tetrao urogallus</i>	Gossos ensinistrats, captura de polls sense recollir excrements	-----	Mànega entomològica	Erugues (90 %)	-----	-----	-----	Balança obtenció pes sec directe	Erugues (95 %)	-----
Escòcia (Picozzi et al., 1999) <i>Tetrao urogallus</i>	Radioseguiment gallines, recollida d'excrements	Erugues (45%)	Mànega entomològica	Erugues (~ 45 %)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Escòcia (Summers et al., 2004) <i>Tetrao urogallus</i>	Captura directa polls, radioseguiment i recollida d'excrements	Formigues (65 % presència) Coleòpters (51 % presència)	Mànega entomològica i paranys de caiguda	Erugues (36 %) Dípters (25 %)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Finlàndia (Lakka & Kouki, 2009) <i>Tetrao urogallus</i>	-----	-----	Mànega entomològica	Larves- erugues (13%)	-----	-----	-----	Balança obtenció pes sec directe	Larves-erugues (55%) Aranyes (16%)	-----
Pirineus (2011) <i>Tetrao urogallus</i>	Censos en batuda, recollida d'excrements	Formigues (55%) Coleòpters (11%)	Observacions directes	Formigues (41 %) Ortòpters (20%)	Formigues, Coleòpters i Erugues	Extrapolació a partir de la longitud	Ortòpters (50 %) Formigues (16 %)	Extrapolació a partir de la longitud	Ortòpters (72 %) Formigues (9%)	Aranyes, Coleòpters, Erugues, Formigues i Heteròpters

Taula 4. Diferents metodologies i resultats obtinguts dels treballs sobre la dieta dels polls de gall fer (les dades del present treball figuren a la fila inferior de color gris).

4.3.7. Conclusions.

1. Els ortòpters és el grup d'artròpodes amb una biomassa més alta de disponibilitat a les parcel·les del nostre estudi, amb un valor superior al 70 % de la biomassa disponible.
2. Els ortòpters i les formigues són els grups més consumits des del punt de vista de la biomassa.
3. Als Pirineus els ortòpters tenen una importància molt gran des del punt de vista de la biomassa a diferència dels treballs realitzats sobre la dieta dels polls de gall fer a Noruega, Finlàndia i Escòcia.
4. Les aranyes, heteròpters i homòpters no són seleccionats pels polls de gall fer des del punt de vista de les abundàncies, però sí de les biomasses.
5. El darrer any d'estudi (2004) es troben les abundàncies mitges més baixes i les biomasses mitges més altes.

Capítol 5. Importància de la vegetació en relació a la dieta dels polls de gall fer.

Capítol 5. Importància de la vegetació en relació a la dieta dels polls de gall fer.

5.1. Introducció.

5.2. Material i mètodes.

5.3. Resultats

5.3.1. Abundància vegetal.

5.3.2. Relació entre l'estrat arbustiu i els ordres d'artròpodes seleccionats.

5.4. Discussió.

5.5. Conclusions.

5.1. Introducció.

El gall fer és eminentment forestal i com a conseqüència d'això els estudis de vegetació en relació a aquesta espècie es centralitzen en aquests tipus de comunitats arbòries. Les poblacions de gall fer estan més influïdes per l'estructura del bosc que pel tipus d'associació forestal, encara que prefereix els boscos de coníferes (DEL HOYO, et al., 1994). Els boscos madurs d'aquest tipus tenen un ric sotabosc i són rics alhora en invertebrats amb una disponibilitat alta d'aliment pels polls i per als adults de gall fer (STUEN I SPIDSØ, 1988).

Les activitats humanes, d'entre les quals destaca l'explotació forestal, alteren la composició i l'estructura del sotabosc i conseqüentment les comunitats d'invertebrats queden molt reduïdes. D'altres alteracions del sotabosc poden estar produïdes pels herbívors salvatges com és el cas del cérvol (*Cervus elaphus*), que produeix una reducció dels brots i una disminució de les erugues que s'alimenten de nabiu de les que alhora s'alimenten els polls de gall fer (BAINES et al., 1996).

En estudis realitzats dels efectes de l'explotació forestal sobre el nabiu, s'ha detectat que l'abundància d'erugues (sobretot geomètrids) és més baixa a les àrees on hi ha explotació forestal que no pas a les àrees de bosc no tallades (ATLEGRIM I SJÖBERG, 1996 b). A més, les àrees tallades on el nabiu queda exposat a una major insolació, genera un alt contingut de carboni i de fenols, que fa disminuir indirectament el creixement de les erugues que s'alimenten del nabiu. També en aquestes zones més tallades, la neu que té un efecte positiu perquè protegeix del fred al nabiu, al fondre's abans que a les zones de boscos madurs on el nabiu roman protegit més temps per la neu, provoca la desaparició d'aquesta planta (ATLEGRIM I SJÖBERG, 1996 a). A més a més, com a conseqüència que els polls de gall fer van creixent i incorporant matèria vegetal a la seva dieta, la importància del nabiu s'incrementa com a aliment pel seu contingut en àcid ascòrbic. Alguns polls de gall fer que no troben suficients brots i fruits de nabiu durant les primeres setmanes de vida poden morir per deficiència de vitamina C (SPIDSØ I STUEN, 1988). Per tant, els estudis de la vegetació en relació a la biologia del gall fer i en concret a la importància que tenen en l'estudi de la seva dieta, es centren en l'estudi del sotabosc i les seves possibles alteracions.

Les relacions de la vegetació amb la dieta d'insectívors són importants des d'un punt de vista directe, en el sentit que una determinada comunitat vegetal presenta un tipus concret de comunitat d'invertebrats (LAKKA I KOUKI, 2009) i des d'un punt de vista indirecte, on la vegetació representa un indicador més de la influència d'altres condicions que intervenen en la dieta, com són el clima i la orientació del terreny (PICOZZI et al., 1999).

De tota manera, l'estudi de la vegetació en aquest tipus d'estudi moltes vegades és obviat o simplement englobat en el coneixement dels diferents tipus d'hàbitats que serveixen com a zones d'alimentació i investigats des del punt de vista de la selecció d'hàbitat (BAINES et al., 1996).

Les relacions entre aquesta espècie i el nabiu (*Vaccinium sp.*) són àmpliament conegudes. Els pollets de gall fer s'alimenten de diferents espècies de nabiu segons es recull al treball realitzat per Spidsø i Stuen (1988), encara que aquest treball és una mica "dirigit" en el sentit que s'alliberen els pollets a llocs ja determinats pels observadors i no en àrees que els pollets puguin seleccionar el tipus de vegetació que prefereixen. En aquest treball noruec hi ha tres espècies de nabiu: *Vaccinum myrtillus*, *V. uliginosum* i *V. vitis-idaea*, que presenten correlacions positives entre la seva cobertura i la biomassa d'invertebrats. Alguns treballs del nord d'Europa ja estan enfocats a esbrinar diferències en els recursos disponibles d'invertebrats des del punt de vista de les diferents espècies de nabiu (LAKKA I KOUKI, 2009).

La importància del nabiu s'estén a altres espècies de tetraònides com el gall fer del Canadà (*Dendragapus canadensis*) que l'utilitza com a principal font d'alimentació (DE FRANCESCHI I BOAG, 1990).

Per l'estudi de la dieta de les aus, l'estructura i composició de la vegetació estan considerades com uns factors a vegades més importants que no pas la disponibilitat d'aliment per si mateixa, tant des del punt de vista de l'accessibilitat d'aquest aliment, com per la influència que pugui tenir la vegetació en el desenvolupament d'una determinada comunitat d'artròpodes que poden formar part de la dieta. Per això, l'estudi de la disponibilitat d'aliment requereix un coneixement acurat de la vegetació que configura part de l'habitat on es produeix l'alimentació de l'espècie estudiada (HUTTO, 1990)

5.2. Material i mètodes.

L'estudi de la vegetació s'ha realitzat prioritzant els arbusts dominants a les zones de gall fer a les mateixes parcel·les que s'ha fet el seguiment de les abundàncies d'artròpodes.

Per estudiar aquesta estructura i composició de la vegetació, s'han escollit les espècies arbustives més abundants a la zona, dels quals s'ha comptat la freqüència de les espècies dominants, per tal de mesurar-ne l'abundància. Això s'ha fet utilitzant un quadrat de 1 m^2 , subdividit en 100 parts de 1 dm^2 cadascuna, el qual es col·loca sobre la vegetació i es compta el nombre de quadrats menors (1 dm^2) on està present una espècie vegetal determinada (MUELLER-DOMBOIS et al., 1974) (Figura 54). S'ha comptat la presència o absència de cadascuna de les espècies vegetals considerades (boixerola, ginebró, nabiu, neret, pi i roser), obtenint una mesura de l'abundància per parcel·la. S'han pres 22 observacions dels quadrats de 1 m^2 de superfície al llarg de les dues diagonals principals de cada parcel·la i per poder aplicar aquesta metodologia s'ha considerat que les espècies vegetals es distribueixen homogèniament per la parcel·la.

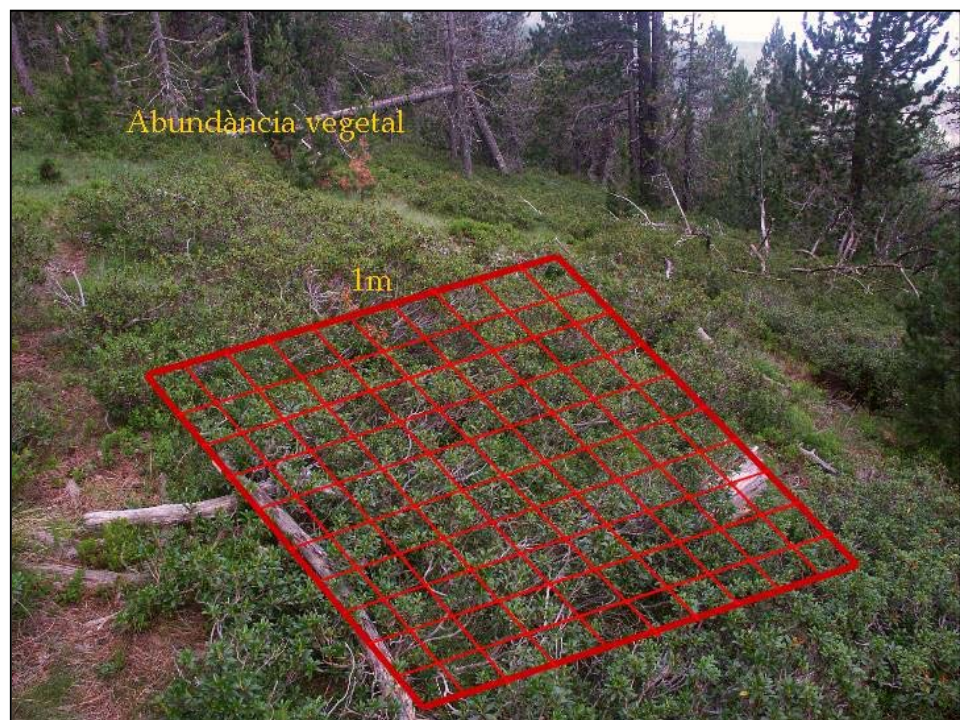


Figura 54. Quadrat de 1 m^2 , subdividit en 100 parts de 1 dm^2 cadascuna, el qual es col·loca sobre la vegetació per calcular les abundàncies vegetals.

Les mostres s'han pres al mes de juliol, el darrer any d'estudi (2004). S'ha fet servir el coeficient de correlació d'Spearman per veure quin tipus de relació existeix entre les abundàncies vegetals i els grups d'artròpodes seleccionats pels polls de gall fer, per tal de determinar si hi ha algun tipus concret de vegetació que indiqui la disponibilitat de preses seleccionades.

5.3. Resultats.

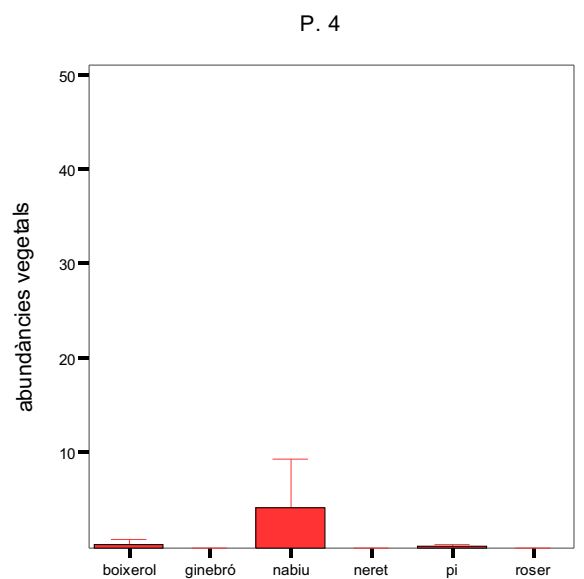
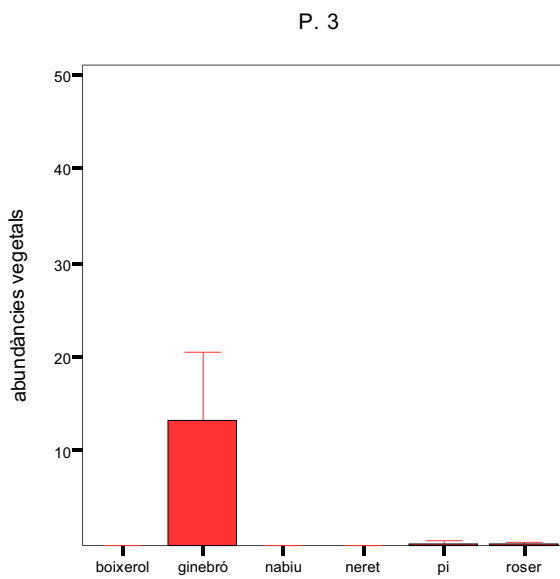
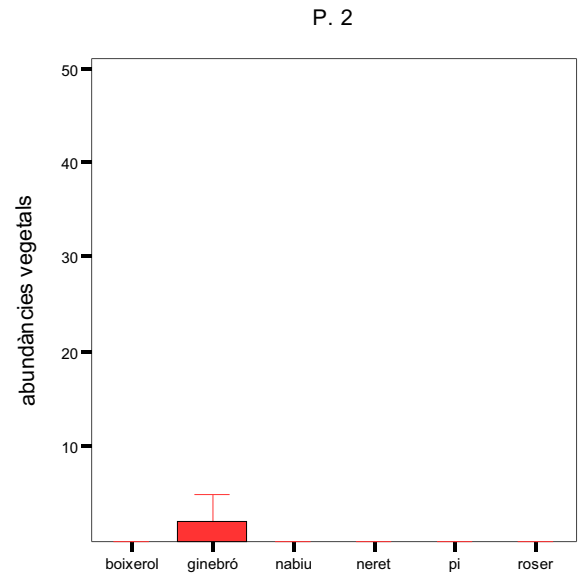
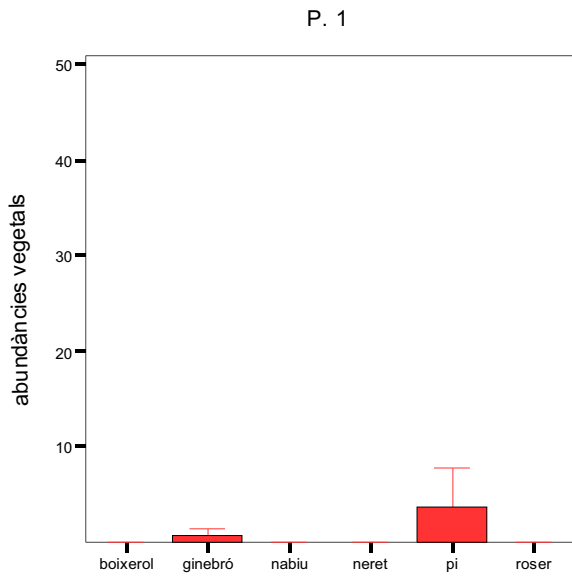
Les espècies vegetals trobades, pel que fa referència a arbusts i arbres de menys de 50 cm de port, son les següents: nabiu (*Vaccinium myrtillus*), boixerola (*Arctostaphylos uva-ursi*) (Figura 55), neret (*Rhododendron ferrugineum*), ginebró (*Juniperus communis*), roser silvestre (*Rosa sp.*), pi roig (*Pinus sylvestris*) i pi negre (*Pinus uncinata*). Les dues espècies de pi d'un port inferior als 50 cm, s'han englobat en una sola com a *Pinus sp.*



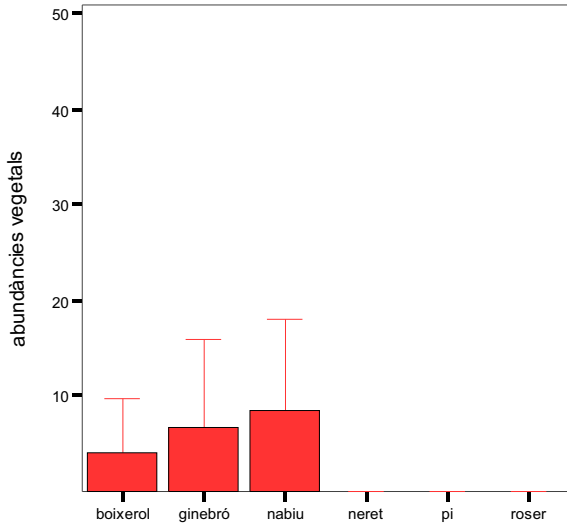
Figura 55. Les dues espècies vegetals més abundants a la zona d'estudi: Nabiu (*Vaccinium myrtillus*), pròpia d'avesoses i pinedes de pi negre, de terrenys silicis (a l'esquerra); Boixerola (*Arctostaphylos uva-ursi*) de terrenys secs i pobres, de boscos poc densos i ombrívols (a la dreta).

5.3.1. Abundància vegetal.

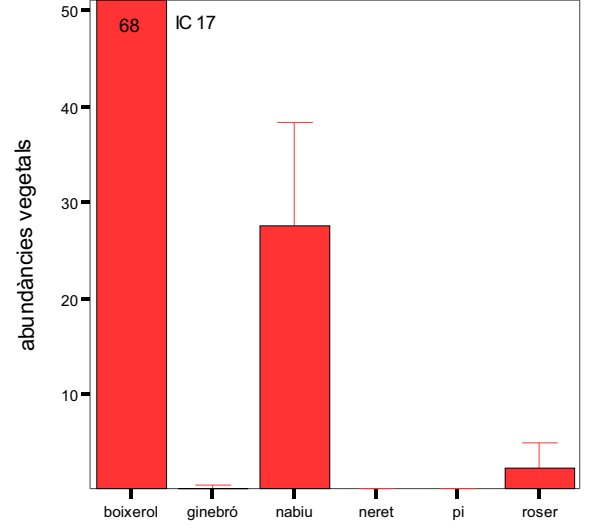
Les abundàncies vegetals mitges per parcel·la queden reflexades a les figura 56.



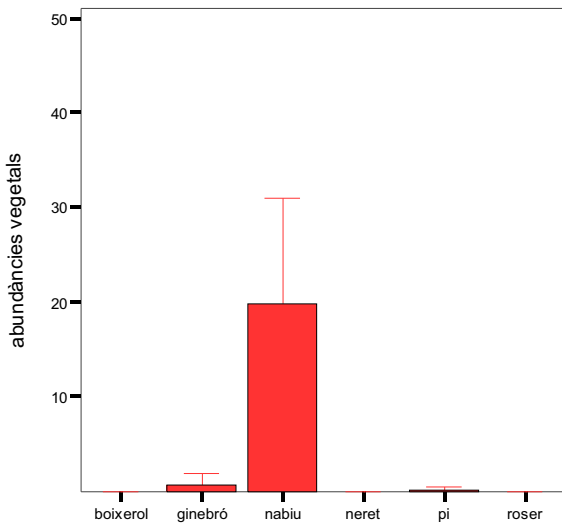
P. 5



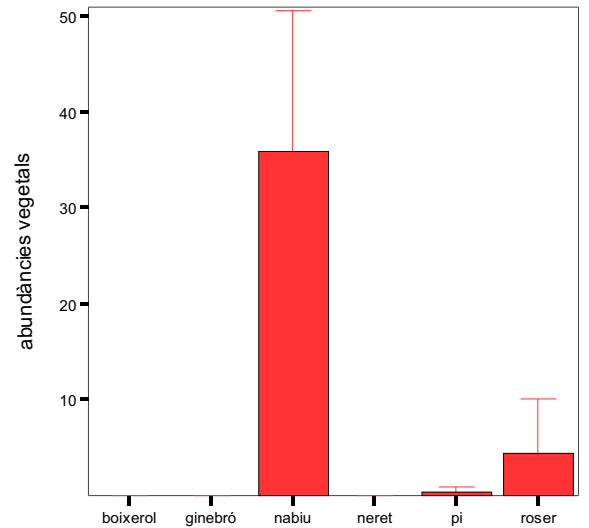
P. 6



P. 7



P.8



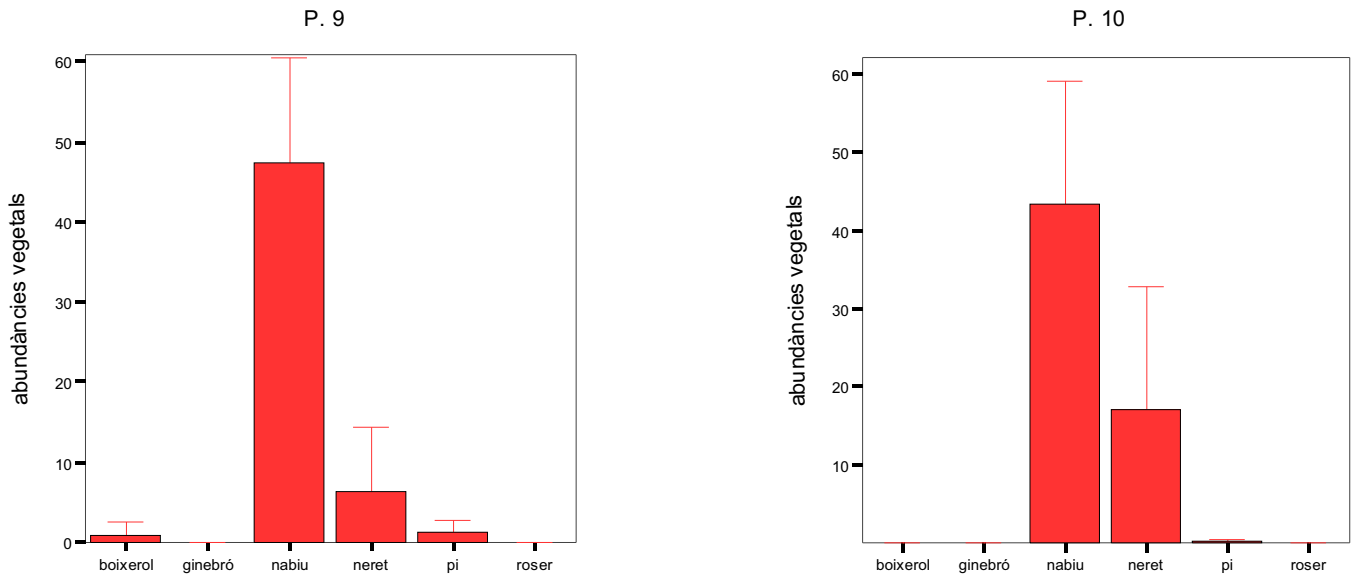


Figura 56 . Abundàncies mitges de la vegetació present al sotabosc de les parcel·les estudiades (interval de confiança al 95 %, n = 22) (P.1 - P.10). S'indica numèricament el valor de les abundàncies quan aquest supera l'escala establerta amb l'interval de confiança.

D'entre els resultats obtinguts destaca la presència del nabiu com a espècie dominant a 6 parcel·les (4, 5, 7, 8, 9 i 10). A les parcel·les 2 i 3 domina el ginebró. La boixerola és molt abundant ($\bar{X} = 68.0$, S.D.= 38.59, n =22) a la parcel·la 6 orientada al nord, l'única on domina aquest arbust. També és la parcel·la de cota més baixa de totes les estudiades (1.572 m.) i en la que segueix en abundància el nabiu. A la parcel·la 1 hi ha els pins de port (alçada) petit com a espècie dominant. La presència de neret només és present a les parcel·les 9 i 10, que són les de més altitud (entre els 1900 i 2000 metres).

5.3.2. Relació entre l'estrat arbustiu i els ordres seleccionats a la dieta dels polls.

A partir de les abundàncies vegetals s'ha calculat la relació existent entre aquestes i les abundàncies dels ordres d'artròpodes seleccionats: El coeficient de correlació d'Spearman (S_r) entre les abundàncies de formigues i les de nabiu (*Vaccinium myrtillus*) és altament significatiu ($S_r = 0.51$, $P < 0.001$) (Figura 57). També és estadísticament significatiu entre formigues - neret (*Rhododendron ferrugineum*) i formigues - pi (*Pinus sp.*), ($S_r = 0.26$, $P < 0.05$) i ($S_r = 0.25$, $P < 0.05$) respectivament. Per la resta de combinacions entre les abundàncies de les espècies vegetals i els ordres seleccionats les relacions mitjançant el coeficient de correlació són no significatives.



Figura 57. Formiguer envoltat de nabiu. L'abundància de formigues (seleccionades pels polls de gall fer) està correlacionada amb l'abundància de nabiu.

5.4. Discussió.

A l'àrea d'estudi l'espècie vegetal dominant és el nabiu, a les parcel·les on es present el gall fer. Aquests resultats coincideixen amb els de Spidsø i Stuen, 1988 en la majoria de parcel·les estudiades. Per aquests autors, en aquest estudi realitzat a Noruega, l'ús del nabiu com aliment varia segons l'edat dels polls. Durant la primera setmana de vida el 40 % de la matèria vegetal ingerida pels polls de gall fer són les flors de nabiu. De la segona a la quarta setmana la matèria vegetal ingerida es compon de fulles i fruits d'aquesta planta. A partir de les 5 setmanes i fins les 7 setmanes de vida dels polls, el consum de nabiu representa el 85 % del total de matèria vegetal consumida. Principalment durant aquestes primeres setmanes el consum de nabiu es concentra en els brots de les fulles i les flors, iniciant-se després el consum de fruits.

A la mateixa àrea d'estudi, l'abundància d'invertebrats com a disponibilitat pels polls de gall fer, es compara entre les zones explotades forestalment i les àrees de bosc madur. La disponibilitat d'invertebrats difereix molt segons els tipus de vegetació, essent de les més altes a les zones amb presència de nabiu (STUEN I SPIDSØ, 1988). També a l'estudi sobre selecció, les femelles amb polls seleccionen les zones amb predomini de nabiu per alimentar-se, les quals també presenten una biomassa alta d'invertebrats (SUMMERS et al., 2004). D'altra banda, Lakka i Kouki (2009) al seu estudi sobre els efectes de les poblacions d'invertebrats sobre la disminució de les poblacions de gall fer, centralitzen l'influència de la vegetació en dues zones dominades per diferents espècies de nabiu: *Vaccinium myrtillus* (la mateixa espècie que al present estudi) i *Vaccinium vitis-idaea* (no present a l'àrea d'estudi). En aquest treball realitzat a Finlàndia, hi ha una correlació positiva entre juvenils d'invertebrats (erugues, larves d'himenòpters i larves de coleòpters) i el nabiu.

També la importància del nabiu es fa manifesta al treball de Picozzi, et al. (1998), on aquesta planta, quan està disponible, és la més freqüent a la dieta dels polls de gall fer.

En el present treball, als Pirineus, les correlacions positives del nabiu estan relacionades amb l'abundància de formigues, encara que el percentatge vegetal i les diferents parts consumides de la planta no han estat tractades en el present estudi.

Als boscos del massís de l'Orri i de Tornafort, les abundàncies de nabiu estan correlacionades positivament amb l'abundància de formigues. També l'abundància de neret (*Rhododendron ferrugineum*) afavoreix la presència de formigues. En canvi en altres estudis, el nabiu està relacionat amb abundàncies altes d'erugues (Picozzi, et al., 1999). De tota manera, en tots els estudis realitzats fins ara on s'estudia la dieta dels polls de gall fer, els arbusts dominants al sotabosc són diferents de les espècies presents als Pirineus, amb l'excepció del nabiu. En tots aquests estudis realitzats als països nòrdics i a Escòcia, l'espècie dominant a part de nabiu és el bruc (*Calluna vulgaris*), poc freqüent a la nostra àrea d'estudi.

D'altra banda la boixerola (*Arctostaphylos uva-ursi*) i el ginebró (*Juniperus communis*) molt abundants a algunes parcel·les de l'àrea d'estudi, no es troba en cap dels treballs fins ara realitzats sobre la dieta dels polls de gall fer, encara que l'àrea de distribució d'aquestes plantes també inclouen aquests països: Escòcia, Noruega i Finlàndia.

Tots aquests treballs i les dades procedents de l'àrea d'estudi coincideixen en la importància del nabiu, tant des del punt de vista directa com a aliment, com des del punt de vista indirecte, per ser un planta on es troben molts invertebrats que són l'aliment dels polls de gall fer.

5.5. Conclusions.

1. El nabiu és l'espècie vegetal més abundant a les zones d'alimentació dels polls de gall fer , seguida de la boixerola i el ginebró.
2. L'abundància de nabiu està correlacionada positivament amb l'abundància de formigues.
3. Tot i que el nabiu és l'espècie dominant en tots els estudis realitzats sobre la dieta de gall fer, els arbusts dominants al sotabosc de les àrees d'alimentació als països nòrdics i a Escòcia són diferents, on predomina el bruc (*Calluna vulgaris*). D'altra banda la boixerola (*Arctostaphylos uva-ursi*) i el ginebró (*Juniperus communis*) molt abundants a algunes parcel·les de l'àrea d'estudi al Pirineu, no es troba en cap dels treballs fins ara realitzats sobre la dieta dels polls de gall fer, encara que l'àrea de distribució d'aquestes plantes també inclouen aquests països: Escòcia, Noruega i Finlàndia.
4. El nabiu és l'espècie vegetal més important en l'alimentació dels polls de gall fer, de forma directa perquè serveix d'aliment i de forma indirecta perquè és la zona on es troben majoritàriament formigues i altres invertebrats predats pels polls de gall fer.

Capítol 6. Idoneïtat de les zones d'alimentació dels polls de gall fer en funció dels resultats obtinguts.

Capítol 6. Idoneïtat de les zones d'alimentació dels polls de gall fer en funció dels resultats obtinguts.

6.1. Introducció.

6.2. Material i mètodes.

6.3. Resultats.

6.3.1. Diversitat de nínxol tròfic.

6.3.2. Relació entre les parcel·les en funció de la disponibilitat.

6.4. Discussió.

6.5. Conclusions.

6.1. Introducció.

Per tal d'englobar i introduir nous paràmetres que complementin la interpretació dels resultats obtinguts fins ara, s'ha incorporat l'estudi del nínxol tròfic i les relacions entre la disponibilitat de cada parcel·la. La finalitat d'aquest capítol és determinar millor quines són les zones d'alimentació més adients pels polls de gall fer.

S'ha estudiat la diversitat o amplitud de nínxol tròfic que és una mesura de l'extensió o diversitat de recursos utilitzats per una espècie determinada (MARTI, 1987). L'estudi d'aquest paràmetre contribueix a una comprensió millor dels hàbits alimentaris. Les espècies que tenen una diversitat més alta de nínxol tròfic anomenades oportunistes són numèricament més abundants que les de baixa diversitat alimentaria o especialistes. En alguns casos la baixa disponibilitat d'aliment pot conduir a les espècies a comportar-se com a més oportunistes o a ampliar el seu nínxol tròfic.

Altres aspectes que s'han tingut en compte han estat les característiques particulars de la disponibilitat de cada parcel·la i quina relació pot haver entre elles en funció de la composició dels artròpodes presents. Posteriorment per poder conèixer millor la idoneïtat de les parcel·les s'han afegit els valors ja calculats dels artròpodes i la vegetació dominant a cada parcel·la i s'han assignat puntuacions a les diferents característiques que es comenten a l'apartat de la discussió on s'estableix la seva idoneïtat.

6.2. Material i mètodes.

6.2.1. Diversitat de nínxol tròfic.

La forma més habitual de calcular la diversitat del nínxol tròfic és mitjançant l'índex de Shannon:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

on:

- S - número d'espècies (riquesa d'espècies)
- p_i - proporció d'individus de l'espècie i respecte al total d'individus (és a dir, l'abundància relativa de l'espècie i):

$$\frac{n_i}{N}$$

- n_i - número d'individus de la espècie i
- N - número de tots els individus de totes les espècies.

En el cas dels polls de gall fer, la utilitat del càlcul de la diversitat de nínxol tròfic pot indicar les possibles diferències entre l'alimentació d'un massís i un altre o entre els diferents anys d'estudi, sempre de forma comparada.

6.2.2. Relació entre les parcel·les en funció de la disponibilitat.

Per conèixer les relacions entre parcel·les a partir de l'abundància d'artròpodes s'ha elaborat un dendograma utilitzant el mètode d'associació UPGMA, amb els quals es pot establir diferents grups de parcel·les.

6.3. Resultats.

6.3.1. Diversitat de nínxol tròfic.

Si es compara la diversitat de nínxol tròfic utilitzant l'índex de Shannon entre els massissos de l'Orri i Tornafort, es veu que la diversitat respecte al consum és menor al massís de l'Orri ($H' = 0.87$) que no pas al de Tornafort ($H' = 1.32$). El consum de preses al massís de Tornafort és més heterogeni (més divers) que al massís de l'Orri.

Pel que fa referència a la disponibilitat dels recursos al massís de Tornafort la diversitat de preses ($H' = 1.19$) és només lleugerament superior a la de l'Orri ($H' = 1.01$). La disponibilitat d'aliment als dos massissos presenta valors molt similars respecte a la diversitat de preses potencials i en canvi el consum al massís de Tornafort és molt més heterogeni i diversificat que al massís de l'Orri.

Pel que fa referència a la diversitat de nínxol tròfic a nivell general, el consum es manté molt constant durant els primers tres anys ($H' = 0.48$, $H' = 0.45$ i $H' = 0.48$ consecutivament) i només augmenta al 2004 ($H' = 0.77$) (Figura 58). La diversitat de les preses disponibles augmenta lleugerament durant els tres primers anys i el 2004 baixa una mica.

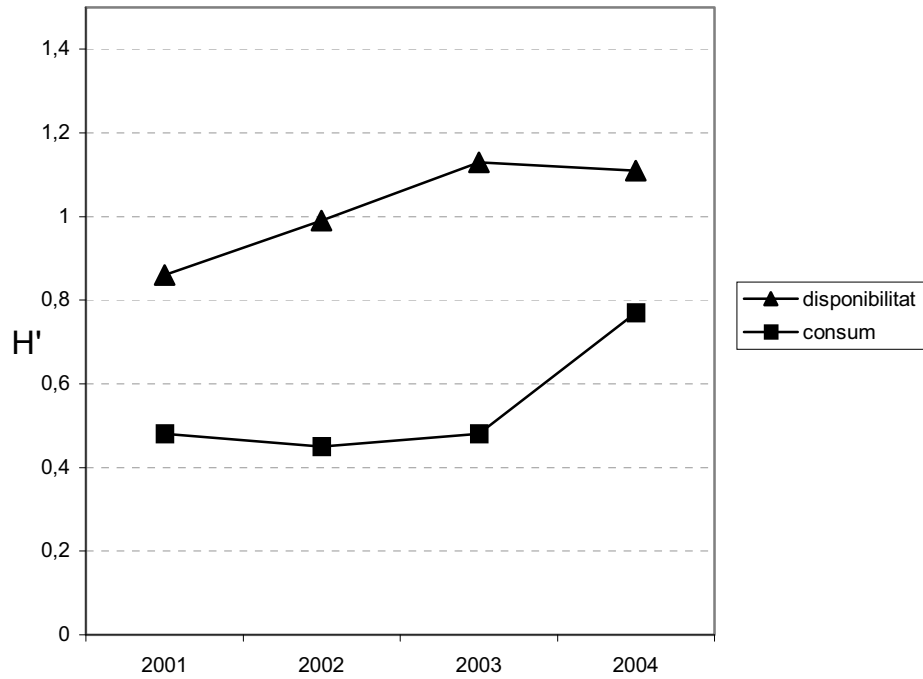


Figura 58. Variacions de les diversitats de consum (nínxol tròfic) i disponibilitat al llarg dels quatre anys d'estudi per tots els excrements i parcel·les.

6.3.2. Relació entre les parcel·les en funció de la disponibilitat.

Els resultats del diagrama de similitud obtingut ha estat el següent (Figura 59):

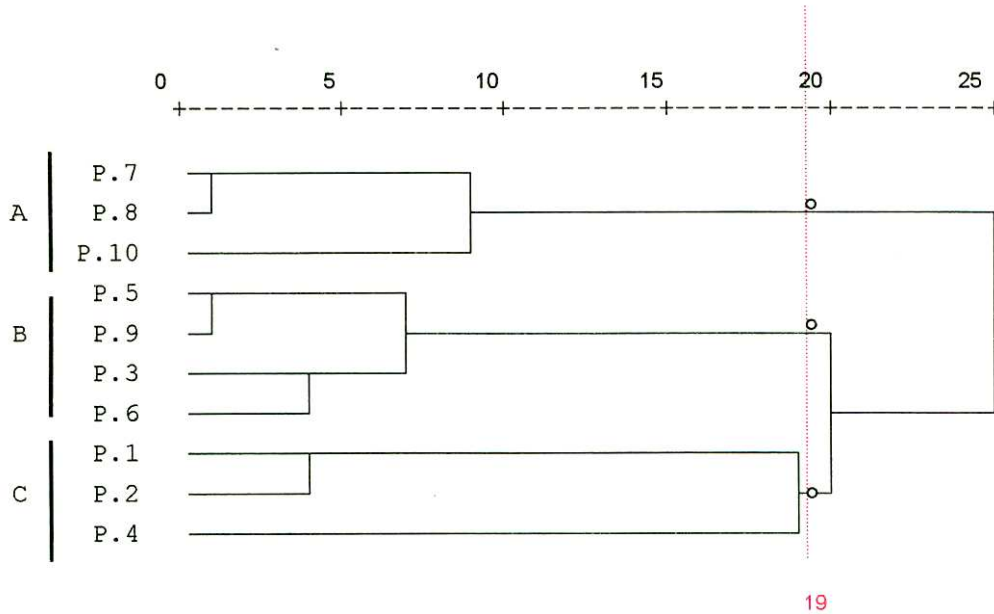


Figura 59. Diagrama d'agregació utilitzant com a valors de similitud els percentatges de les abundàncies de cada ordre d'artròpode.

Prenent com a límit d'agregació el valor 19 de l'escala estandarditzada, es constaten 3 grups homogenis: A, B i C.

El grup A està format per les parcel·les:

P.7. Bosc de pi roig i pi negre amb nabiu i ginebró. Serrat d'Aulò. Orri.

P.8. Bosc de pi roig i pi negre amb nabiu i roser silvestre. Serrat d'Aulò. Orri.

P.10. Bosc obert de pi negre amb nabiu i neret. Riu Sec. Orri.

El grup B està format per les parcel·les:

P.5. Bosc obert de pi roig amb nabiu, ginebró i boixerola. Planells. Orri.

P.9. Bosc molt obert de pi negre amb nabiu, neret i boixerola. Riu Sec. Orri.

P.3. Bosc de solana de pi roig i ginebró. Puigforniu. Tornafort.

P.6. Bosc de pi roig amb boixerola i nabiu. Planells. Orri.

I el tercer grup, o grup C està format per les parcel·les:

P.1. Bosc obert de pi roig amb ginebró. Tornafort. Tornafort.

P.2. Bosc tancat de pi roig amb ginebró. Tornafort. Tornafort.

P.4. Bosc d'obaga de pi roig i pi negre amb nabiu i boixerola. Puigforniu. Tornafort.

Pel que fa referència al grup A, les parcel·les 7 i 8 presenten un grau d'agregació molt alt. Aquestes dues parcel·les es caracteritzen per tenir les abundàncies amb els valors totals més alts de formigues (174 exemplars per la P.7 i 61 exemplars per la P.8). En aquesta zona de bosc s'ha detectat la presència de nius de formigues del gènere *Formica sp.* Aquestes dues parcel·les estan relacionades amb la P.10 de Riu Sec, que és la tercera parcel·la que presenta els valors més alts d'abundància de formigues. Les parcel·les 7 i 8, que presenten més similituds, es caracteritzen principalment per estar formades per un bosc mixt de pi roig i pi negre i torbar-se a una cota inferior (al voltant dels 1.800 m. d'altitud) que no pas la parcel·la 10, que es troba formada per un bosc de pi negre i està situada a uns 2.000 m. d'altitud. Respecte al grup B, es formen dos subgrups. Per un costat les parcel·les 5 i 9, que presenten uns valors alts d'abundància d'ortòpters. D'altra banda les parcel·les 3 i 6 presenten uns valors uniformement baixos dels diferents grups d'artròpodes. Encara que les parcel·les 5 i 9 estan formades per un tipus de bosc diferent (pi roig la P.5 i pi negre la P.9), es considera que el que les relaciona és la predominància de nabiu al sotabosc i la condició de tractar-se de boscos oberts en ambdós casos. Finalment al grup C, les parcel·les 1 i 2 tenen unes abundàncies similars, destacant els valors d'abundància d'aranyes relativament alts. El que tenen en comú aquestes dues parcel·les és que ambdues estan formades per pi roig i ginebró, independentment que un és un bosc obert i l'altre tancat. Dins d'aquest grup s'hi troba la parcel·la 4 que és la que queda més separada de tota la resta, on hi ha un valors baixos d'ortòpters i formigues, i uns valors alts de dípters.

Respecte als massissos, cal destacar l'agrupació obtinguda entre les parcel·les del Massís de Tornafort per un costat (P.1, P.2 i P.4) i les del Massís de l'Orri per un altre costat, subdividits en 2 grups. De tota manera la parcel·la 3 de Tornafort

es troba més relacionada amb les parcel·les 5, 9 i 6 del Massís de l'Orri, encara que aquest grup està també vinculat amb un valor 20 de l'escala, amb el grup C de Tornafort.

A nivell general, independentment dels grups que es formen, les parcel·les amb un grau de similitud més alt són la parcel·la 7 i 8 d'un costat, i la parcel·la 5 i 9 per un altre. D'altra banda la parcel·la 4 és la que presenta unes similituds més baixes amb la resta de parcel·les.

6.4. Discussió.

Un cop estudiades les característiques de cada parcel·la, pel que fa referència sobretot a la vegetació, abundàncies i biomasses, es presenten els resultats globals d'aquests paràmetres amb el coneixement afegit del nínxol tròfic i de les relacions entre parcel·les (Taula 5).

codi parcel·la	coordenades u.t.m. (31T)		altitud	orientació	biomassa		H'	vegetals dominants sotabosc	artròpodes dominants (abundàncies)	parcel·les similars vs. artròpodes
	x	y			gr.	%				
	P1	345418			4690093	1.578 m.				
P2	345605	4690189	1.624 m.	W	4.22	11.26	0.99	ginebró	aranyes-dípters	P1
P3	348032	4690241	1.706 m.	NW	2.70	7.20	1.18	ginebró	ortòpters-aranyes	P6
P4	347846	4690257	1.675 m.	W	1.37	3.65	0.89	nabiu	dípters-formigues	---
P5	349169	4699476	1.578 m.	NW	7.64	20.37	0.77	nabiu-ginebró	ortòpters-homòpters	P9
P6	349172	4699379	1.572 m.	N	1.14	3.04	1.06	boixerola-nabiu	ortòpters-aranyes	P3
P7	351172	4699670	1.770 m.	NW	4.19	11.16	0.56	nabiu	formigues-dípters	P8
P8	351183	4699576	1.805 m.	NW	2.01	5.37	0.78	nabiu-roser	formigues-opilions	P7
P9	351455	4698943	1.979 m.	N	9.64	25.68	0.82	nabiu-neret	ortòpter-formigues	P5
P10	351444	4698812	2.007 m.	NW	3.43	9.14	1.02	nabiu-neret	formigues-ortòpters	---

Taula 5. Resum de les característiques de cada parcel·la.

Els paràmetres d'altitud, orientació i diversitat de la parcel·la no s'han considerat alhora de comparar les parcel·les i determinar la seva idoneïtat, però està clar que poden ser aspectes importants i influents.

Els resultats indiquen que la parcel·la amb un màxim de biomassa d'artròpodes és la P.9, amb un 25 % del total. A continuació hi ha la parcel·la 5 amb un 20 % (Figura 60). Les parcel·les que tenen unes biomasses menors són la 1, 4 i 6.

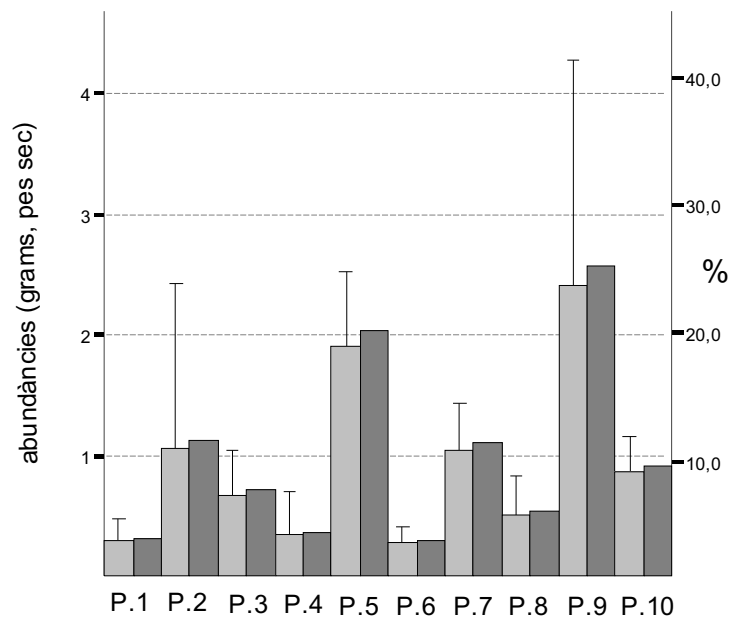


Figura 60. Biomasses disponibles a cada parcel·la de l'àrea d'estudi expressades en grams (pes sec) i en percentatges (n = 8).

Per tal de definir i discutir la idoneïtat de les parcel·les estudiades per la alimentació dels polls de gall fer, s'ha utilitzat la informació recollida fins ara. S'ha establert tres categories de idoneïtat:

1. òptima
2. molt bona
3. bona

S'ha de tenir en compte que totes les parcel·les, d'una manera o d'un altra, ja formen part de les zones d'alimentació dels polls de gall fer, per tant la categoria

considerada com a inferior ha estat considerada com a “bona”, la qual cosa vol dir que ja de per si és una parcel·la adient per l'alimentació dels polls de gall fer.

Les categories han estat valorades en funció dels paràmetres ja estudiats, com són les espècies seleccionades tant des del punt de vista de les abundàncies com de la biomassa, la vegetació del sotabosc i la biomassa total.

Pel que fa a les abundàncies, els grups seleccionats han estat: Coleòpters, Erugues, Formigues i Opilions.

Pel que fa a les biomasses, els grups seleccionats han estat: Aranyes, Coleòpters, Erugues, Formigues, Heteròpters, Homòpters i Opilions. També s'han valorat les relacions entre la vegetació i els ordres seleccionats, on el nabiu és l'estrat arbustiu més adient per l'alimentació dels polls de gall fer, per la seva relació amb la presència de formigues. A un nivell més baix, però també important es troba el neret. En el cas de la biomassa d'artròpodes i la presència de nabiu s'han fet rangs en funció dels tants per 1 de presència, sense les unitats i prenent les desenes. Per exemple la presència d'una espècie a una parcel·la del 26 %, s'ha pres com a valor 2. Per la selecció s'ha valorat com a 1, quan la espècie seleccionada és presenta a la parcel·la i com a 0 quan no és present.

Les parcel·les òptimes són les que tenen un valor igual o superior a 7 i les molt bones tenen un valor igual o superior a 4 i inferior a 7. Finalment, les parcel·les bones són la resta que tenen un valor inferior a 4 (Taula 6).

	sel. abundància	sel. biomassa	biomassa	nabiu	tot	idoneïtat
parcel·la 1	0	1	0	0	1	bona
parcel·la 2	0	1	1	0	2	bona
parcel·la 3	0	1	0	0	1	bona
parcel·la 4	1	1	0	0	2	bona
parcel·la 5	0	1	2	0	3	bona
parcel·la 6	0	1	0	2	3	bona
parcel·la 7	1	1	1	1	4	Molt bona
parcel·la 8	2	2	0	3	7	Òptima
parcel·la 9	1	1	2	4	8	Òptima
parcel·la 10	1	1	0	4	6	Molt bona

Taula 6. Idoneïtat de les parcel·les en funció de la selecció, la biomassa total i la vegetació present al sotabosc.

La descripció de les parcel·les segons la idoneïtat és la següent:

1. Bosc obert de pi roig i ginebró. Idoneïtat: bona.

Els principals artròpodes d'aquesta parcel·la són les aranyes i els dípters des del punt de vista de les abundàncies. En aquest sentit està relacionada amb la parcel·la 2, que tot i ser un tipus de bosc més obert, presenta també un bosc de pi roig i el sotabosc de ginebró. És de les parcel·les de cota més baixa, situada a 1.578 m. d'altitud. La seva biomassa és de les més baixes, amb 1.15 grams de pes sec, la qual cosa representa un 3 % del total.

2. Bosc tancat de pi roig i ginebró. Idoneïtat: bona.

Les abundàncies d'aquesta parcel·la estan representades principalment per les aranyes que dominen sobre la resta. La relació principal es produeix amb la parcel·la 1, amb la qual coincideix amb les tipus de vegetació, encara que a diferència d'aquesta no presenta pins petits al sotabosc com a conseqüència dels seu caràcter tancat. La seva biomassa és de les més altes amb 4.2 grams per parcel·la (11.2 %).

3. Bosc de solana de pi roig i ginebró. Idoneïtat: bona.

En aquesta parcel·la s'hi troben les màximes abundàncies en el grup dels ortòpters, com a conseqüència probablement de presentar poca cobertura, condició preferida per aquests insectes. És la parcel·la amb la diversitat més alta d'artròpodes ($H' = 1.18$). Després s'hi troben aranyes, formigues i opilions amb unes abundàncies similars. La parcel·la més similar a la parcel·la 3 pel que fa a les abundàncies és la parcel·la 6, en aquest cas només coincideix amb la composició de l'estrat arbori, el qual està format per pi roig. El sotabosc és diferent amb boixerola i nabiu a la parcel·la 6. Pel que fa a les biomasses no són gaire altes

amb 2.7 grams i un 7.2 % respecte al total.

4. Bosc d'obaga de pi roig i pi negre amb nabiu i boixerola. Idoneïtat: bona.

A la parcel·la 4 hi dominen els dípters, pel que fa referència a les abundàncies i després les formigues. És l'única parcel·la que no presenta cap afinitat directa amb cap altra pel que fa a les similituds en funció de les abundàncies d'artròpodes. Al sotabosc només hi ha una mica de nabiu i boixerola. Les biomasses són de les més baixes, juntament amb les parcel·les 1 i 6.

5. Bosc obert de pi roig amb nabiu, ginebró i boixerola. Idoneïtat: bona.

Els grups d'artròpodes més abundants en aquesta parcel·la són els ortòpters, encara que és un grup no seleccionat. Després abunden els homòpters i les formigues. Aquesta parcel·la es troba relacionada amb la parcel·la 9 amb una afinitat molt alta. Pel que fa a la vegetació presenta proporcions no molt altes de nabiu, ginebró i boixerola. Les biomasses són les segones més altes amb 7.6 grams i un 20 % sobre el total.

6. Bosc de pi roig amb boixerola i nabiu. Idoneïtat: bona.

Els grups més abundants són els ortòpters, aranyes i dípters en valors similars. Està relacionada amb la parcel·la 3. La parcel·la 6 és la que presenta unes abundàncies més altes amb diferència de boixerola, estan quasi la totalitat del sotabosc d'aquesta parcel·la recoberta d'aquest arbust. De tota manera també té importants densitats de nabiu com a espècie important relacionada amb abundàncies altes de formigues. Pel que fa a les biomasses presenta uns valors molt baixos.

7. Bosc de pi roig i pi negre amb nabiu i ginebró. Idoneïtat: molt bona.

Aquesta parcel·la presenta unes abundàncies molt altes de formigues. La resta d'artròpodes també estan molt ben representats com són els dípters, les aranyes i els opilions. És la parcel·la amb una diversitat més baixa d'artròpodes ($H' = 0.56$) i està fortament relacionada amb la parcel·la 8. Pel que fa referència al sotabosc, hi ha quasi exclusivament nabiu. Les seves biomasses són de 4.1 grams amb un 11 %.

8. Bosc de pi roig i pi negre amb nabiu i roser silvestre. Idoneïtat: **òptima.**

La parcel·la 8 presenta unes abundàncies altíssimes de formigues, que és el grup dominant. Després hi ha aranyes i opilions en les mateixes proporcions. La parcel·la més similar pel que fa a les abundàncies és la parcel·la 7. Al sotabosc hi domina el nabiu i en més baixes proporcions el roser. Pel que fa referència a les biomasses és de les parcel·les més baixes amb 2 grams i un 5 % del total.

9. Bosc molt obert de pi negre amb nabiu, neret i boixerola. Idoneïtat: **òptima.**

A aquesta parcel·la hi ha unes abundàncies molt altes d'ortòpters. Després segueixen les formigues, els homòpters i les aranyes. Està molt relacionada amb la parcel·la 5 pel que fa a les abundàncies d'artròpodes. El sotabosc està format principalment per nabiu en grans quantitats. Respecte a les biomasses s'hi troba el valor més alt de totes les parcel·les amb 9.6 grams i un 25 % del total.

10. Bosc obert de pi negre amb nabiu i neret . Idoneïtat: **molt bona.**

Els artròpodes més abundants en aquesta parcel·la són les formigues. Després també hi ha ben representades les aranyes i els ortòpters. Aquesta parcel·la està relativament relacionada amb el grup de les parcel·les 7 i 8, però no de forma directa. El sotabosc està format principalment per nabiu i neret. És la parcel·la que té en més altes proporcions aquests dos arbusts de forma conjunta. Pel que fa a les biomasses presenta uns 3 grams amb un 9 % respecte al total.

6.5. Conclusions.

1. La disponibilitat d'aliment als dos massissos estudiats presenta valors molt similars respecte a la diversitat de preses potencials i en canvi el consum al massís de Tornafort és molt més heterogeni i diversificat que al massís de l'Orri.
2. Les parcel·les òptimes per l'alimentació dels polls de gall fer són les que presenten:
 - a. El bosc de pi roig i pi negre amb nabiu i roser silvestre.

- b. El bosc molt obert de pi negre amb nabiu, neret i boixerola.

Capítol 7. Discussió general i Conclusions.

Capítol 7. Discussió general i Conclusions.

- 7.1. Discussió general.**
- 7.2. Perspectives de futur.**
- 7.3. Propostes de gestió.**
- 7.4. Conclusions.**

7.1. Discussió general.

La disminució de les poblacions del gall fer s'ha explicat sempre a partir de la pèrdua i del deteriorament del seu hàbitat on els efectes climàtics han contribuït a minimitzar o accelerar aquesta disminució (STORCH, 2000). Com a conseqüència de la biologia d'aquesta espècie, els efectes de la pèrdua d'hàbitat sobre el gall fer poden manifestar-se de diferents maneres. Així, els efectes es poden manifestar sobre els adults i sobre el reclutament, intercedint en la posta i el creixement dels pollets. Amb el present treball el que s'ha intentat es donar informació sobre la importància de la dieta dels pols en les seves primeres setmanes de vida per tal d'entendre una mica millor els efectes de la pèrdua d'hàbitat en el conjunt de factors que afecten o poden afectar a la disminució de les poblacions de gall fer, incidint principalment en el clima.

Pel que fa referència a la metodologia del present estudi, l'esforç utilitzat en els censos de pols de gall fer ha estat igual per tot el període d'estudi (2001-2004), existint una relació directa entre la quantitat d'excrements i el nombre de pols detectats. En aquest sentit, els paràmetres que influencien sobre la dieta dels pols de gall fer, com són la climatologia i la disponibilitat d'artròpodes, entre d'altres, semblen estar més relacionats amb el nombre de pols dels censos de pollicades que no pas amb la productivitat (número de pols / número de femelles). Per

l'estudi de la dieta no sembla tant adient utilitzar únicament els paràmetres de productivitat, els quals no segueixen cap relació directe amb cap de les variables estudiades. De tota manera amb les dades del present estudi a l'abast sí que en alguns casos, utilitzant la mitja entre productivitat i nombre de polls, aquesta presenta relació amb alguns dels paràmetres, com són la disponibilitat de formigues i la disponibilitat d'ortòpters.

Respecte al consum, els valors obtinguts en el present treball mostren que hi ha un predomini en el consum de formigues per part dels polls de gall fer (55.3 %), coincidint amb els resultats obtinguts per altres autors (SPIDSØ I STUEN, 1988) on també predominen com a grup més consumit (45.6 %). Igualment, el consum de formigues és important en la dieta dels polls d'altres espècies de tetraònids (DE FRANCESCHI I BOAG, 1991). D'altra banda, la disponibilitat de formigues en el present treball (41.3 %), contrasta amb els valors baixos obtinguts per Spidsø i Stuen (1988) (3.8 %) probablement com a conseqüència de la metodologia emprada per aquests autors, mitjançant escombratge amb mànega entomològica i recollida de tots els exemplars, en front de la utilitzada en el present treball, on el mostreig de la disponibilitat és visual. La detecció visual de formigues és possible que s'ajusti més a les abundàncies reals disponibles que no pas la recollida amb mànega entomològica, com a conseqüència de la biologia d'aquests insectes (HUTTO, 1990). Els avantatges d'utilitzar la mànega entomològica estan en la senzillesa d'aplicació i la possibilitat de poder determinar taxonòmicament al laboratori els exemplars recollits, a diferència de la detecció visual que requereix un entrenament i un coneixement previ dels diferents grups d'artròpodes per poder-la dur a terme en el treball de camp (COOPER I WHITMORE, 1990). Aquests valors tan baixos de la disponibilitat de formigues detectats per altres autors poden afectar considerablement els càlculs de selecció i les conclusions finals dels treballs sobre l'alimentació dels polls de gall fer, per això es considera que és important ressaltar la conveniència d'utilitzar la metodologia per reconeixement visual per aquests tipus d'estudi de dieta, encara que s'hagi d'invertir més temps en la disseny, preparació i assaig de la metodologia.

Les dades de disponibilitat han estat preses durant les hores de màxima activitat dels artròpodes diürns, tot i que encara no se sap concretament a quines hores del dia s'alimenten els polls de gall fer en aquesta zona. El fet de conèixer la biologia dels artròpodes consumits podria ajudar a interpretar millor el comportament d'alimentació dels polls de gall fer (DE FRANCESCHI I BOAG, 1991). La determinació dels fragments presents als excrements a nivell específic, en la majoria de casos inviable, encara donaria més informació. Únicament en el cas dels ortòpters (excepte el grills, no presents a la dieta dels polls de gall fer) es pot assegurar els hàbits diürns de la majoria de les espècies, per la biologia d'aquest grup d'insectes, el qual és principalment actiu durant les hores de màxima temperatura en aquestes zones dels Pirineus.

L'estudi de la proporció animal / vegetal a la dieta dels polls de gall fer, indica unes proporcions molt baixes de fracció animal ingerida (0.75 %) respecte al total. El fet d'haver descartat tècniques destructives d'estudi de la dieta (regurgitació o sacrifici dels exemplars consumidors), pel fort impacte que podríem provocar en la conservació de l'espècie en l'àrea d'estudi i pels inconvenients metodològics que ocasionen, ha dificultat conèixer millor el volum real de les preses animals ingerides (DE FRANCESCHI I BOAG, 1991). Per tant, aquests valors baixos de fracció animal es poden explicar si es té en compte que les restes no digerides no indiquen clarament els volums reals d'aquests aliments abans de ser ingerits. De tota manera l'estudi de la proporció animal / vegetal dels fragments no digerits pot servir per futurs estudis on es comparin diferents edats o zones d'alimentació de l'espècie de la qual s'estudia la dieta, en cas que es puguin obtenir aquestes dades.

Pel que fa referència a les variacions de la disponibilitat d'artròpodes al llarg dels 4 anys d'estudi, es constata una davallada important dels percentatge de formigues disponibles paral·lelament a un increment de la disponibilitat d'ortòpters durant el mateix període. S'ha de tenir en compte que les formigues és l'únic grup que disminueix clarament durant els quatre anys, mentre que els ortòpters és l'únic grup que destaca pel seu augment (Figura 46). La disminució en el nombre de

pollicades durant aquests anys indica una possible influència de la disminució de formiguers a l'àrea d'estudi o de la disminució d'activitat en aquests nius, degut a l'augment de les temperatures i la disminució de la pluviositat. De tota manera aquestes variacions es posen més de manifest en comparar conjuntament la disponibilitat i el consum interanual d'aquest grup d'insectes. Durant els tres primers anys d'estudi les proporcions de formigues han anat disminuint progressivament, però sempre presentant valors alts. Durant aquest període el consum s'ha mantingut estable, també amb proporcions altes a la dieta. Quan arriba el quart any (2004) la disponibilitat disminueix molt i pot ser que superi el llindar inferior a partir del qual als polls de gall fer ja no els hi resulta rentable el consum de formigues. A més a més, la disminució de les biomasses de formigues al darrer any encara és més sobtada que la de les abundàncies. A partir del segon any d'estudi (2002), les biomasses baixen sobtadament i es mantenen en valors baixos fins al 2004. Contràriament, les abundàncies van disminuint al llarg dels anys de forma progressiva. L'explicació d'això podria ser que el nombre de formiguers distribuïts pel bosc fa que hi hagi unes disponibilitats altes de formigues, encara que localitzades en llocs molt concrets. Les visites dels polls de gall fer acompanyats de la mare als formiguers assegura un recurs disponible amb un esforç baix i una accessibilitat alta d'alimentació. Quan aquests formiguers ja no són tant abundants i les formigues són de mida més petita amb menor biomassa, ja no surt tant a compte energèticament consumir aquests insectes que probablement es troben de forma més dispersa per les zones d'alimentació.

Únicament presenten una relació significativa anualment la disponibilitat i el consum en el cas de les erugues i els heteròpters (Figures 40 i 41, respectivament). En aquests dos grups hi ha un increment de la disponibilitat al llarg dels 4 anys d'estudi (2001 a 2004), paral·lelament amb un increment encara més manifest del consum d'aquests 2 grups durant el mateix període. Una possible explicació d'aquest fet seria la utilització constant d'aquests recursos per part dels polls de gall fer amb variacions del consum en funció de la disponibilitat. Un patró semblant succeeix amb les larves de coleòpters (Figura 37), encara que les relacions no són tan evidents com amb els heteròpters i les erugues, com a

conseqüència que al 2003 les larves de coleòpters no es van detectar ni durant els mostrejos de disponibilitat ni als excrements dels polls de gall fer.

També altres grups que no segueixen cap patró en la relació disponibilitat i consum són les aranyes, els himenòpters i els opilions (Figures 36, 42 i 44, respectivament). Les formigues i els homòpters (Figures 39 i 43, respectivament) semblen seguir un patró molt definit durant els tres primers anys (2001 a 2003), però al 2004 no hi ha cap relació aparent entre disponibilitat i consum.

Altres patrons que es posen de manifest amb aquestes comparacions de disponibilitat i consum són els que presenten els coleòpters adults i els ortòpters (Figures 38 i 45, respectivament). Malgrat que en aquests dos grups els percentatges de les disponibilitats es mantenen constants al llarg dels 4 anys, els consums augmenten molt durant aquest període. Tot això podria indicar una certa preferència sobre els ortòpters i els coleòpters, sobretot durant el 2004, o bé una elecció alternativa d'aliment pel fet d'haver baixat molt la disponibilitat de formigues al 2004, que és el grup preferentment seleccionat pels polls de gall fer tant des del punt de vista de les abundàncies com de les biomasses. Cal destacar la importància dels ortòpters, que tot i ser un recurs no seleccionat positivament, es manté constant respecte a les abundàncies disponibles, essent un grup molt important i sempre present pel que fa a la biomassa ingerida. Els ortòpters són importants pel creixement dels polls de gall fer en aquestes primeres setmanes de vida perquè és un aliment sempre disponible i que només deu ser determinant quan es produeix la seva absència per l'aport en biomassa que representen a la dieta dels polls, per exemple en boscos joves de zones molt tancades i amb poca insolació. De tota manera, atès que el recurs sembla ser que sempre és suficient, pot ser que els ortòpters no siguin mai un recurs limitant pel desenvolupament i supervivència dels polls de gall fer. L'èxit reproductor, a nivell de la població local de polls de gall fer al llarg dels anys, pot ser independent de l'abundància de segons quin tipus d'artròpode, com per exemple els ortòpters, quan aquests excedeixen un llindar d'abundàncies (HUTTO, 1990).

Els resultats de consum i disponibilitat estan relacionats amb l'amplitud del nínxol tròfic, ja que durant els tres primers anys els polls de gall fer presenten un consum molt homogeni comportant-se com a consumidors especialitzats. Només durant el quart any (2004) la dieta es diversifica, segurament per la disminució sobtada de formigues, les quals formen part de la seva dieta principal. Això concorda també amb les amplituds del nínxol tròfic entre massissos, on la diversitat de consum és més baixa al massís de l'Orri com a conseqüència de la disponibilitat més alta de formigues en aquest massís respecte a Tornafort. Els polls de gall fer, per compensar la manca de formigues al massís de Tornafort, diversifiquen més la seva dieta que no pas al massís de l'Orri i els ortòpters passen a ser un bon recurs alternatiu. Aquesta alternativa de poder ampliar el nínxol tròfic per la manca de formigues i alimentar-se d'ortòpters no deu existir a les poblacions de gall fer dels països nòrdics on les poblacions d'ortòpters són molt baixes i el seu consum mínim o nul per part dels polls de gall (SPIDSØ I STUEN, 1988).

Els màxims de biomassa i abundància d'ortòpters dels Pirineus es donen a l'agost en zones properes a l'àrea d'estudi (OLMO-VIDAL, 2010). En aquestes zones on s'ha estudiat les diferències entre ambients de zones obertes de muntanya, els hàbitats amb una biodiversitat més alta d'ortòpters són els prats alpins i subalpins a diferència de les zones més baixes de prats montants i prats humits on hi ha menys biodiversitat, però més biomassa d'ortòpters. Si comparem aquests resultats amb els trobats a les parcel·les on s'alimenta el gall fer, es veu que els ambients forestals són relativament pobres en abundància i biomassa d'insectes, però amb una major diversitat de grups. A més a més, l'època de creixement dels polls de gall fer no coincideix amb el màxim d'abundàncies d'insectes, que en aquestes zones properes es donen a l'agost, encara que per compensar, sí que coincideix amb els màxims de formigues i altres artròpodes seleccionats pels polls de gall fer. De fet, sí que es pot dir que els insectes de mida més gran i de major biomassa, com és el cas dels ortòpters adults tenen influència sobre el desenvolupament del poll, com per exemple durant el darrer any d'estudi (2004). Tot i que les biomasses d'ortòpters disponibles han estat molt altes, el seu consum s'ha reduït, i en canvi el consum de les fases juvenils d'alguns insectes ha

augmentat. Segons els valors trobats en aquestes àrees properes, als hàbitats oberts de prats subalpins hi ha unes biomasses mitges d'uns 5 grams de pes sec per cada parcel·la, utilitzant la mateixa superfície i metodologia que al present treball. A les zones de gall fer dels massissos de l'Orri i Tornafort, també de l'estatge subalpí, els valors màxims de les mitges d'abundància d'ortòpters es donen a la parcel·la 9 de bosc obert amb pi negre i nabiu, amb uns valors de 2.2 grams de pes sec, és a dir, una mica menys de la meitat que a les zones obertes de prats. Els polls de gall fer i les femelles acompanyants probablement no utilitzen zones més obertes i més productives per l'augment del risc de ser predats.

Altres aspectes que s'ha tractat en el present treball són les relacions que poden haver entre les parcel·les estudiades pel que fa a les abundàncies d'artròpodes (Figura 59). Un primer grup (A), està format per les parcel·les 7, 8 i 10, del Massís de l'Orri, les quals són les que presenten unes proporcions d'abundàncies més altes de formigues. En aquestes tres parcel·les hi ha una predominància de nabiu, com a vegetació principal del sotabosc. Segons les anàlisis realitzades, aquest aspecte queda confirmat per la forta relació existent entre les abundàncies de formigues i la presència dominant de nabiu.

En relació a les biomasses totals disponibles per parcel·la, les parcel·les 5 i 9 (grup B, des del punt de vista de les abundàncies), són les que presenten uns valors més alts de biomassa (Taula 5 i Figura 59). Entre les dues ja sumen el 45 % de la biomassa total disponible del conjunt de les parcel·les. Intentant interpretar aquests valors conjuntament, les parcel·les 8 i 9 són les que presenten unes condicions més favorables per l'alimentació dels polls de gall fer.

Pel que fa referència a la selecció a l'àrea d'estudi, des del punt de vista de les abundàncies, els polls de gall fer utilitzen les formigues, els opilions, els coleòpters (adults i larves) i les erugues com a recurs principal, seleccionant-los positivament. D'altra banda, tenint en compte la biomassa, els polls de gall fer seleccionen, a més a més d'aquests grups, aranyes, heteròpters i homòpters.

D'aquests tres grups que s'afegeixen a la selecció dels polls de gall fer, les aranyes representen un grup molt important pel fet d'aportar un percentatge alt de biomassa consumida (11.8 %) respecte al total de grups.

Els grups seleccionats amb valors més alts de disponibilitat respecte a les abundàncies són les formigues i els opilions, existint diferències entre els dos massissos respecte a la disponibilitat. Pel que fa referència a les formigues són més abundants a les parcel·les 7, 8 i 10, les tres pertanyents al Massís de l'Orri. D'altra banda els opilions es troben més disponibles a les parcel·les 1, 7 i 8, la primera pertanyent al Massís de Tornafort i les altres dues al Massís de l'Orri. Les parcel·les 7 i 8 pertanyents al Massís de l'Orri, són les úniques que presenten uns valors elevats d'aquests 2 grups d'artròpodes. Aquestes dues parcel·les presenten un sotabosc dominat únicament pel nabiu, sense la presència de neret i boixerola, amb unes altituds entre els 1.770 m i els 1.805 m, a més, estan formades per un bosc mixt de pi roig i pi negre. En principi amb aquests resultats, des del punt de vista de la selecció, es pot pensar que el Massís de l'Orri és el més adient per a l'alimentació dels polls de gall fer per la seva abundància en formigues, opilions i ortòpters.

En relació a les biomasses, es detecta la selecció d'aranyes, heteròpters i homòpters quan s'aplica de forma complementària el mètode de NEU et al., (1974) en canvi amb les anàlisis de les abundàncies aquests grups passen desapercibuts.

Els grups seleccionats amb valors més alts de biomassa disponible són les formigues i les aranyes. Els quelícers de les aranyes són peces molt petites en relació al volum i biomassa de l'artròpode al qual representen, a diferència, per exemple, de les mandíbules d'un coleòpter. La presència d'un nombre igual de quelícers d'aranya i mandíbules de coleòpter als excrements representen els mateixos valors de consum en els càlculs de la selecció per ítems i en canvi aquest mateix nombre de peces pot representar valors molt diferents en el consum de biomassa, la qual cosa modifica significativament els valors de

selecció. En resum, un grup com és el de les aranyes, hagués passat desapercbut com a grup seleccionat, si no s'hagués introduït l'estudi de les biomasses totals, amb totes les repercussions ecològiques que representen el fet d'obviar aquest grup en les conclusions del present treball. De tota manera està clar que la selecció en funció de la biomassa no deixa d'estar influïda per la selecció d'abundàncies, és a dir, si els polls de gall fer mengen formigues seleccionant-les des del punt de vista de les abundàncies, és com a conseqüència de que també ho fan per l'aport de biomassa que els hi representa.

Les baixes disponibilitats dels artròpodes seleccionats durant el període d'estudi que formen part de la dieta del gall fer, probablement són les que han fet disminuir el nombre de polls durant aquest període tal i com succeeix a altres zones (SPIDSØ I STUEN, 1988).

Pel que fa referència al clima, la temperatura i la pluviometria són les dues variables ambientals que es consideren més influents sobre la dieta d'artròpodes per part del gall fer, i per tant indirectament sobre la seva supervivència. Així, s'ha produït durant el període d'estudi una disminució de la disponibilitat de formigues, correlacionada amb un augment de la disponibilitat d'ortòpters, provocada per un augment de les temperatures i una disminució de les precipitacions, que ha contribuït a la disminució de la supervivència dels polls de gall fer en aquest període.

Com a comentari final, el tipus d'ambient més favorable des del punt de vista de l'alimentació dels polls de gall fer és un ambient similar a la parcel·la 9 de l'àrea d'estudi situada al Massís de l'Orri. S'ha de tenir en compte que els polls de gall fer van acompanyats per les femelles adultes i que també s'alimenten a l'hora que ho fan els seus polls, per tant als llocs on s'alimenten els polls també han de ser relativament idonis per l'alimentació de les femelles adultes. Aquest tipus d'ambient o hàbitat més idoni seria un bosc relativament obert de pi negre amb nabiú com a espècie vegetal dominant al sotabosc, però també amb presència de neret i boixerola, a una cota de uns 1900 metres d'altitud. En aquest ambients

òptims és on hi trobem alhora una abundància i biomassa més alta de formigues i d'ortòpters, a més a més de presentar també una biomassa alta de la resta d'artròpodes seleccionats pels polls de gall fer.



Figura 61. Hàbitat més òptim per l'alimentació dels polls de gall fer. Parcel·la 9 a Riu Sec (Massís de l'Orri) situada a 1.979 m., formada per un bosc molt obert de pi negre amb nabiu, neret i boixerola .

7.2. Perspectives de futur.

D'entre els aspectes pendents a desenvolupar destaca la determinació de l'edat dels polls, la qual és important a l'hora de conèixer les variacions de la dieta en funció de l'edat, sobretot pel que fa referència a les variacions del percentatge animal com aport proteic en les primeres setmanes de vida. Una manera d'estimar l'edat dels polls seria determinar el diàmetre i el pes dels excrements de polls de gall fer en captivat per després poder-ho extrapolar a animals salvatges.

Una altra manera de millorar el coneixement de la dieta dels polls seria utilitzar tècniques de radioseguiment. La finalitat principal es poder aconseguir excrements dels polls i realitzar estudis de selecció d'hàbitat a l'època de creixement durant les tres primeres setmanes de vida, que és quan els requeriments proteics són més elevats.

Per tal d'aconseguir això, el 13 d'abril de 2004 es va col·locar uns paranys, capturant-se una gallina el 16 de maig del 2004. Se li va col·locar un emissor 173-175 MHz amb sensor d'activitat. Malauradament, per les localitzacions efectuades aquell any i els senyals del sensor d'activitat, aquest exemplar no va arribar a criar i si ho va fer els ous probablement van ser predats als pocs dies de la posta. A la finalització del treball de camp del present estudi (2004), és previst d'intentar capturar més femelles en un futur proper i que arribin a criar per poder fer el seguiment també dels seus polls, la qual cosa podria aportar molta informació sobre la dieta dels polls de gall fer.



Figura 62 . Radioseguiment de femella de gall fer (*Tetrao urogallus*) al Massís de l'Orri (2004).

Un altre aspecte important de cara a la gestió és esbrinar el perquè de la relació entre el nabiu i les formigues. Saber si existeix una relació directa (per exemple el nabiu com aliment de les formigues) o indirecte (per exemple el augment de nabiu i formigues relacionat amb el clima).

7.3. Propostes de gestió.

A partir dels resultats obtinguts a l'àrea d'estudi, es proposa mesures de gestió i protecció de l'hàbitat per tal de fomentar les àrees on el sotabosc estigui dominat per nabiu (*Vaccinium myrtillus*), en boscos mixtes de pi negre i pi roig, com a conseqüència que és el tipus d'hàbitat on es troben disponibles els artròpodes seleccionats pels polls de gall fer. Això també concorda amb la majoria de treballs realitzats fins ara sobre la conservació del gall fer, en el sentit d'avaluar com a més important en la supervivència d'aquesta espècie, la conservació dels hàbitats amb nabiu (STROCH, 1994).

Com ja s'ha comentat al Capítol 5, els efectes de l'explotació forestal fan disminuir l'abundància de nabiu i també l'abundància d'erugues (ATLEGRIM I SJÖBERG, 1996 b). També d'entre els factors negatius que incideixen sobre la conservació de les zones de nabiu, hi ha les altes densitats de diferents espècies d'arbres als boscos joves i l'augment de les poblacions d'ungulats salvatges i domèstics fins arribar a condicions de sobrepastura que impedeixen el manteniment de les zones de nabiu. S'hauria de fer una gestió d'aquestes poblacions d'herbívors.

Una de les actuacions de gestió recomanables és la creació de zones òptimes d'alimentació on no es produeixi cap aprofitament forestal ni cap tipus d'activitat humana i afavorir el manteniment de les clarianes de bosc madur amb nabiu que permetin la proliferació i manteniment d'una diversitat alta d'artròpodes. La creació d'aquests refugis d'alimentació dels polls de gall fer, no té perquè comportar un gran esforç de protecció i gestió. La creació de zones d'aclarida de forma artificial pot impedir la protecció de la neu sobre el nabiu durant més temps al llarg de l'any i incidir negativament sobre les poblacions d'artròpodes que s'alimenten d'aquesta planta. El que si és necessari és que aquestes zones òptimes d'alimentació s'englobin i quedin interconnectades amb zones extenses de bosc on habita el gall fer.

7.4. Conclusions.

- 1.** El reconeixement visual per determinar la disponibilitat aporta més informació sobre la selecció de la dieta dels polls de gall fer que no pas la metodologia emprada a treballs anteriors (SPIDSØ i STUEN, 1988; STUEN i SPIDSØ, 1988; BAINES et al., 1996; PICOZZI et al., 1999; SUMMERS et AL., 2004 i LAKKA i KOUKI, 2009) en els quals s'utilitza mètodes de captura directa. Les mesures de gestió proposades poden ser poc adients per afavorir les zones d'alimentació dels polls de gall fer i per extensió de la dieta d'altres insectívors sinó s'utilitza la metodologia adequada.
- 2.** Pel que fa a la selecció, les preses principals dels polls de gall fer a l'àrea d'estudi són els coleòpters, les erugues, les formigues i els opilions. Com a preses secundaries es troben les aranyes, els heteròpters i els homòpters, i les preses accessòries són els dípters, els himenòpters i els ortòpters.
- 3.** El poll de gall fer consumeixen de forma constant durant els quatre anys d'estudi (2001-2004) erugues i heteròpters que són els únics grups que presenten una correlació significativa entre el consum i la disponibilitat en aquest període. Els ortòpters sempre estan presents a la dieta dels polls, però en quantitats baixes, encara que la disponibilitat d'aquests insectes és molt alta.
- 4.** Els ortòpters són les preses més importants des del punt vista de la biomassa consumida (50 %) i són un recurs molt important pel creixement dels polls de gall fer en aquestes zones dels Pirineus a diferència dels Països nòrdics on la presència d'ortòpters a la dieta és nul·la. Els ortòpters són més abundants a les zones obertes del bosc. L'inconvenient pels polls de gall fer és que quan cacen aquests ortòpters augmenta el risc de ser predats.

5. No hi ha diferències significatives de consum i disponibilitat d'artròpodes entre els massissos de l'Orri i de Tornafort. La diversitat de preses disponibles és similar en els dos massissos, encara que el consum és molt més heterogeni i diversificat al massís de Tornafort. Al massís de l'Orri els polls de gall fer s'alimenten principalment de formigues, que és el grup disponible més abundant, mentre que al massís de Tornafort les preses principals són els opilions.
6. Pel que fa referència al tipus d'hàbitat, les zones principals d'alimentació dels polls de gall fer es troben als boscos de pi negre on abunda el nabiu, que està correlacionat positivament amb l'abundància de formigues i afavoreix també la presència d'altres preses principals com són els opilions.
7. La dieta dels polls de gall fer es diversifica durant els quatre anys d'estudi (2001-2004). La disponibilitat de formigues disminueix al llarg dels anys, augmentant el consum d'ortòpters, aranyes, coleòpters, himenòpters, erugues i heteròpters.
8. El canvi climàtic local queda reflectit amb un augment de les temperatures mitges (sobretot de juliol) i la disminució de les precipitacions globals que provoquen la disminució de formigues com a preses principals. En general, aquest canvi en el clima i la baixa disponibilitat d'artròpodes ha contribuït a l'augment de la mortalitat dels polls de gall fer i la davallada del reclutament, com succeeix també a les poblacions del nord d'Europa.
9. L'augment de les temperatures fa disminuir la disponibilitat d'artròpodes consumits habitualment pels polls de gall fer i en canvi fa augmentar les biomasses, canviant la composició faunística d'aquests invertebrats. La disponibilitat de formigues, de mida petita i poca biomassa disminueix i la disponibilitat d'ortòpters que són insectes més grans augmenta.

10. Finalment, les actuacions en la gestió de l'hàbitat s'haurien de dirigir a minimitzar els efectes del canvi climàtic sobre les zones òptimes d'alimentació dels polls de gall fer, potenciant els boscos madurs de pi negre relativament oberts, amb sotabosc dominat per nabiu. Segons els resultats, no seria imprescindible fer cap actuació forestal de roturació o aclariment del bosc per afavorir únicament l'expansió del nabiu. En principi un sotabosc de nabiu no assegura una disponibilitat alta de les preses potencials dels polls de gall fer. Es proposa preservar i permetre la expansió natural de les zones ja formades per boscos més madurs de pi negre, relativament oberts, amb sotabosc dominat per nabiu i presència de neret. En aquestes zones és on es troba les comunitats d'artròpodes amb abundància i biomassa més altes de formigues i ortòpters, que són els insectes més importants en la dieta dels polls de gall fer a l'àrea d'estudi.

Bibliografia

- ALLDREDGE, J. R. i RATTI, J. T., 1986. Comparison of some statistical techniques for analysis of resource selection. Journal of Wildlife Management 50 (1): 157-165.
- ALLDREDGE, J. R. i RATTI, J. T., 1992. Further comparison of some statistical techniques for analysis of resource selection. Journal of Wildlife Management 56 (1): 1-9.
- ALLDREDGE, J. R. i GRISWOLD, J., 2006. Design and Analysis of Resource Selection Studies for Categorical Resource Variables. Journal of Wildlife Management 70 (2): 337-346.
- ATLEGRIM, O. i SJÖBERG, K., 1996 (a). Response of bilberry (Vaccinium myrtillus) to clear-cutting and single-tree selection harvests in uneven-aged boreal *Picea abies* forests. Forest Ecology and Management 86: 39-50.
- ATLEGRIM, O. i SJÖBERG, K., 1996 (b). Effects of clear-cutting and single-tree selection harvests on herbivorous insect larvae feeding on bilberry (Vaccinium myrtillus) in uneven-aged boreal *Picea abies* forests. Forest Ecology and Management 87: 139-148.
- AFONSO JORDANA, I., ANIZ MONTES, M., ARRIBAS, O., CANUT BARTRA, J., MARTY, E., MOSSOLL TORRES, M., PIQUÉ PALACÍN, J. i RACIONERO COTS, C., 2006. El lagópodo alpino (Lagopus muta pyrenaica) en el Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Organismo autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 174 p.
- BALLESTEROS, F. i ROBLES, L., (Eds.) 2005. Manual de Conservación y Manejo del Hábitat del Urogallo Cantábrico. Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 231 p.
- BAINES, D., WILSON, I.A., i BEELEY, G., 1996. Timing of breeding in Black Grouse Tetrao tetrix and Capercaillie Tetrao urogallus and distribution of insect food for the chicks. Ibis 138:181-187.
- BOLÒS, O i VIGO, J., 1995. Flora del Països Catalans. Vol. I a IV. Ed. Barcino. Barcelona.

- BORG, C. i TOFT, S., 2000. Importance of insect prey quality grey partridge chicks
Perdix perdix: a self-selections experiment. *Journal of Applied Ecology*
37:557-563.
- BRENOT, J., ELLISON, L., i DESMET, J., 1997. Reproduction du lagopède alpin
en France durant l'été 1996. *Faune Sauvage* 220 (Mars):7-9.
- BREZARD, J.M., 1982. Eco-éthologie du grand tétras et sylviculture en Couserans
(Pyrénées ariègeoises). *Acta Biologica Montana*, 1: 315-332.
- CANUT, J., GARCÍA, D. I PARELLADA, X., 2004. Urogallo Pirenaico, Tetrao
urogallus aquitanicus. In, A. MADROÑO, C. GONZÁLEZ i J.C. ATIENZA
(Eds.) : Libro Rojo de las Aves de España. Dirección General para la
Biodiversidad. Sociedad Española de Ornitología. Madrid: 179-181.
- CHAPUIS, J.L. i LEFEUVRE, J.C., 1987. Régime alimentaire des galliformes de
montagne présents en France: bilan et perspectives. Acte du Colloque
Galliformes de montagne :191-202.
- COOPER, R. J. i WHITMORE, R.C., 1990. Arthropod sampling methods in
ornithology. *Studies in Avian Biology*, 13: 29-37.
- CRIST, T. O. i WIENS, J. A., 1995. Individual movements and estimation of
population size in darkling beetles (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. An.*
Ecology . 64:733-746.
- CURTIS, D. J., 1980. Pitfalls in spider community studies (Arachnida, Aranae). *J.*
Arachnol. 8:271-280.
- DE FRANCHESCI i BOAG, D.A., 1991. Summer foraging by spruce grouse :
implications for galliform food habits. *Can. J. Zool.*, 69 : 1708-1711.
- Del HOYO, J., ELLIOTT, A. i SARGATAL, J. Eds., 1994. Handbook of the Birds of
the World. Vol.2. New World Vultures to Guinea fowl. Lynx Edicions,
Barcelona.
- DIDILLON M. C., 1987. Régime alimentaire de la perdrix rochassière (Alectoris
graeca saxatalis * Alectoris rufa rufa) dans les Alpes-Maritimes. Acte du
Colloque Galliformes de montagne: 203-224.
- DOOLAN, S. P. i MACDONALD, D. W., 1996. Diet and foraging behaviour of
group-living meerkats, Suricata suricata, in the southern Kalahari. *J. Zool.*
239: 697-716.

- ESPADALER, X., i GÓMEZ, C., 2002. The species body-size distribution in iberian ants is parameter independent. *Vie et Milieu*. 52 (2-3) : 103 - 107.
- ESTRADA, J., PEDROCCHI, V., BROTONS, L. i HERRANDO, S. (Eds.), 2004. *Atles dels ocells nidificans de Catalunya 1999 - 2002*. ICO / Lynx Edicions, Barcelona. 638 p.
- FOWLER, J. i COHEN, L., 1999. *Estadística básica en ornitología*. SEO / Bird Life. Madrid. 144 p.
- GOWING, G. i RECHER, H. F., 1984. Length-weight relationships for invertebrates from forests in south-eastern New South Wales. *Australian Journal of Ecology* 9: 5-8.
- GREEN, R. E., 1984. The feeding ecology and survival of partridge chicks (*Alectoris rufa* and *Perdix perdix*) on arable farmland in east Anglia. *Journal of Applied Ecology* 21: 817-830.
- GREEN, R.E., RANDS, M.R. I MOREBY, S.J., 1986. Species differences in diet and the development of seed digestion in partridge chicks *Perdix perdix* and *Alectoris rufa*. *Ibis* 129: 311-514.
- GUERREA, P., i PEÑA, R., 1993. Estudio de la variación estacional de la entomofauna en robledales de áreas protegidas de la Comunidad Autónoma de Madrid: Rendimiento de muestreo con trampas pitfall. Instituto de Estudios Altoaragoneses. *Actas XI bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural.*, 413- 424.
- HODAR, J.A. , 1996. The use of regression equations for estimation of arthropod biomass in ecological studies. *Acta Oecologica* 17(5): 421-433.
- HODAR, J.A. , 1997. The use of regression equations for the estimation of prey length and biomass in diet studies of insectivore vertebrates. *Mis. Zool.* 20 (2):1-10.
- HUTTO, R. L., 1990. Measuring the availability of food resources. *Studies in Avian Biology.*, 13 : 20-28.
- ISERN-VALLVERDÚ, J., PEDROCCHI-RENAULT, C. i VOISIN, J.F., 1993. A Comparison of methods for estimating density of grasshoppers on alpine pasturelands. *Rev. Ecol. Alp.*, Grenoble, 2:73-80.

- JACOB, L., 1987. Le régime alimentaire du grand tétras (Tetrao urogallus L.) dans le Jura. Thèse, Uni. Dijon, 132 p.
- JACOB, L., 1988. Le régime alimentaire du Grand Tétras (Tetrao urogallus L.) et de la Gélinoite des bois (Bonasa bonasia, L.) dans le Jura. *Acta Oecologica*, 4: 347-370.
- JOHNSON, D. H., 1980. The comparison of usage and availability measurements for evaluating resource preference. *Ecology*, 61: 65-71.
- LAKKA, J. I KOUKI, J., 2009. Patterns of field layer invertebrates in successional stages of managed boreal forest: Implications for the declining Capercaillie Tetrao urogallus L. population. *Forest Ecology and Management* 257: 600-607.
- LECLERCQ, B., 1981. Eco-éthologie du grand tétras en France. Rapport préliminaire, Université de Dijon, 114 p.
- MARTI, C. D., 1987. Raptor food habits studies. Capítol 5 a Raptor management techniques manual.
- MARTÍNEZ, A.M., 1993. Contribución al conocimiento de la ecoetología del urogallo cantábrico (Tetrao urogallus cantabricus). Tesis doctoral. Universidad de León. 399 p.
- MÉNONI, E., MONTADERT, M. i LECLERCQ, B., 2009. The mating time of the capercaillie in the Pyrenees and the Jura become earlier and earlier (pòster). Per Wegge Jubilee Symposium. Evenstad, Norway, 5th-8th. August 2009:1-9.
- MOREBY, S.J. 1987. An aid to the identification of arthropod fragments in the faeces of gamebird chicks (Galliformes). *Ibis* 130:519-526.
- MOREBY, S.J., NOVOA, C., i DUMAS, S. 1999. Diet of pyrenean grey partridge (Perdix perdix hispaniensis) broods in the eastern French Pyrenees. *Gibier Faune Sauvage, Game Wildl.* 16(4): 355-364.
- MORRISON, M. L, BRENNAN L. A., i BLOCK, W. M., . Arthropod Sampling Methods in Ornithology: Goals and Pitfalls. In: *Estimation and Analysis of Insect Populations*, edited by L. McDONALD, B. MANLY, J. LOCKWOOD, and J. LOGAN, Berlin:Springer-Verlag, 1900, p. 484-492.

- MOSS, R., OSWALD, J. I BAINES, D., 2001. Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *Journal of animal ecology*. 70: 47-61.
- MUELLER-DOMBOIS, D., ELLENBERG, H., 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Nova York: John Wiley & Sons. 547 p.
- NEU, C. W., BYERS, C. R. I PEEK, J. M., 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *J. Wildl. Manage.* 38 : 541-545.
- NIEMELA, J., HALME, E. i HAILA, Y., 1990. Balancing sampling effort in pitfall trapping of carabid beetles. *Entomologica Fennica* 1: 233-238.
- NOVOA, C., GARCIA-GONZÁLEZ, R. i ALDEZABAL, A., 1999. Le régime alimentaire automnal de la perdix grise (*Perdix perdix hispaniensis*) dans les Pyrénées-orientales. *Rev. Ecol. (Terre Vie)* 54:149-166.
- OBESO, J. R., BAÑUELOS, M. J., REQUE, J. i BRAVO, F., 2003. El urogallo (*Tetrao urogallus cantabricus*) en la Cordillera Cantábrica. Organismo autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. 152 p.
- OLMO-VIDAL, J.M., 2000. Estudi ecològic dels ortòpters del Parc Natural del Garraf i la seva relació amb la vegetació. III Trobada d'Estudiosos del Garraf. Barcelona: Servei de Parcs Naturals de la Diputació de Barcelona Monografies(30):95-99.
- OLMO-VIDAL, J.M., 2006. *Atlas dels Ortòpters de Catalunya i llibre vermell*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. 2a edició. Barcelona. 428 p.
- OLMO-VIDAL, J.M., 2010. Les poblacions d'ortòpters de les Planes de Son i Mata de València: aportacions per a la seva gestió i conservació. A: GERMAIN, J. (CUR.). *Els sistemes naturals de les Planes de Son i la mata de València*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural 16: 403-417.
- OLMO-VIDAL, J.M. i LLIMONA, F., 2000. Estudi ecològic del ortòpters dels prats sabanoides d'albellatge al parc de Collserola. I Jornades sobre la Recerca en els sistemes naturals de Collserola: aplicacionas a la gestió del Parc :191-198.

- OLMO-VIDAL, J.M. i GOSÁLBEZ, J., 2005. Invertebrate diet selection by Capercaillie chicks (Tetrao urogallus) in an area of the Pyrenean mountain (pòster). 10th International Grouse Symposium. Luchon, France.
- PALMER, W.E., LANE, M.W., i BROMLEY, P.T. 2001. Human-imprinted northern Bobwhite chicks and indexing arthropod foods in habitat patches. *Journal of Wildlife Management* 65 (4) :861-870.
- PICOZZI, N., MOSS, R. i KORTLAND, K., 1999. Diet and survival of capercaillies Tetrao urogallus chicks in Scotland. *Wildlife Biology* , 5: 11-23.
- PONCE, F. i MAGNANI, Y., 1987. Régime alimentaire des poussins de Tétrás lyre (Tetrao tetrix) sur deux zones des Alpes Françaises: méthodologie et résultats préliminaires. Acte du Colloque Galliformes de montagne :225-228.
- RALPH, C.P., NAGATA, S.E. i RALPH, C.J., 1985. Analysis of dropping to describe diets of small birds. *J. Field Ornithol.*, 56 (2): 165-174.
- ROBLES, L., BALLESTEROS, F. I CANUT, J. (Eds.) 2006. El urogallo en España, Andorra y Pirineos franceses. Situación actual (2005). SEO/BirdLife. Madrid.
- RODRÍGUEZ, A.E. i OBESO, J.R., 2000. Diet of the Cantabrian Capercaillie: geographic variation and energetic content. *Ardeola* 47(1):77-83.
- ROSENBERG, K. V. I COOPER, R. J., 1990. Approaches to avian diet analysis. *Studies in Avian Biology*. 13: 80-90.
- SAINT-GERMAIN, M., BUDDLE, C. M., LARRIVÉE, M., MERCADO, A., MOTCHULA, T., REICHERT, E., SACKETT, T. E., SYLVAIN, Z. i WEBB, A., 2007. Should biomass be considered more frequently as a currency in terrestrial arthropod community analyses? *Journal of Applied Ecology* 44: 330-339.
- SAMPLE, B. E., COOPER, R. J., GREER, R. D. i WHITMORE, C., 1993. Estimation of Insect Biomass by Length and Width. *Am. Midl. Nat.* 129:234-240.
- SCHATT, J., 1981. La régression des populations de grand tétras dans le massif du Jura géographique. Influence de la sylviculture sur le biotope. *Rev. For. Fr.*, 33: 339-353.
- SCHOENER, T. S., 1980. Length-Weight Regressions in Tropical and Temperate Forest-Understory Insects. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 73 : 106-109.

- SIEMANN, E., TILMAN, D. i HAARSTAD, J., 1999. Abundance, diversity and body size: patterns from a grassland arthropod community. *Journal of Animal Ecology* 68: 824-835.
- SPIDSØ, T.K. i KORSMO, H., 1994. Selection of feeding trees by capercaillie Tetrao urogallus in Winter. *Scand. J. For. Res.* 9:180-184.
- SPIDSØ, T.K. i STUEN, O.H. , 1988. Food selection by capercaillie chicks in southern Norway. *Can. J. Zool.* 66: 279-283.
- STORCH,I., 1994. Habitat and survival of capercaillie Tetrao urogallus nests and broods in the bavarian alps. *Biological Consevation*, 70: 237-243.
- STUEN, O.H. i SPIDSØ, T.K., 1988. Invertebrate abundance in different forest habitats as animal food available to capercaillie Tetrao urogallus chicks. *Scand. J. For. Res* 3:527-532.
- SUMMERS, R.W., PROCTOR, R., THORTON, M. I AVEY, G., 2004. Habitat selection and diet of the Capercaillie Tetrao urogallus in Abernethy Forest, Strathspey, Scotland. *Bird Study* 51: 58-68.
- TAVARES, P., MAGALHAES, M.C., i FONTOURA, P., 1996. Estudo da alimentação de perdiz vermelha (Alectoris rufa) numa zona agrícola do concelho de Santarém. *Revista Florestal* 9(1): 255-265.
- THOMAS, D.L. i TAYLOR, E.J., 1990. Study designs and tests for comparing resource use and availability. *Journal of Wildlife Management* 54 (2) : 322-330.
- THOMAS, D.L. i TAYLOR, E.J., 2006. Study designs and tests for comparing resource use and availability II. *Journal of Wildlife Management* 70 (2) : 324-336.
- UETZ, G. W. i UNZICKER, J. D., 1976. Pitfall trapping in ecological studies of wandering spiders. *J. Arachnol.* 3:101-111.
- VAN ZYL. A. J., 1994. A comparison of the diet of the Common Kestrel Falco tinnunculus in South Africa and Europe. *Bird Study* 41:124-130.
- WOLDA, H., 1990. Food availability for an insectivore and how to measure it. *Studies in Avian Biology*, 13 : 38 - 43 .

ZUMR, V. i STARY, P., 1991. Effects of baited pitfall traps (Hylobius abietis L.) on non-target forest insects. J. Appl. Ent., 112: 525-530. (No el tinc, extret de gurrea 1993).