



Universitat de Girona

EFFECTE DE LA FORMIGA ARGENTINA EN LA POL·LINITZACIÓ DE DIVERSES ESPÈCIES MEDITERRÀNIES

Xavier BLANCAFORT PUJOLS

ISBN: 84-689-6657-6
Dipòsit legal: GI-124-2006



Efecte de la invasió de la formiga argentina en la pol·linització de diverses espècies mediterrànies

Xavier Blancafort Pujols

2005

Memòria redactada per **Xavier Blancafort Pujols**, inscrita al programa de doctorat de Biologia Ambiental del Departament de Ciències Ambientals, per optar al grau de Doctora en Biologia per la Universitat de Girona.

Aquest treball s'ha realitzat a l'Àrea de Zoologia del Departament de Ciències Ambientals de la Universitat de Girona sota la direcció del Dr. Crisanto Gómez.





FACULTAT DE CIÈNCIES AMBIENTALS
UNITAT DE BIOLOGIA ANIMAL

**EFFECTE DE LA INVASIÓ DE LA FORMIGA ARGENTINA EN LA
POL·LINITZACIÓ DE DIVERSES ESPÈCIES MEDITERRÀNIES**

Memòria presentada per **Xavier Blancafort Pujols** per optar al títol de Doctor en
Biologia per la Universitat de Girona.

Conformitat del director

Dr. Crisanto Gómez López
Professor Titular de Zoologia
Unitat de Biologia Animal
Departament de Ciències Ambientals
Universitat de Girona

Girona, Juliol del 2005

Primera edició: juliol 2005
Edita: Publicacions de la UdG

© Xavier Blancafort Pujols
Dipòsit legal: **XXXXXX**

Universitat de Girona. Publicacions
Ed. Les Àligues – Pl. Sant Domènec, 3. 17071 Girona
Tel. 972 41 80 99 – Fax 972 41 80 31
<http://www.udg.edu/publicacions>
publicacions@udg.es

Als meus pares, Joan i Roser, i al meu germà Jordi.
Pel seu suport incondicional

AGRAÏMENTS

Si hi ha alguna cosa que em caracteritza és la meva puntualitat, bé la meva poca puntualitat. Tinc el costum d'arribar tard a tot arreu... i en tot. Vaig començar la carrera amb vint-i-cinc anys i ara acabaré el doctorat amb trenta-cinc. No crec que ho hagi “disfrutat” més que els meus companys, però després d’haver treballat en diverses feines sense cap mena d’interès i sense que t’aportin cap satisfacció personal (a part de cobrar a final de mes), molt probablement les coses es valoren d’una forma diferent. L’edat potser també hi té a veure...estic a punt d’empalmar la crisi dels trenta amb la dels quaranta, això o encara no he superat l’adolescència (no ho tinc gaire clar). És per això que ara que he acabat la tesi i gairebé el meu doctorat, vull fer un agraïment sincer a gairebé tothom... com que continuo solter, el dia que tot això acabi potser serà el més feliç de la meva vida.

Els meus pares, el meu germà i la resta de la família van veure com cada dia marxava cap a Girona. Llavors sabien que estava fent una carrera i que acabaria sent biòleg. Un any després començava a fer el mateix, ara però, per fer un doctorat. La primera vegada sabien que anava a classe i de tant en tant feia exàmens, la segona que treballava amb formigues, havia d’escriure una tesi i acabaria sent doctor. La veritat és que si no saben gaire cosa més ha estat perquè jo no els hi explicat massa. Però em veien feliç, sabien que per primer cop a la vida feia alguna cosa que m’agradava... i el seu suport sempre va ser gairebé incondicional, i total. És per això que els hi he dedicat aquesta tesi i tots els agraïments que els hi pugui fer sempre seran pocs.

Quan vaig acabar la carrera vaig deixar un currículum perdut per l’àrea de Biologia Animal, tot i que, sincerament, no pensava que això servis per a res. Afortunadament, no ens enganyem, ningú més ho va fer... i com que no hi havia ningú millor, vaig poder demanar la beca que m’ha permès fer aquest doctorat. Vaig tenir la sort d’estar al lloc

oportú al moment oportú. Vull donar les gràcies a en Crisanto perquè, tot i això, va decidir confiar amb mi. També per la seva manera de treballar, no hi estava acostumat i la llibertat que m'ha donat m'ha permès gaudir de tot el que feia... especialment de les vacances! També m'agradaria agrair al Ministeri de Ciència i Tecnologia, el fet de poder gaudir de la beca, això si, sempre cobrant amb regularitat matemàtica (entre el 25 de mes anterior i el 6 del posterior), sense seguretat social els primers anys (tres dels quatre) i, ara que s'acaba, sense atur. Però bé, en descàrrec seu, és veritat que això ja ho sabia d'entrada.

Sempre he pensat que la sort s'ha de buscar. A vegades, però, es troba. La meua va ser la d'anar a parar a l'àrea de Biologia Animal. Aquí, a més de companys de feina hi he trobat amics (també a les àrees del voltant, no me'n vull oblidar). Ara que ves a saber on aniré a parar, em sembla que trobaré molt a faltar els dinars i el cafè posterior. Sempre que els hi he demanat m'han ajudat. Ells saben una mica més a que em dedico i el que vol dir escriure una tesi. Tot i això, em van donant ànims, tot i que saben, com jo, que segurament això no s'ho llegirà mai ningú... per això escrivim els articles, no?

Finalment no em vull oblidar el meus amics de sempre i els que he anat fent mentre era estudiant. He hagut de respondre, molt pacientment, les seves preguntes de com matar formigues... una obsessió que sembla estesa a tot el comú dels mortals! Com que no en tinc ni idea, sempre els he respost que a mi em donaven de menjar i que jo m'estimava més veure-les vives. Tot i que no volia posar cap nom (per no oblidar-me ningú i no haver de posar a algú que no en tingui ganes), haig d'agair especialment a la Marta la paciència de llegir-se la tesi i fer-hi uns comentaris que han esta molt valuosos.

ESTRUCTURA DE LA TESI

Aquesta memòria està dividida en diferents apartats: introducció general, descripció dels objectius, descripció de les espècies vegetals estudiades, descripció de l'àrea d'estudi, capítols referents als temes estudiats, discussió general i conclusions, bibliografia i annexos.

A la introducció general es fa referència a les invasions biològiques i a les principals relacions animal-planta, per acabar centrant aquest temes en els efectes de les invasions biològiques de formigues en la pol·linització.

Tots els capítols inclouen els següents apartats: introducció, materials i mètodes, resultats i discussió. Estan ordenats seqüencialment, primer s'exposa quins són els pol·linitzadors i com té lloc la pol·linització d'*Euphorbia characias* L., després com afecta o pot afectar la presència de la formiga argentina i, finalment, quin és l'efecte de la formiga argentina en la producció de granes en varies espècies de plantes. En cas que es repeteixin alguns aspectes referents als materials i mètodes, es fa referència a la primera citació de capítols anteriors. Per analitzar els resultats es va utilitzar el paquet de programes estadístics SPSS *for Windows* 11.5, excepte en les ANOVA de dos factors i els testos chi-quadrat en que es va usar el programa Statistica 6.0.

A la discussió general es relacionen tots els resultats obtinguts per obtenir, així, una visió conjunta dels efectes de la formiga argentina en la pol·linització. Aquesta visió conjunta és prèvia a les conclusions i permet una millor comprensió d'aquestes.

Molts dels articles o llibres citats ho són a dos o més capítols, per tal de no repetir aquesta bibliografia comuna a cada un d'ells, s'ha cregut oportú posar-la tota al final de la memòria.

ÍNDEX

Introducció general.....	11
Les invasions biològiques.....	13
La formiga argentina.....	14
La pol·linització.....	18
La Pol·linització a la Conca Mediterrània.....	20
Efectes en la pol·linització de les invasions biològiques de formigues. Antecedents.....	21
Objectius.....	21
Espècies vegetals estudiades	23
Area d'estudi	35
Capítol 1. Visitants i potencials pol·linitzadors d' <i>Euphorbia characias</i>	41
Introducció.....	43
Material i Mètodes.....	44
Resultats	45
Discussió	51
Capítol 2. Formigues com a pol·linitzadors.....	55
Introducció.....	57
Material i Mètodes.....	59
Resultats	60
Discussió	63
Capítol 3. Efecte de la formiga argentina en els visitants d' <i>Euphorbia characias</i> ...	67
Introducció.....	69
Material i Mètodes.....	70
Resultats	71
Discussió	73
Capítol 4. Producció de fruits i granes	79
Introducció.....	81

Material i Mètodes.....	82
Resultats	85
Discussió	100
Discussió general i conclusions.....	105
Bibliografia.....	115
Annexos	133

INTRODUCCIÓ GENERAL



Les invasions biològiques

Els canvis en els usos del sòl, el canvi climàtic, l'augment del CO₂ atmosfèric, les alteracions del cicle del nitrogen i la introducció d'espècies en hàbitats que no els són propis, són els factors que estan causant un canvi global en la biodiversitat i els processos ecològics dels diversos ecosistemes del món (Vitousek *et al.*, 1996; Sala *et al.*, 2000). Es preveu que els biomes mediterranis, i de les praderies, seran els que experimentaran el canvi proporcional més gran en la biodiversitat, degut a la influència substancial de tots els factors desencadenants d'aquest canvi global (Sala *et al.*, 2000).

Les invasions biològiques, doncs, són una pertorbació ecològica més. Entenent aquestes com qualsevol esdeveniment relativament discret en el temps que altera l'estructura d'un ecosistema, d'una comunitat o d'una població, i canvia els recursos, la disponibilitat d'elements al substrat o el medi ambient físic (White i Pickett, 1985). Parlem d'invasió biològica quan individus d'una espècie són transportats a una nova àrea de distribució, sovint distant, on els seus descendents proliferen, s'expandeixen i persisteixen (Elton, 1958). Espècies que es troben en equilibri en el seu medi original, poden esdevenir invasores lluny del seu hàbitat. Aquestes espècies han colonitzat i colonitzen noves àrees gràcies al comerç i al transport de mercaderies (Mack *et al.*, 2000). Com a norma genèrica es considera que de cada miler d'espècies que són transportades a un nou territori, un centenar s'acaben trobant als nous ecosistemes. D'aquest centenar una desena part s'hi acaba establint, i, d'aquesta desena, una acabarà sent una espècie invasora (Williamson, 1993).

La seqüència que segueix una invasió biològica és fàcilment reconeixible: supervivència al transport, establiment a la nova àrea, propagació, impacte ambiental i impacte sobre les activitats humanes. Tot i això, entendre perquè unes espècies esdevenen invasores i altres no, actualment continua sent un dels principals objectius de la biologia de poblacions. Serà necessària una futura aproximació ecològica, genètica i evolutiva (Sakai *et al.*, 2001). Predir quines seran les futures espècies invasores serà una tasca difícil. Els esforços per identificar els seus atributs generals mai han estat dades concloents i la predicció pot ser molt problemàtica, a causa de les enormes diferències entre les taxes d'arribada (Mack *et al.*, 2000). Les claus de l'èxit de les espècies invasores no depèn tan sols de les interaccions entre els nous factors biòtics i abiòtics,

sinó també de la “història” que han sofert les comunitats autòctones (Lodge, 1993). És per tot això que alguns autors opinen que el comportament ecològic d’aquestes espècies, en els nous ambients, pot ser del tot impredecible (Williamsom, 1999) o, com a mínim, incert (Lodge, 1993).

En un món cada cop més global és de preveure un increment d’espècies invasores arreu del planeta (Mack *et al.*, 2000), que probablement s’agreujarà amb el canvi global mundial previst per als pròxims anys (Vitousek *et al.*, 1996; Sala *et al.*, 2000). Un gran número d’espècies han estat introduïdes arreu del món, moltes d’elles tenen efectes negatius en els ecosistemes i, com a conseqüència, provoquen una disminució de la biodiversitat local (Vitousek, 1990; Lodge, 1993; Vitousek *et al.*, 1996; Mack *et al.*, 2000; Sanders *et al.*, 2003; Olden i Poff, 2004; Clavero i Garcia-Berthou, 2005). Altres autors, però, defensen que és la pèrdua de biodiversitat la que facilita les invasions biològiques (Stachowicz *et al.*, 1999; Lyons i Schwarts, 2001). Als Estats Units, per exemple, es calcula que s’han introduït prop de 50.000 espècies (entre animals, vegetals, fongs i bacteris). Algunes d’elles, com l’arròs o el blat de moro, han portat beneficis. La majoria, però, introduïdes de forma accidental, han estat o són perjudicials, sent la causa de la major part de les pèrdues econòmiques per a l’agricultura, la silvicultura i altres segments de l’economia. Es calcula que les pèrdues econòmiques associades als efectes d’aquestes espècies, o al seu control, volten els 137.000 milions de dòlars anuals només en aquest país (Pimentel *et al.*, 2000).

La formiga argentina

La formiga argentina, *Linepithema humile* (Mayr), és un bon exemple del que és una invasió biològica. En la llista de la Unió Mundial per a la Conservació de la Natura amb les cent pitjors plagues del planeta, el grup animal més representat és el de les formigues, amb cinc espècies. Una d’elles és la formiga argentina (UICN, 2005). Aquesta espècie, originària de les ribes del riu Paranà (Argentina, Brasil i Uruguai), ha envaït tots els ecosistemes mediterranis del planeta, algunes illes i algunes zones temperades o subtropicals (figura 1.1a) (Suarez *et al.*, 2001; Roura *et al.*, 2004).

Algunes de les claus de l’èxit d’aquesta formiga com a espècie invasora han estat que: a) forma supercolònies en què no es produeixen agressions intraespecífiques (Suarez *et al.*, 1999; Tsutsui *et al.*, 2000), b) aprofita millor els recursos alimentaris que les

espècies autòctones, hi arriba més ràpid i els recull de forma més efectiva (Human i Gordon, 1996; Holway, 1999), sovint gràcies a que les supera en número (Holway, 1999), i c) a les zones envaïdes no s'hi troben els seus enemics naturals, com els dípters parasitoides del gènere *Pseudacteon* (Orr i Seike, 1998). A la seva àrea de distribució original no és numèricament dominant i conviu amb altres espècies de formigues (Suarez *et al.*, 1999). La introducció de la formiga argentina va acompanyada d'un "trencament" dels mecanismes que fan que els diferents nius no es reconeixin com a diferents, el que comporta un canvi dràstic en la seva organització social, formant-se supercolònies (Tsutsui *et al.*, 2000; Giraud *et al.*, 2002). La formació d'aquestes supercolònies podria ser a causa de la reducció de la variabilitat genètica en les poblacions al·lòctones, a causa d'un coll d'ampolla genètic (Tsutsui *et al.*, 2000). Estudis més recents, però, apunten que és més probable que sigui deguda a una "neteja" de la diversitat genètica dels *loci*, que fan que les colònies es reconeixin com a diferents. La formació de més d'una supercolònia, com les dues que es troben a Europa, seria deguda, llavors, a la fixació de diferents *loci* de reconeixement (Giraud *et al.*, 2002).

A la Península Ibèrica, concretament a Portugal, la formiga argentina hi va ser introduïda a finals del segle XIX, colonitzant en els 50 anys posteriors a la seva introducció aproximadament un terç d'aquest territori (Paiva *et al.*, 1998). La primera cita a l'estat espanyol és del 1923 (Martínez *et al.*, 1997). Actualment s'ha documentat la presència de dues supercolònies distribuïdes al llarg de 6000 Km de la costa mediterrània i atlàntica del sud d'Europa, des d'Itàlia fins a Portugal (figura 1.1b) (Giraud *et al.*, 2002; Espadaler i Gómez, 2003). Està àmpliament distribuïda per la Península Ibèrica, on ocupa hàbitats que van des del nivell del mar fins als 1050 metres. Sembla que necessita un clima temperat o una elevada humitat ambiental, o ambdós factors, i prefereix les zones urbanes o fortament pertorbades (Espadaler i Gómez, 2003). Actualment, i conjuntament amb *Lasius neglectus*, està considerada una potencial amenaça per a l'entomofauna autòctona d'aquest territori (Espadaler i Collingwood, 2000).

Allà on ha estat introduïda ha tingut diferents impactes: sobre la diversitat de comunitats autòctones de formigues, sobre la diversitat de comunitats d'invertebrats en general,

sobre poblacions d'alguns vertebrats i sobre alguns processos ecològics, com la pol·linització o la dispersió de granes per mirmerocòria (taula 1.1).

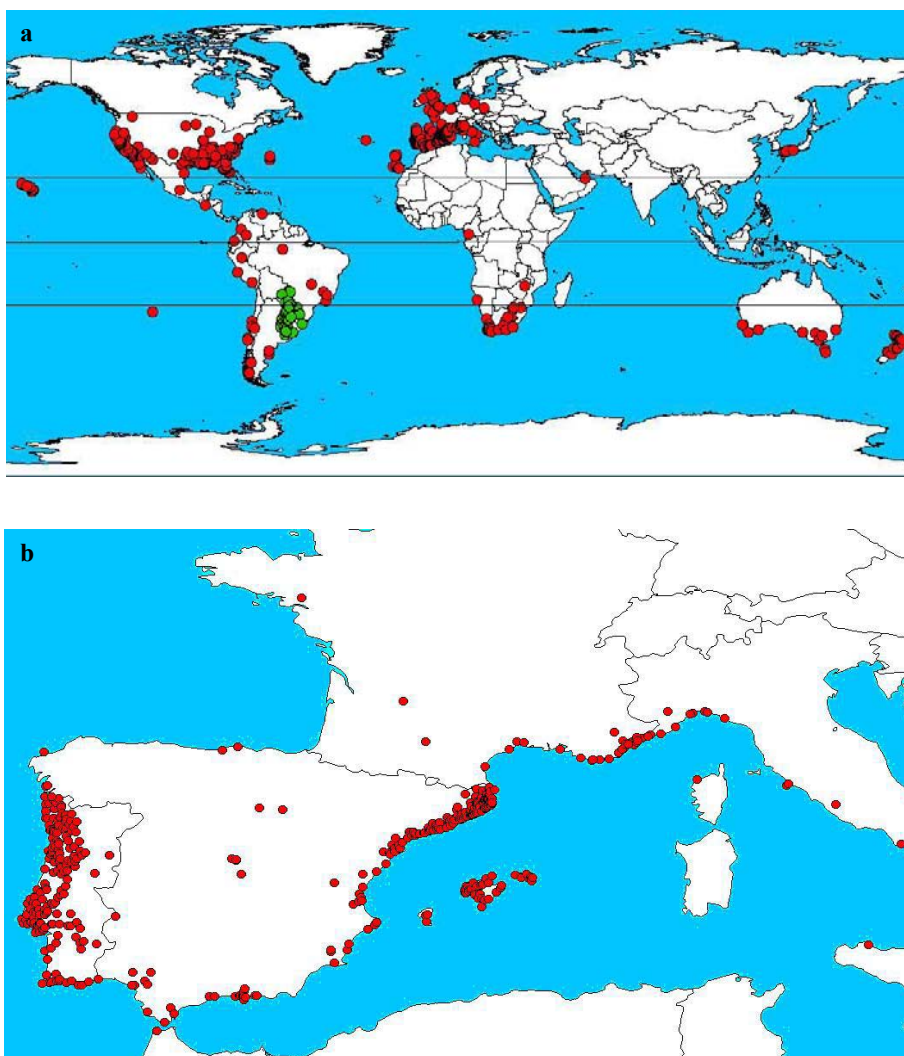


Figura 1.1. a. Hàbitat original de la formiga argentina (punts verds) i els territoris que ha envaït arreu de món (punts vermells). b. Distribució detallada de la formiga argentina a la Conca Mediterrània (extret de Roura *et al.*, 2004, modificat per l'autor).

Taula 1.1. Efectes de la formiga argentina allà on ha estat introduïda.

Lloc	Efecte	Referència
Austràlia	- Desplaçament de formigues autòctones.	Majer 1994
Bermuda	- Desplaçament de <i>Pheidole megacephala</i> , una altra espècie invasora.	Lieberburg <i>et al.</i> 1975
Catalunya	- Alteració de la composició de plantes de la sureda (la formiga argentina no transporta les granes mirmecòcores més grans).	Gómez <i>et al.</i> 2003; Bas 2001; Oliveras 2005
Espanya	- Disminució de la riquesa i diversitat d'espècies autòctones de formigues (al P.N. Doñana).	Carpintero <i>et al.</i> 2003; Carpintero <i>et al.</i> 2005
Estats Units	- Desplaçament de formigues autòctones.	Ward 1987; Human i Gordon 1996; Holway 2005.
	- Perjudicis en l'agricultura, en afavorir la presència d'àfids en els cultius.	Bristow 1991
	- Alteració de la composició de les comunitats d'invertebrats.	Human i Gordon 1997; Bolger <i>et al.</i> 2000
	- L'au <i>Poliophtila melanura</i> treu endavant menys polls.	Sockman 1997
	- Desaparició d'una espècie d'escarabat, <i>Desmocerus californicus dimorphus</i> .	Huxel 2000
	- Disminució de l'abundància de <i>Notiosorex crawfordi</i> , una musaranya.	Laakkonen <i>et al.</i> 2001
	- Desaparició del llangardaix <i>Phrynosoma coronatum</i> (que s'alimenta, bàsicament, de formigues autòctones).	Suarez i Case 2002
Hawaii (EE.UU)	- Pèrdua de biodiversitat i alteració de l'organització de les comunitats d'artròpodes.	Sanders <i>et al.</i> 2003
	- Reducció de poblacions de moltes espècies d'artròpodes autòctones i no autòctones (inclosos importants pol·linitzadors).	Cole <i>et al.</i> 1992
Japó	- Reducció de la diversitat d'espècies de la comunitat de formigues autòctones (en ambients urbans).	Touyama <i>et al.</i> 2003
Nova Zelanda	- Desplaçament de formigues autòctones i alteració de la composició de les comunitats d'invertebrats.	Harris 2002
Portugal	- Predació d'ous de <i>Phoracanta semipunctata</i> (un coleòpter).	Way <i>et al.</i> 1992
	- Desplaçament de formigues autòctones.	Cammel <i>et al.</i> 1996; Way <i>et al.</i> 1997
Sud-àfrica	- Alteració de la composició de plantes del fynbos. Desaparició d'algunes espècies o disminució de les seves poblacions (al no dispersar les granes mirmecòcores més grans)	Bond i Slingsby 1984; Christian 2001; Witt i Gilomee 2004; Witt <i>et al.</i> 2004
	- Desplaçament de formigues autòctones.	Donnelly i Giliomee 1985
	- Competició pel nèctar amb les abelles autòctones. Possibles conseqüències en la pol·linització.	Buys 1990
	- Reducció en la diversitat i abundància d'insectes que visiten les inflorescències de <i>Protea nitida</i> infestades per la formiga argentina. Possibles conseqüències en la pol·linització.	Visser <i>et al.</i> 1996
Xile	- Reducció en la diversitat d'espècies de la comunitat de formigues autòctones (en ambients urbans).	Fuentes 1991

La pol·linització

Les interaccions planta-animall són unes de les més interessants que es produeixen a la natura. Es poden classificar dins els quatre tipus bàsics per a tota mena d'interaccions entre espècies: competència, quan les espècies que interactuen en surten perjudicades, comensalisme, quan una de les espècies en surt beneficiada i l'altre no obté cap benefici ni perjudici, depredació i parasitisme, quan una espècie en surt beneficiada i l'altra perjudicada, i mutualisme, quan les espècies que interactuen en surten beneficiades (Begon *et al.*, 1995).

En el mutualisme, els individus d'una població creixen i/o sobreviuen i/o es reproduïxen més quan és troben en presència de l'altra espècie mutualista. Cada espècie obté una sèrie d'avantatges, que sovint consisteix en un recurs alimentari per una de les dues parts, a canvi de protecció (o creació d'un ambient favorable), desparasitació, pol·linització o dispersió de granes, per a l'altra. Aquests mutualismes poden ser obligats, quan els dos organismes no poden créixer, sobreviure o reproduir-se sense la presència de l'altre, o facultatius, quan els dos organismes poden existir separadament (Begon *et al.*, 1995).

Entre els mutualismes planta-animall en destaquen, per la seva importància, la dispersió de granes, la protecció de plantes i la pol·linització (Begon *et al.*, 1995). En la dispersió de granes la planta produeix una part "atractiva" per a l'animall, que s'alimenta d'aquesta sense consumir o destruir la grana, allunyant-la de la planta mare (Hölldobler i Wilson, 1990). En la protecció de plantes, aquestes atreuen determinades espècies de formigues, sovint amb nèctar extrafloral, que repel·leixen l'atac d'herbívors i/o paràsits (Begon *et al.*, 1995; Hölldobler i Wilson, 1990). Els pol·linitzadors s'alimenten del nèctar i/o el pol·len que produeix la planta i, a canvi, transporten el pol·len d'una planta a un altre permetent la reproducció sexual d'aquestes (Faegry i Van der Pijl, 1971; Begon *et al.*, 1995).

La pol·linització és la primera de les tres etapes seqüencials de la reproducció sexual en angiospermes. Té lloc abans de la fecundació i la maduració dels fruits (Lyons *et al.*, 1989). El procés de la pol·linització és aquell en què els grans de pol·len, o

microspores, són transportats dels sacs pol·línics als llocs receptors dels primordis seminals (òvuls) o al seu embolcall, per germinar allà (Faegry i Van der Pijl, 1971; Strasburger *et al.*, 1994). En les angiospermes normalment té lloc en tres fases: 1) alliberació del pol·len a la part masculina de la flor, 2) transferència del pol·len de la part paternal a la maternal, i 3) deposició amb èxit a la superfície del recipient on, més endavant, germinarà el pol·len que fertilitzarà l'òvul (Faegry i Van der Pijl, 1971). La importància de la pol·linització, o de la seva eficàcia, és que d'ella depèn la producció de granes posterior, necessàries per a la perdurabilitat de l'espècie (Dafni, 1992; Kearns i Inouye, 1993).

La pol·linització pot tenir lloc entre diferents individus d'una mateixa estirp (alogàmia o xenogàmia), o entre flors d'un mateix individu (autogàmia, dins una mateixa flor, i geitonogàmia, entre flors diferents). En les estirps monoiques o hermafrodites sovint hi ha dispositius que redueixen o impedeixen l'autogàmia, i amb això, la fecundació interna, bé sigui per incompatibilitat genètica, bé sigui per la separació espacial o temporal de les flors o dels òrgans masculins i femenins (Faegry i Van der Pijl, 1971; Strasburger *et al.*, 1994).

Segons com és transportat el pol·len, la pol·linització, pot ser de tres tipus: anemòfila, pel vent, hidròfila, per l'aigua, o zoòfila, per animals (Faegry i Van der Pijl, 1971; Strasburger *et al.*, 1994). La pol·linització zoòfila és la més comuna. El seu avantatge, en front d'altres tipus, consisteix en la forma molt més directament orientada en què es realitza el transport de pol·len, ja que els animals volen de flor en flor i arriben moltes vegades a individus de la mateixa espècie. Les plantes, d'aquesta manera, poden reduir la quantitat necessària de pol·len, que en el cas de la pol·linització anemòfila tendeix a ser molt gran, a més de poder ocupar llocs on no fa vent o viure en poblacions poc denses (Strasburger *et al.*, 1994).

La majoria dels dispositius i modificacions de les flors només poden explicar-se com una adaptació a la dispersió, transport i recepció de pol·len (Strasburger *et al.*, 1994). En general, el calze (els sèpals) protegeix la flor jove, la corol·la (els pètals), sovint acolorida, atreu els pol·linitzadors a llarga distància, els estams alliberen el pol·len i l'estigma el rep (figura 1.2) (Faegry i Van der Pijl, 1971). La majoria de flors pol·linitzades per animals ofereixen nèctar o pol·len, o ambdós. Sembla que el nèctar no

té una altra funció a la planta que la d'atreure animals. Els pol·linitzadors per excel·lència són els insectes, que s'alimenten d'aquest pol·len i/o nèctar (Begon *et al.*, 1995). Els diferents ordres d'insectes, però, tenen diferent importància: els coleòpters i els dípters són considerats pol·linitzadors primitius, els lepidòpters són visitants freqüents de les flors i els himenòpters són considerats el grup de pol·linitzadors més important, especialment les abelles de la família *Apoidea* (Kevan, 1983).

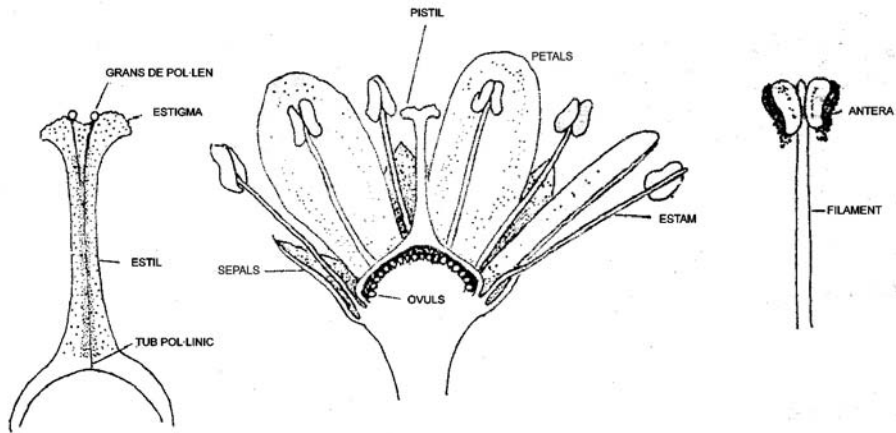


Figura 1.2. Esquema de la flor i els òrgans reproductius femení i masculí (extret de Faegry i Van der Pijl, 1971, modificat per l'autor).

La pol·linització a la Conca Mediterrània

La conca mediterrània és un dels punts amb major diversitat del planeta. S'hi troben el deu per cent de les espècies de plantes superiors catalogades fins a l'actualitat, tot i que només representa l'u i mig per cent de la superfície terrestre (Médail i Quezel, 1997; Blondel i Aronson 1999; Myers *et al.*, 2000). Aquesta diversitat és fruit d'una alta diversitat local i una elevada diversitat regional, a causa d'un paisatge i unes condicions ecològiques que canvien brusquement (Blondel i Aronson, 1999). Una conseqüència d'això és que la possibilitat d'especialització és molt baixa i la majoria d'interaccions entre plantes i animals, antagoniques o mutualistes, són altament generalistes (Dafni i O'Toole, 1994; Herrera, 1995; Gómez i Zamora, 1999).

Efectes en la pol·linització de les invasions biològiques de formigues. Antecedents

Diferents espècies de formigues han esdevingut invasores arreu del planeta. Els estudis d'aquestes espècies en els habitats ocupats s'han centrat, especialment, en com afecten a la biodiversitat local i els diferents processos ecològics. Concretament en aquells en què les formigues autòctones juguen un paper destacat com, per exemple, la dispersió de granes. La formiga argentina n'és un bon exemple (veure taula 1.1).

Les invasions per formigues sovint han causat reduccions en la biodiversitat de la comunitat d'artròpodes local (Cole *et al.*, 1992; Bach, 1991; Human i Gordon, 1997; Hoffmann *et al.*, 1999; Huxel, 2000; Harris, 2002). Sovint, les formigues autòctones són les espècies més afectades (Lubin, 1984; Porter i Savignano 1990). Les invasions afecten, també, a les diferents interaccions planta-animal. Tot i això, hi ha molt pocs estudis que tractin sobre l'efecte de les invasions en la pol·linització, i els pocs que hi ha, estan relacionats amb la formiga argentina. Cole *et al.* (1992) constata la desaparició d'importants pol·linitzadors per la predació dels seus nius, Visser *et al.* (1996) una reducció en la diversitat i l'abundància dels insectes que visitaven les inflorescències infestades per la formiga argentina, i Buys (1990) la competència pel nèctar d'aquestes formigues amb les abelles autòctones.

Objectius

L'objectiu d'aquest estudi és testar quin era l'impacte de la formiga argentina en la pol·linització, focal·litzant les observacions en una espècie vegetal, *Euphorbia characias* L. Els resultats obtinguts es van ampliar o contrastar amb altres espècies, amb les mateixes característiques florals (com *E. biumbellata* Poiret), o ben diferents (com *Sarothamnus arboreus* (Desf.) Webb, *Genista monspessulana* (L.) Johnson, *Lavandula stoechas* L., *Cistus salviifolius* L. i *Cistus monspeliensis* L.). L'estudi se centra en aquestes espècies ja que ja s'havien fet diferents treballs la mateixa zona sobre altres aspectes relacionats. Bas (2001), Gómez *et al.* (2003) i Oliveras (2005) han constatat que la formiga argentina desplaça les formigues autòctones dispersadores de granes i que, aquesta, no dispersa les granes mirmecòcores més grans. A més, Casellas (2005) també ha corroborat l'avanç del front d'invasió a la zona estudiada.

L'impacte de la formiga argentina està documentat en d'altres zones del planeta, almenys pel que fa a diferents aspectes, com és el seu efecte sobre comunitats autòctones de formigues, comunitats d'artròpodes en general i altres aspectes més concrets. Sobre l'efecte d'aquesta formiga en la pol·linització (i el d'altres formigues invasores), en canvi, hi ha molts pocs estudis i cap a la conca mediterrània.

Els objectius concrets que es persegueixen en aquest treball són els següents:

- 1- Determinar quins són els principals pol·linitzadors d'*Euphorbia characias*.
- 2- Determinar si els pol·linitzadors d'*E. characias* es veuen afectats, directa o indirectament, per la invasió de la formiga argentina.
- 3- Avaluar si la invasió de la formiga argentina afecta a la pol·linització d'espècies típicament mediterrànies, concretament en la seva producció de fruits i granes.

ESPÈCIES VEGETALS
ESTUDIÀDES



L'espècie amb que s'han fet la majoria d'experiments i observacions ha estat la lleteresa vera, *Euphorbia characias* L. El gènere *Euphorbia* pertany a la família *Euphorbiaceae* Juss., incloses a la classe Magnoliates, subclasse Ròsides. La família de les euforbiàcies agrupa un gran nombre d'espècies (Strasburger *et al.*, 1994), fins a 5.000, que habiten principalment a les zones tropicals i temperades. Comprèn des de plantes llenyoses fins a plantes herbàcies amb fulles normals, o altres amb aspecte cactiforme (Strasburger *et al.*, 1994; Masalles *et al.*, 1988). A causa de la gran diversitat d'aquesta família, els caràcters comuns a tots els seus representants són pocs: només les flors, unisexuals i solitàries, a vegades agrupades en inflorescències complexes, i els fruits, una càpsula tricoca que prové d'un ovari súper (Masalles *et al.*, 1988).

Als Països Catalans es poden trobar 44 espècies del gènere *Euphorbia* (de Bolòs i Vigo, 1993). És el gènere més important de la família (Masalles *et al.* 1988). Les seves característiques principals són que presenta flors extremadament simplificades reunides en una estructura singular: el ciati. Una flor femenina apical, sense periant (pètals i sèpals), pedicelada i caiguda, envoltada per 5 flors masculines, també sense periant, pedicelades i reduïdes a un sol estam (figura 2.1). Aquesta reunió de flors unisexuals en inflorescències bisexuals, envoltades per bràctees acolorides i glàndules nectaríferes, funcionalment correspon a flors hermafrodites zoòfiles. Els seus fruits són càpsules amb parets que es desprenen completament d'una columna central i llencen les granes. Moltes espècies produeixen làtex, a vegades tòxic, que conté cautxú (Masalles *et al.*, 1988; Strasburger *et al.*, 1994).

A més d'*Euphorbia characias* puntualment també s'han utilitzat altres espècies. Es van escollir les que es descriuen a continuació, perquè, com la primera, són típicament mediterrànies i representatives de la zona. Una d'elles, del mateix gènere, presenta característiques florals molt semblants, en canvi, la resta (de famílies diverses) són ben diferents. Això va permetre fer diferents experiments comparatius (que es descriuen als capítols corresponents).

- La lleteresa vera, *Euphorbia characias* L. (figura 2.1), és un nanofaneròfit perenne d'entre 30 i 100 centímetres d'alçada, que es troba en garrigues i alzinars clars d'àrees mediterrànies, entre els 0 i els 1500 metres d'altitud. És una planta de tiges gruixudes, rígides i subllenyses a la part basal. Les seves fulles són linears-oblanceolades i

lleugerament suculentas. Forma una característica inflorescència en forma d'umbel·la terminal d'11 a 21 radis que acaben en 1 o més ciatis. Floreix de gener a juliol. Els fruits són càpsules llises que fan de 4 a 7 mil·límetres, i contenen d'1 a 3 granes també llises, de 2.5 a 3.8 mil·límetres (de Bolòs i Vigo, 1993).

- *Euphorbia biumbellata* Poirlet (figura 2.1) és una euforbiàcia semblant a *E. characias*. Viu en brolles i erms mediterranis, principalment en sòls silíceus, entre els 0 i els 600 metres. Fa entre 30 i 60 centímetres d'alçada, les seves fulles són enteres, lanceolato-linears i fan de 2 a 6 centímetres de llargada. Floreix d'abril a juny (de Bolòs i Vigo, 1993).

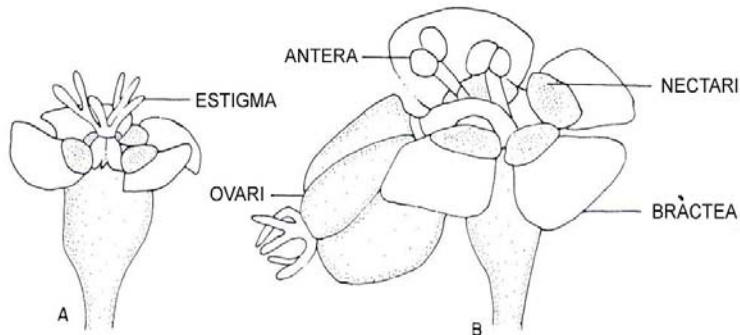


Figura 2.1. Fotografies d'*Euphorbia characias* i *Euphorbia biumbellata*. Esquema d'un ciati típic. (A) part femenina, ovari, (B) flor amb tots els seus apèndixs. Extret d'Ehrenfeld 1979 (modificat per l'autor).

Les papilionàcies o fabàcies són una de les famílies més importants a escala mundial, en part, pel gran nombre d'espècies que la formen, més de 12.000 (450 generes). La majoria viuen en zones temperades. A Catalunya hi ha unes 280 espècies, moltes d'elles en forma d'arbust o mata. Les seves característiques generals són que presenten fulles esparses (al llarg de la tija) acompanyades de 2 estípules ben aparents. Solen ser de fulles compostes, les flors es disposen en raïms i són força acolorides. La morfologia floral és exclusiva del grup, les flors són zigomorfes i pentàmeres, amb 5 sèpals soldats i 5 pètals lliures i desiguals, que recorden una papallona en vol (Masalles *et al.*, 1988). D'aquesta família es van fer diferents estudis amb les següents espècies:

- El ginestell, *Sarothamnus arboreus* (Desf.) Webb. (figura 2.2), és un arbust que fa entre 1 i 3 metres d'alçada. Creix en contrades mediterrànies i viu en brolles i boscos clars, entre els 0 i els 800 metres d'altitud. Floreix de gener a maig. Les seves flors són de color groc i fan de 14 a 16 mil·límetres de llargada. El fruit és un llegum negrós, de 24 a 42 mil·límetres (de Bolòs i Vigo, 1993). A Catalunya hi ha 2 espècies d'aquest gènere, les 2 són arbusts de tiges estriades i fulles trifoliades (Masalles *et al.*, 1988).

- *Genista monspessulana* (L.) Johnson (figura 2.3) és un arbust verd, densament foliós. Creix en brolles mediterrànies i boscos poc densos, entre els 0 i els 600 metres d'altitud. Fa entre 1 i 3 metres d'alçada. Floreix d'abril a juny. De 3 a 9 flors s'agrupen en branquillons axil·lars. El seu llegum fa entre 15 i 28 mil·límetres i conté de 4 a 6 granes (de Bolòs i Vigo, 1993). A Catalunya hi ha una vintena d'espècies del gènere *Genista*, totes arbustives o subarbustives, sovint espinoses (Masalles *et al.*, 1988).



Figura 2.2. Fotografia de *Sarothamnus arboreus*.



Figura 2.3. Fotografia de *Genista monspessulana*.

Les labiades o lamiàcies constitueixen una família molt important, que comprèn unes 3.000 espècies agrupades en 200 gèneres. Estesa per tot el món, està especialment ben representada a la conca mediterrània. És un grup força homogeni de plantes herbàcies o mates, sovint aromàtiques, de tiges quadrangulars i fulles simples i oposades. Les flors normalment són zigomorfes i els fruits són cluses. Totes són pol·linitzades per insectes (Masalles *et al.*, 1988). D'aquesta família es van fer diferents estudis amb l'espècie:

- El tomaní, *Lavandula stoechas* L. (figura 2.4), és una mata tomentosa, més o menys grisenca, d'olor forta. La seva tija és foliosa, amb les fulles lanceolato-liniars, aparentment agrupades en fascicles oposats. Viu en brolles mediterrànies, sobre sols silícics, entre els 0 i els 1100 metres d'altitud. La seva inflorescència és molt característica, acaba en un grup apical de bràctees estèrils, erectes, violàcies o purpurescents, normalment molt densa. Les flors són d'un color violeta fosc (de Bolòs i Vigo, 1993). Als Països Catalans hi ha 4 espècies d'aquest gènere (Masalles *et al.*, 1988).



Figura 2.4. Fotografia de *Lavandula stoechas*.



Figura 2.3. Fotografia de *Genista monspessulana*.

Les labiades o lamiàcies constitueixen una família molt important, que comprèn unes 3.000 espècies agrupades en 200 gèneres. Estesa per tot el món, està especialment ben representada a la conca mediterrània. És un grup força homogeni de plantes herbàcies o mates, sovint aromàtiques, de tiges quadrangulars i fulles simples i oposades. Les flors normalment són zigomorfes i els fruits són cluses. Totes són pol·linitzades per insectes (Masalles *et al.*, 1988). D'aquesta família es van fer diferents estudis amb l'espècie:

- El tomaní, *Lavandula stoechas* L. (figura 2.4), és una mata tomentosa, més o menys grisenca, d'olor forta. La seva tija és foliosa, amb les fulles lanceolato-liniars, aparentment agrupades en fascicles oposats. Viu en brolles mediterrànies, sobre sols silícics, entre els 0 i els 1100 metres d'altitud. La seva inflorescència és molt característica, acaba en un grup apical de bràctees estèrils, erectes, violàcies o purpurescents, normalment molt densa. Les flors són d'un color violeta fosc (de Bolòs i Vigo, 1993). Als Països Catalans hi ha 4 espècies d'aquest gènere (Masalles *et al.*, 1988).



Figura 2.4. Fotografia de *Lavandula stoechas*.

Les cistàcies constitueixen una família més aviat petita, amb 8 gèneres i 150 espècies, però molt important a la conca mediterrània on estan plenament adaptades al seu clima. En general són arbusts baixos o mates de fulles simples i oposades. Les flors s'agrupen en cimes, solen tenir 5 sèpals i 5 pètals, i formen una càpsula amb nombroses granes (Masalles *et al.*, 1988). Es van fer diferents estudis amb les següents espècies:

- L'estepa burrera, *Cistus salviifolius* L. (figura 2.5), és un petit arbust de 20 a 70 centímetres d'alçada. Viu principalment en brolles mediterrànies, sobre sols silícies, entre els 0 i 1500 metres d'altitud. Floreix de març a juliol. Presenta d'1 a 3 flors blanques en cima terminal (de Bolòs i Vigo, 1993).

- L'estepa negra, *Cistus monspeliensis* L. (figura 2.5), és un arbust llenyós que creix en brolles mediterrànies, en sols silícies, entre els 0 i els 1000 metres d'altitud. Fa entre 50 i 150 centímetres d'alçada. Les seves fulles són de color verd fosc i presenten 3 nervis principals. Floreix d'abril a juny. Les flors, blanques i de 2 a 3 centímetres de diàmetre, s'agrupen en cimes més o menys escorpioides (de Bolòs i Vigo, 1993).



Figura 2.5. Fotografia de *Cistus salviifolius* i *Cistus monspeliensis*.

ÀREA D'ESTUDI



Per assolir els objectius marcats es va escollir una zona pròxima a Castell d'Aro (Baix Empordà, Girona), a la Serra de Llonga (figura 3.1). En aquesta zona s'hi poden trobar zones clarament envaïdes i zones no envaïdes a poca distància entre si. Això permet fer comparacions entre elles, assumint que ambdues presenten les mateixes característiques climàtiques i de vegetació.

El massís de les Gavarres es troba al límit septentrional de la Serralada Litoral Catalana. Les Gavarres, que estan incloses al Pla d'Espais d'Interès Natural (P.E.I.N), presenten un relleu suau modelat per petits torrents i rieres. Serra de Llonga és una carena de puigs de menys de 400 metres d'alçada situat a l'extrem sud-est d'aquest massís. El clima de la zona és típicament mediterrani, amb una pluviositat anual entre 750 i 800 mm i unes temperatures mitjanes mensuals que oscil·len entre els 22/23°C del juliol i els 8/9°C del gener (la temperatura mitjana anual és de 14/15°C) (Atles Climàtic de Catalunya, <http://magno.uab.es/atles-climatic/catala/cartografia.htm>).

La zona escollida per fer els diferents estudis, la falda de muntanya entre el camp de golf de Castell d'Aro i la plana costanera, està orientada al sud sud-oest, a una alçada aproximada de 240 metres sobre el nivell del mar. La vegetació de la zona és típicament mediterrània, sent la comunitat vegetal dominant la sureda, associació *Quercetum ilicis galloprovincialis* subassociació *suberetosum* (Folch, 1986), amb presència de les espècies típiques d'aquesta associació: *Quercus suber* L. com a planta dominant de la comunitat; *Arbutus unedo* L., *Lonicera implexa* Aiton, *Ruscus aculeatus* L. i *Vivurnum tinus* L., com a plantes pròpies d'aquesta; i *Pinus pinea* L., *Quercus ilex* L., *Erica arborea* L., *Juniperus oxycedrus* L., *Pistacia lentiscus* L. o *Smilax aspera* L. com a acompanyants més abundants (Nuet *et al.*, 1991).

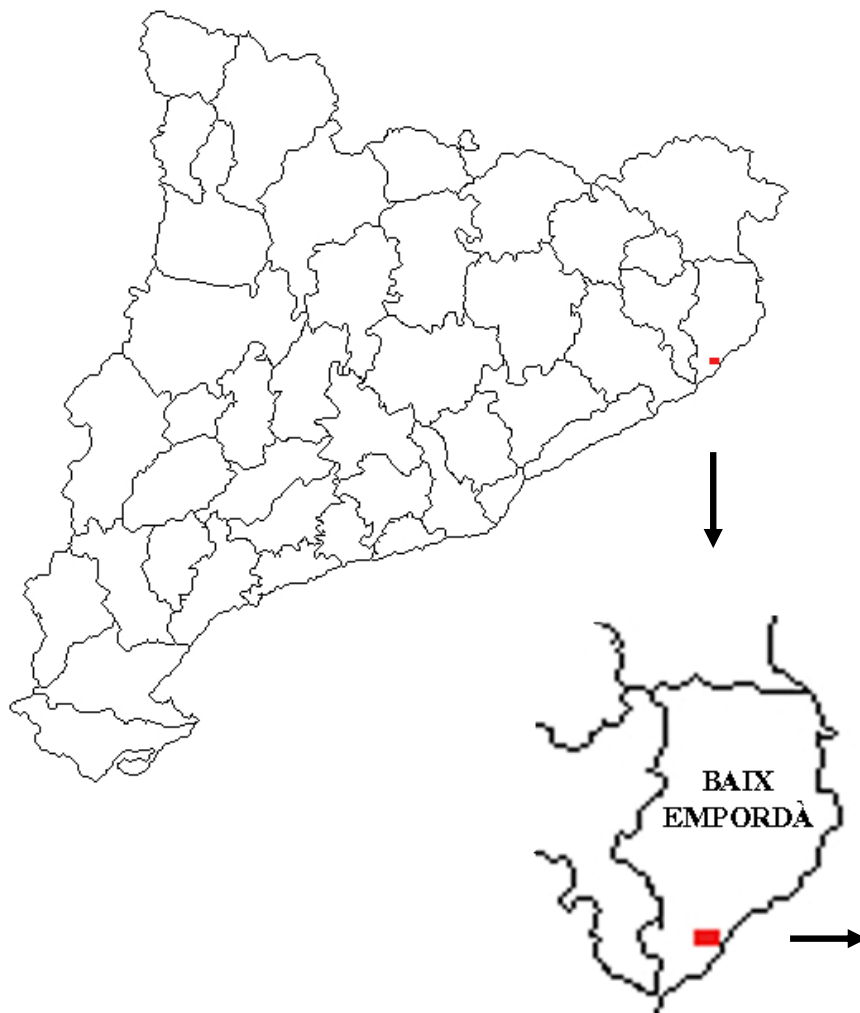
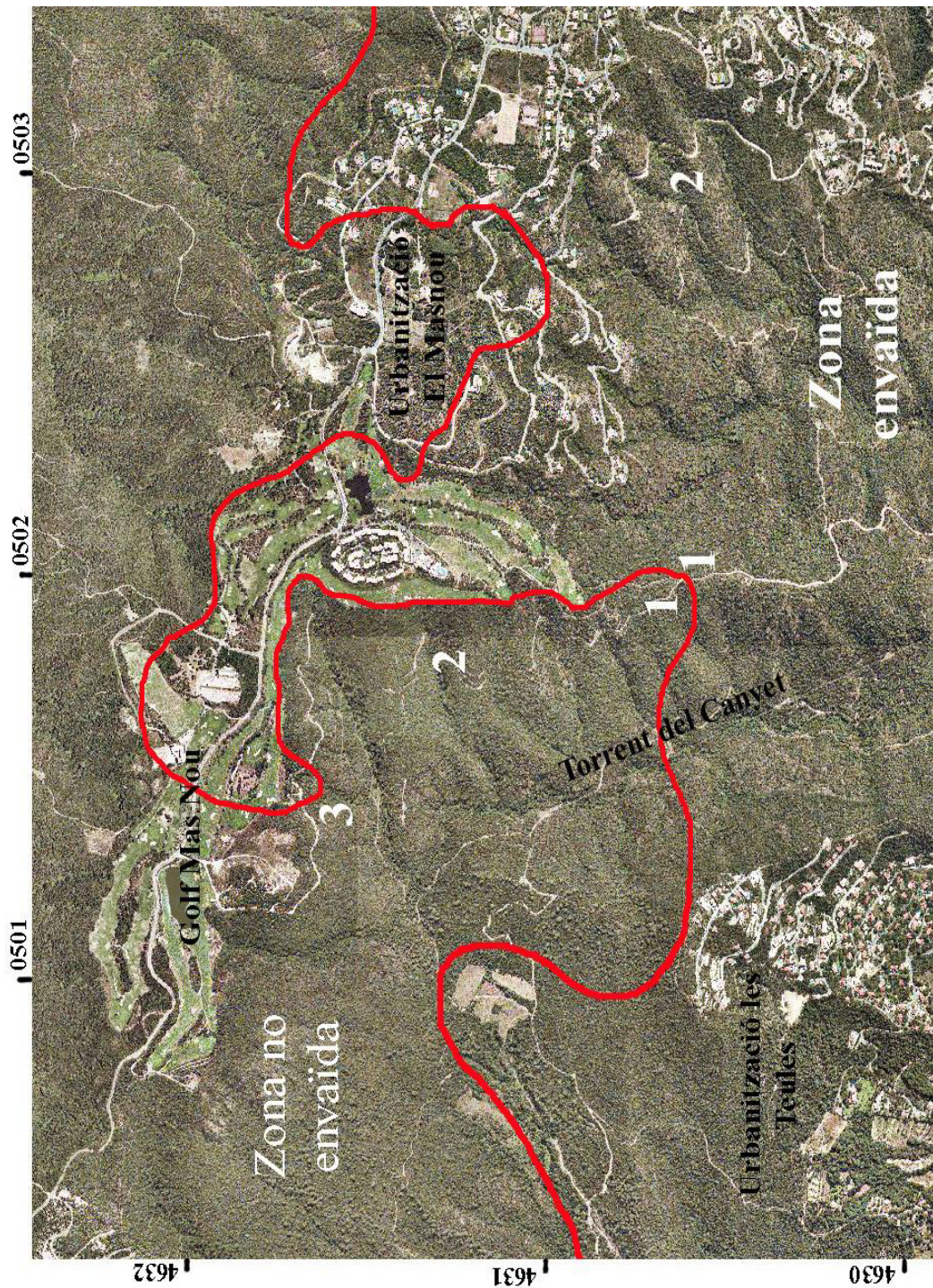


Figura 3.1. Localització de l'àrea d'estudi. Situació concreta de les zones on es van fer els diferents experiments (coordenades U.T.M): 1) visitants i potencials pol·linitzadors (capítol 1), quantitat de pol·len transportat i activitat de les formigues a les inflorescències, visitants a la inflorescència (capítol 2), temps a cada flor i distància entre flor i flor (capítol 3); 2) fruit i seed-set, viabilitat de les granes i granes parasitades (capítol 4); i 3) transport de pol·len, eficàcia dels pol·linitzadors (capítols 1 i 2) i taxa de pol·len per òvul (capítol 3). En vermell limit entre la zona envaïda i no envaïda per la formiga argentina (basat en Ortofotomapes de Catalunya 1:5000. 2a Edició, Institut Cartogràfic de Catalunya, fulls 334-6-8 (310-104), 334-5-8 (309-104), 366-6-1 (310-105) i 366-5-1 (309-105), modificats per l'autor).



CAPÍTOL 1
VISITANTS I POTENCIALS
POL·LINITZADORS D'*EUPHORBIA*
CHARACIAS



Introducció

La majoria de plantes dels ecosistemes mediterranis són pol·linitzades per insectes i, aproximadament, el 70 per cent ho són per dípters i himenòpters (Petanidou i Vokou, 1990). En general, els himenòpters es consideren el grup de pol·linitzadors més important i eficaç, especialment els de la família *Apoidea* (abelles). Tenen mandíbules adaptades a la succió del nèctar, cossos adaptats a la recol·lecció de pol·len, capacitat per llegir els camins marcats per les flors i un comportament adaptat a la manipulació d'aquestes. Els lepidòpters diürns són visitants freqüents de les flors, en general molt oloroses, amb simetria zigomòrfica o bilateral. Els dípters, amb la seva boca xucladora, són considerats pol·linitzadors primitius. Els coleòpters encara més primitius, tot i que van ser importants en el juràssic i el cretaci, i la resta d'ordres es consideren mal o poc importants pol·linitzadors (Kevan, 1983).

La família Euphorbiaceae és molt diversa i són pocs els caràcters en comú en totes les espècies, sent el gènere *Euphorbia* el més comú i divers (Massalles, 1988). Tot i això, són pocs els estudis sobre la pol·linització en aquesta família, i menys encara en aquest gènere. En general, les flors d'aquestes plantes reben un gran nombre i una gran diversitat de visitants, que van des dels ordres d'insectes més comuns fins a sargantanes (Ehrenfeld, 1979; Armbruster i Steiner, 1992; Armbruster *et al.*, 1992; Traveset i Sáez, 1997). Aquests visitants, probablement gairebé sempre són diürns, ja que les flors només ofereixen nèctar o obren les flors de dia (Ehrenfeld, 1979; Armbruster i Steiner, 1992). Les flors obertes, generalment amb simetria actinomorfa, com les d'*E. characias*, es consideren de pol·linització generalista. És a dir, reben un gran número d'espècies visitants, en contraposició a les flors especialistes, pol·linitzades per una o unes poques espècies (Gutian *et al.*, 1996; Listabarth, 2001). Altres autors, però, sostenen que encara que una flor sigui visitada per moltes espècies diferents, només unes poques són pol·linitzadores veritablement efectives (Brantjes, 1981; Motten *et al.*, 1981; Willmer, 1983; Kranitz i Maun, 1991; Fishbein i Venable, 1996; Olsen, 1997; Castañeda *et al.*, 1999; Granja, 2001; Raju *et al.*, 2001).

La formiga argentina ha envaït moltes àrees del planeta, alterant la composició de les comunitats d'artròpodes autòctones (Cole *et al.*, 1992; Human i Gordon, 1997; Bolger

et al., 2000; Harris, 2002). En alguns casos s'ha constatat un efecte negatiu en la pol·linització, a causa de la reducció de les poblacions de pol·linitzadors (Cole *et al.*, 1992). Les euforbiàcies són un grup de plantes pol·linitzades bàsicament per insectes. L'objectiu d'aquest capítol, doncs, és identificar els principals visitants i potencials pol·linitzadors d'*E. characias*, determinar-ne la seva eficàcia i comprovar els efectes de la invasió de la formiga argentina en la composició d'espècies que visiten aquesta planta (siguin pol·linitzadores o no).

Material i mètodes

Visitants i potencials pol·linitzadors

Per tal de determinar quins eren els principals visitants i pol·linitzadors d'*E. characias*, cada setmana, mentre durava la floració, s'escollien 10 peus a l'atzar. 5 en una zona envaïda i 5 en una no envaïda. Les 2 zones, envaïda i no envaïda, estaven separades un centenar de metres, per tal que les condicions ecològiques i climàtiques fossin el més semblants possibles. Durant 3 anys (del 2002 al 2004), es feien censos de 10 minuts al llarg del dia anotant el numero de visitants al peu. Es comptabilitzaven com a visitants tots aquells individus que, en algun moment o altre, tocaven les anteres o el pistil de les flors. Si era possible s'identificaven les espècies visitants al camp, sinó, eren capturades i determinades al laboratori. Com que la floració d'*E. characias* té lloc de febrer a maig, mentre el dia s'allarga i les temperatures van pujant, al principi de la floració es començaven les filmacions a les 10 del matí i s'acabaven a les 5 de la tarda. Amb el pas de les setmanes, aquest horari s'anava allargant, de manera que al final de la floració es començaven les filmacions a les 8 del matí i s'acabaven a les 8 de la tarda. Sempre s'alternaven 2 peu de la zona envaïda amb 2 de la zona no envaïda.

Transport de pol·len

Per determinar quines espècies transportaven pol·len d'*E. characias*, durant els mesos de març i abril del 2004, al llarg de 6 dies i a les hores de màxima activitat de les espècies visitants a les inflorescències (d'11 matí a les 5 de la tarda), es van capturar a

l'atzar diferents individus de les espècies visitants més comuns. Un cop capturats eren immobilitzats i introduïts vius en vials estrets. Tot seguit eren transportats ràpidament, al camp mateix, cap a una lupa binocular, on es comptaven els grans de pol·len que transportaven i a quina part del cos ho feien (cap, tòrax, abdomen o potes). El nombre de grans de pol·len transportats per les diferents espècies va ser comparat amb una ANOVA d'un factor. El nombre de grans de pol·len transportat a les diferents parts del cos, va ser comparat amb testos chi-quadrat.

Eficàcia dels pol·linitzadors

Per comprovar quina era l'eficàcia dels principals visitants d'*E. characias*, l'any 2004, abans de l'inici de la floració es van buscar i escollir 40 inflorescències d'aquesta planta. En aquestes inflorescències no es va permetre l'accés de visitants i pol·linitzadors, als voladors cobrint-les amb bosses de tela de nylon, i a les formigues i altres no voladors, posant a les seves bases cola no verinosa (*Ratimur*®). Tot i que aquesta cola està pensada i és usada per a la captura de rates i ratolins, els insectes hi queden enganxats i/o eviten travessar-la. Un altre avantatge d'aquesta cola és la seva durada i resistència a les inclemències meteorològiques, sense que es perdin les seves propietats. El més d'abril, durant 4 dies, quan les inflorescències estaven florides es destapaven i es deixava que els insectes visitessin d'una a 5 flors. Aquestes flors es recollien i, al camp mateix, amb l'ajuda d'una lupa binocular, es comptaven el numero de grans de pol·len dipositats als estigmes. El nombre de grans de pol·len dipositats als primordis per les diferents espècies va ser comparat amb una ANOVA d'un factor.

Resultats

Visitants i potencials pol·linitzadors

Es van considerar potencials i principals pol·linitzadors aquelles espècies que visitaven les inflorescències durant els 3 anys amb una freqüència superior a 0.10 visitants/cens. Una freqüència més baixa significa menys d'una visita en una hora, i aproximadament menys de 7 a 9 visites al dia. A més, les espècies que presentaven aquestes freqüències

baixes, sempre visitaven poques flors (observació personal). Aquestes espècies es van agrupar, per any i zona en 4 grups: dípters, formigues, altres himenòpters i altres.

Els principals visitants de les flors d'*E. characias*, durant els 3 anys i a les 2 zones, van ser dípters i formigues. Representaven, en els 3 anys, un percentatge sempre superior al 86 % del total de visitants. Els altres grups, la resta d'himenòpters, coleòpters i lepidòpters, presentaven en tots els casos uns percentatges baixos, sempre inferiors al 7 % (figura 4.1). La formiga argentina, a la zona envaïda, infestava la majoria d'inflorescències els anys 2003 i 2004 i, conjuntament amb *Plagiolepis pygmaea* (Latreille), representaven el 93.91 % i el 91.25 % del total de visitants. Aquest gran nombre de visites feia, també, que els percentatges de la resta d'espècies fossin més baixos, mentre que en el primer any eren similars.

Les flors d'*E. characias* van ser visitades durant els 3 anys per almenys 33 espècies d'insectes, pertanyents a 26 famílies (14 espècies de 9 famílies d'himenòpters, 10 espècies de 8 famílies de dípters, 6 espècies de 6 famílies de coleòpters, 2 espècies de 2 famílies de lepidòpters, i 1 espècie d'hemípters). D'aquestes, només 13 es van trobar al llarg dels 3 anys i només 7 presentaven una mitjana superior a 0.10 visitants per peu cada 10 minuts (o cens) regularment (taula 4.1). Totes les espècies buscaven el nèctar d'aquesta planta. No es va observar mai cap d'elles que en recollís el pol·len.

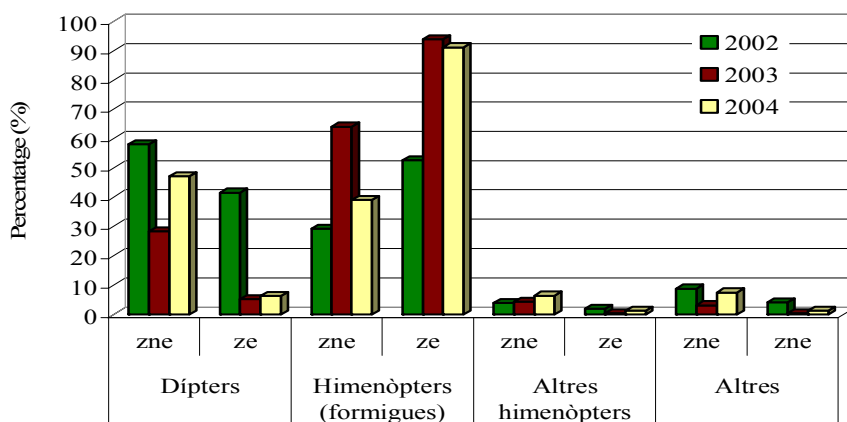


Figura 4.1. Percentatge del nombre de visitants d'*E. characias* durant 3 anys d'estudi (zne: zona no envaïda i ze: zona envaïda). Altres inclou coleòpters, hemípters, lepidòpters i individus no identificats.

Taula 4.1. Mitjana de visitants per peu cada 10 minuts (cens) a les 2 zones i els 3 anys (*: espècies que apareixien en els 3 anys i, **: espècies que apareixien en els 3 anys amb mitjanes superiors als 0.10 visitants/cens). El numero total d'individus per a cada espècie, any i zona es pot consultar als annexos (pàgina 139) (zne: zona no envaïda, i ze: zona envaïda).

Ordre	Familia	Espècie	2002		2003		2004	
			zne	ze	zne	ze	zne	ze
Dipters	Sirphidae	<i>Eristalis tenax</i> (L.)**	0.32 ± 0.92	0.33 ± 0.98	0.26 ± 0.61	0.25 ± 0.51	0.16 ± 0.41	0.03 ± 0.18
		<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer)**	0.15 ± 0.54	0.10 ± 0.44	0.21 ± 0.50	0.12 ± 0.33	0.03 ± 0.18	0.02 ± 0.13
	Calliphoridae	<i>Calliphora vomitoria</i> (L.)**	1.31 ± 2.45	1.10 ± 2.05	0.98 ± 1.40	1.20 ± 1.50	0.44 ± 0.74	0.19 ± 0.44
		<i>Sarcophaga Carnaria</i> (L.)**	0.13 ± 0.44	0.27 ± 0.69	0.16 ± 0.56	0.37 ± 0.71	0.02 ± 0.13	0.06 ± 0.25
	Tachinidae	<i>Lucilia caesar</i> (L.)*	0.01 ± 0.10	0.02 ± 0.15	0.12 ± 0.39	0.04 ± 0.25	0.02 ± 0.13	0.02 ± 0.13
		<i>Gonia divisa</i> Meigen	0.21 ± 0.69	0.22 ± 0.51	0.04 ± 0.21	0.12 ± 0.33	-	-
Muscidae	<i>Fannia</i> sp*	0.18 ± 0.81	0.09 ± 0.46	0.08 ± 0.27	0.09 ± 0.38	0.11 ± 0.55	0.02 ± 0.13	
Tipulidae	<i>Tipula</i> sp	-	-	-	0.01 ± 0.10	-	-	
Micropezidae	<i>Calobata ephippium</i> (L.)*	0.08 ± 0.47	0.02 ± 0.15	0.02 ± 0.15	0.08 ± 0.40	0.02 ± 0.13	0.06 ± 0.25	
Bibionidae	<i>Bibio marci</i> (L.)	-	-	0.07 ± 0.29	-	-	-	
Xylophagidae	Morfospecie A	-	-	0.01 ± 0.10	0.02 ± 0.15	0.02 ± 0.13	-	
Himenòpters	Aptiidae	<i>Apis mellifera</i> L.*	0.07 ± 0.26	0.03 ± 0.18	0.08 ± 0.31	0.04 ± 0.21	0.08 ± 0.33	0.06 ± 0.31
		<i>Bombus leucorum</i> (Vogt)	0.04 ± 0.20	-	-	-	-	-
	Halicidae	<i>Lasioglossum</i> sp*	-	0.04 ± 0.25	0.13 ± 0.47	0.10 ± 0.39	0.03 ± 0.18	-
Anthophoridae	<i>Anthophora</i> sp	-	-	-	0.01 ± 0.10	-	-	
	<i>Epeolus</i> sp	-	0.02 ± 0.15	-	-	-	-	

Taula 4.1. Continuació

Himenòpters	Eumenidae	<i>Pterochelilus phaleratus</i> (Panzer)	0.01 ± 0.10	-	-	-	-	-	-
	Vespidae	<i>Dolichovespula</i> sp*	0.04 ± 0.25	0.01 ± 0.10	0.01 ± 0.10	0.05 ± 0.27	-	-	0.02 ± 0.13
	Formicidae	<i>Linepithema humile</i> (Mayr)**	-	2.53 ± 6.85	-	41.04 ± 67.90	-	-	5.83 ± 7.90
		<i>Camponotus cruentatus</i> (Latr.)**	0.77 ± 1.61	-	3.91 ± 4.96	-	-	0.66 ± 1.49	-
		<i>Plagiolepis pygmaea</i> (Latr)	0.16 ± 0.64	0.19 ± 0.59	0.02 ± 0.15	0.05 ± 0.28	-	-	-
		<i>Lasius lasioides</i> (Emery)	0.10 ± 0.51	-	-	-	-	-	-
		<i>Crematogaster scutellaris</i> (Oliv.)*	0.09 ± 0.41	-	0.32 ± 2.11	-	-	0.02 ± 0.28	-
		<i>Leptothorax nyländeri</i> (Foerster)	0.08 ± 0.45	-	-	-	-	-	-
Coleòpters	Melicidae	Morfoespècie B	-	-	0.01 ± 0.10	0.02 ± 0.15	-	-	0.02 ± 0.13
	Coccinellidae	<i>Coccinella 7-punctata</i> L.	-	0.01 ± 0.10	-	0.01 ± 0.10	-	-	-
	Elateridae	Morfoespècie C	-	-	0.01 ± 0.10	-	-	-	-
	Cetoniidae	<i>Oxythira funesta</i> (L.)	-	0.01 ± 0.10	0.01 ± 0.10	-	-	-	-
	Cerambycidae	<i>Delius fungax</i>	-	0.02 ± 0.15	-	-	-	-	0.03 ± 0.18
	Oemeridae	Morfoespècie D	0.11 ± 0.38	0.05 ± 0.27	-	-	-	-	-
Hemipters	Pentatomidae	<i>Arma custos</i> (Herting)	0.02 ± 0.14	-	-	0.02 ± 0.15	-	-	-
Lepidòpters	Lycanidae	<i>Celastrina argiolus</i> (L.)	0.01 ± 0.10	-	-	-	-	-	-
	Leptoceridae	Morfoespècie E	0.01 ± 0.10	-	-	-	-	-	-
No identificats		9 tipus	0.21 ± 0.52	0.12 ± 0.39	0.18 ± 0.49	0.10 ± 0.30	0.13 ± 0.38	0.03 ± 0.18	

En el nombre de visitants per cens es va detectar una variació interanual. El número de visitants va ser més alt l'any 2003 (25.18 ± 2.17 visitants/cens, mitjana \pm e.s.) que els anys 2002 i 2004 (4.60 ± 2.14 i 4.11 ± 2.64 visitants/cens respectivament. Post-hoc DHS Tukey $p < 0.05$) (taula 4.2). L'any 2003 les inflorescències estaven especialment infestades per a la formiga argentina. També es van trobar diferències entre zones degudes al gran nombre d'individus de *L. humile* que infestaven les inflorescències a les zones envaïdes (zona no envaïda: 4.14 ± 1.90 visitants/cens i zona envaïda: 18.45 ± 1.91 visitants/cens) (taula 4.2).

Taula 4.2. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual i entre zones del número de visitants (per cens) d'*E. characias*.

	S.Q.	g.l.	F	p
Any	50010.13	2	28.77	<0.01
Zona	24526.27	1	28.22	<0.01
Any * zona	34724.76	2	19.97	<0.01
Error	426801.51	491		

Transport de pol·len

El numero de grans de pol·len transportats varia significativament entre espècies (ANOVA d'un factor, Welch = 35.35, g.l. = 6, $p < 0.01$). El test post-hoc indica que *Camponotus cruentatus* transporta més pol·len que la resta d'espècies, mentre que *Linepithema humile* i *Fannia* sp en transporten menys (Post-hoc T2 Tamhane $p < 0.05$) (figura 4.2).

Algunes d'aquestes espècies transportaven els grans de pol·len principalment al tòrax i, en menor mesura, a les potes, *C. vomitoria* ($\chi^2 = 88.73$, g.l. = 3, $p < 0.01$), *E. tenax* ($\chi^2 = 99.75$, g.l. = 3, $p < 0.01$) i *E. balteatus* ($\chi^2 = 127.15$, g.l. = 3, $p < 0.01$). *S. carnaria* els transportava bàsicament a les potes ($\chi^2 = 88.73$, g.l. = 3, $p < 0.01$) i *C. cruentatus* a les potes, tot i que també en transportava, per aquest ordre, al cap, el tòrax i l'abdomen ($\chi^2 = 22.81$, g.l. = 3, $p < 0.01$) (figura 4.3).

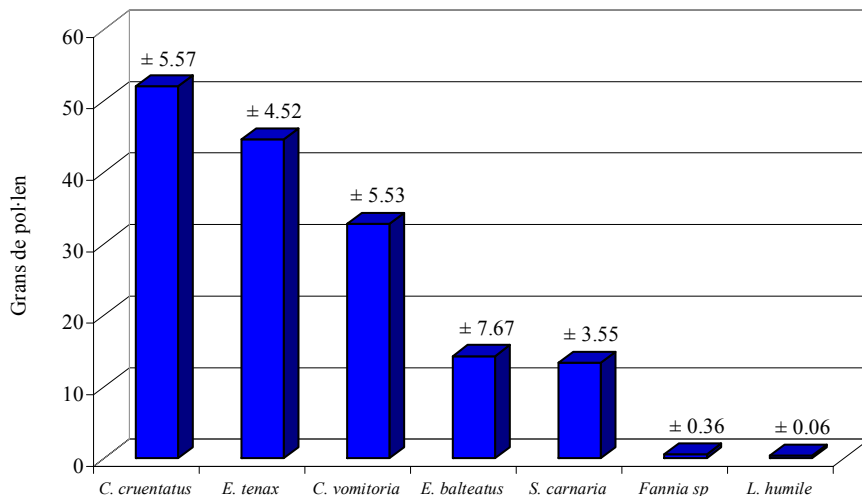


Figura 4.2. Mitjana de grans de pol·len transportat per individu (\pm e.s.) per les principals espècies visitants d'*Euphorbia characias*. El número d'individus en què es va comptabilitzar els grans de pol·len van ser de 94 per a *C. cruentatus*, 26 per a *E. tenax*, 45 per a *C. vomitoria*, 7 per a *S. carnaria*, 12 per a *E. balteatus*, 8 per a *Fannia sp* i 170 per a *L. humile*.

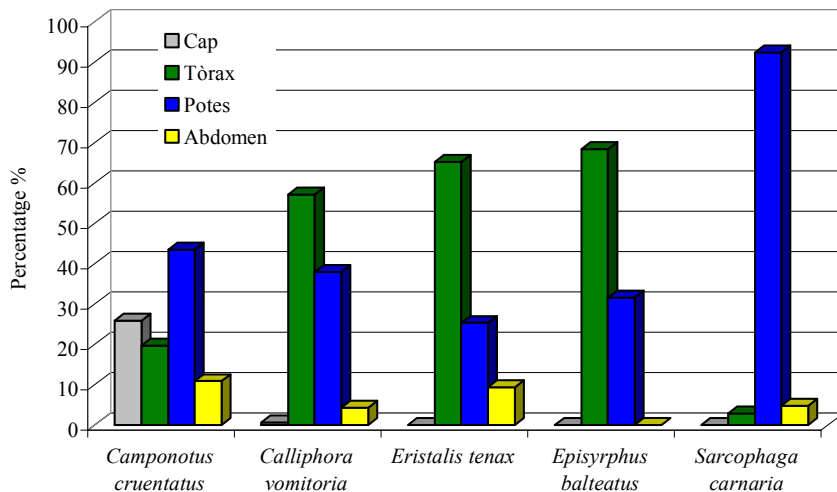


Figura 4.3. Percentatge de grans de pol·len transportat a les diferents parts del cos per les principals espècies visitants d'*Euphorbia characias*. El número d'individus en què es va comptabilitzar els grans de pol·len van ser de 88 per a *C. cruentatus* (que transportaven 4894 grans de pol·len en total), 26 per a *E. tenax* (1196 grans de pol·len), 45 per a *C. vomitoria* (1588 grans de pol·len), 4 per a *S. carnaria* (106 grans de pol·len) i 7 per a *E. balteatus* (152 grans de pol·len).

Eficàcia pol·linitzadors

El número de grans de pol·len dipositats al primordi seminal varia significativament entre espècies (ANOVA d'un factor, Welch = 5.77, g.l. = 2, $p < 0.01$). *E. tenax* diposita més grans de pol·len al primordi seminal que *Calliphora vomitoria* i *Camponotus cruentatus* (post-hoc T2 Tamhane $p < 0.05$) (taula 4.3).

Taula 4.3. Mitjana de grans de pol·len dipositats al primordi seminal a cada visita.

Espècie	N	Flors	
		visitades	Mitjana \pm e.s.
<i>Eristalis tenax</i>	9	27	2.70 \pm 0.62
<i>Calliphora vomitoria</i>	8	31	0.84 \pm 0.20
<i>Camponotus cruentatus</i>	6	19	0.42 \pm 0.26

Discussió

Un total de 33 espècies visitaven les inflorescències d'*Euphorbia characias*. Un número que està entre els obtinguts en altres plantes del mateix gènere. *Euphorbia capitellata* era visitada per 64 i *E. hyssopifolia* per 40 (Ehrenfeld, 1979). *E. dendroides* era visitada per 18 espècies diferents, incloent-hi una sargantana del gènere *Podarcis* (Traveset i Sáez, 1997). Els principals pol·linitzadors d'*E. albomarginata*, *E. capitellata* i *E. hyssopifolia*, eren himenòpters, entre un 45 i un 60 % de les espècies que visitaven aquestes plantes pertanyien a aquest grup. Dins aquests, un gran percentatge corresponia a la família *Apoidea*. El seguien, en percentatge, els dípters, que representaven al voltant d'un 20 % dels visitants (Ehrenfeld, 1979). Per a *E. dendroides*, els himenòpters representaven el major percentatge d'individus visitants (amb el 51.6 %), destacant les famílies *Eumenidae* i *Anthophoridae*. Els dípters representaven el 48.2 % de les espècies visitants, destacant les famílies *Syrphidae* (19.2 % del total) i *Calliphoridae* (8 % dels visitants) (Traveset i Sáez, 1997). En un estudi fet en una comunitat herbàcia a Canet de mar (Catalunya), el 58 % de visitants a les flors eren formigues, el 12 % escarabats, el 9.5 % abelles de la mel, el 6.4 % abelles salvatges i el 5.2 % vespes (Bosch *et al.*, 1997). En el nostre cas, els principals visitants de les flors d'*Euphorbia characias* també eren dípters i himenòpters. Si bé els himenòpters seguien sent el grup o un dels grups principals en numero de visitants, en els casos anteriors aquests

pertanyien a famílies o espècies voladores i no, com en els en el nostre cas, a formigues, amb un percentatge que s'acosta més al trobat a l'estudi de Canet de Mar.

La presència de visitants a les inflorescències d'*E. characias* varia d'un any a un altre. Algunes espècies només apareixen en algun o alguns dels anys estudiats. De les que apareixen al llarg dels 3 anys, la majoria presenta fluctuacions interanuals, essent menys abundants l'any 2004. Aquesta variació és molt notable, per exemple, en el cas de les formigues, que eren molt abundants l'any 2003. Aquesta variació anual en el número de visitants i pol·linitzadors, tal i com apunta Gutián *et al.* (1996), pot respondre a causes molt diverses i complexes. Les diferències entre els factors físics ambientals fa que hi hagi una variació entre el nombre i la composició dels pol·linitzadors (Herrera, 1988; Ashman i Stanton, 1991; Fishbein i Venable, 1996; Gutian *et al.*, 1996). L'activitat dels pol·linitzadors estan estretament correlacionades amb la temperatura o la radiació solar (Gilbert, 1985; Abrol, 1991; McCall i Primack, 1992; Corbet *et al.*, 1993; Batra, 1999).

Només 7 espècies visitaven les inflorescències d'*E. characias* regularment durant els 3 anys amb prou freqüència per ser considerades les principals i potencials pol·linitzadores d'aquesta planta: 2 espècies de formiga (*Linepithema humile* i *Camponotus cruentatus*) i 5 de dípters (*Fannia* sp, *Calliphora vomitoria*, *Sarcophaga carnaria*, *Eristalis tenax* i *Episyrphus balteatus*). Les 2 espècies de formiga, com veurem més endavant, no són pol·linitzadores d'aquesta planta. La pol·linització únicament per dípters, tot i que no és la més freqüent, sí que es pot donar en algunes espècies. *Cordia multispicata* és pol·linitzada per 9 espècies de sírfids i una de callifòrids (Machado i Loiola, 2000). En alguns casos, com els de *Linum lewesii* (Kearns i Inouye, 1994), *Claytonia virginica* (Motten *et al.*, 1981) o el d'un bosc secundari japonès (Osada *et al.*, 2003), tot i que els himenòpters eren els pol·linitzadors més eficients (transporten i dipositen més grans de pol·len per visita), els dípters eren més eficaços, ja que feien moltes més visites a les flors i acabaven dipositant més pol·len a les flors femenines. El dípters probablement també juguen un paper important com a pol·linitzadors en les zones fredes, com la tundra, on són els visitants més freqüents de les flors (McCall i Primack, 1992), i a l'alta muntanya, on són més abundants que els himenòpters, probablement perquè la seva termoregulació és millor en aquests ambients (Arroyo *et al.*, 1982; Kearns, 1992).

Actualment s'està revisant, i revaloritzant, el paper dels dípters com a pol·linitzadors. En alguns casos ja es consideren igual d'efectius que els himenòpters (Kearns i Inouye, 1994; Pellmyr i Thomson, 1996; Listabarth 2001). Són un dels ordres que més visiten les flors i han estat mencionats com a pol·linitzadors o visitants regulars, al menys en 555 espècies de plantes amb flors (Larson *et al.*, 2001). Les espècies de la família Syrphidae són visitants freqüents de les flors i s'alimenten de pol·len i/o el nèctar que aquestes els ofereixen (Morse, 1981; Gilbert, 1981; Haslett, 1989). Com en el nostre cas, s'ha comprovat que transporten pol·len, fins a 300 o més grans de pol·len en *Viburnum opalus* (Krannitz i Maun, 1991), o de 10 a 30 per a 3 espècies d'*Euphorbia* americanes (Ehrenfeld, 1979). En *Linum lewesii* diferents espècies dipositaven una mitjana de 4.71 ± 4.0 grans de pol·len al primordi seminal (Kearns i Inouye, 1994), un número només una mica superior al trobat en el nostre cas. A més, els sírfids han estat descrits com a potencials pol·linitzadors en algunes espècies (Galen i Kevan, 1980; Morse, 1981; Brantjes, 1981; Willmer, 1983; Stuck, 1994; Castañeda *et al.*, 1999; Lippok *et al.*, 2000). Les 2 espècies de sírfids que visitaven *E. characias* també han estat descrites com pol·linitzadors més o menys importants. *Episyrphus balteatus* d'*Euphorbia dendroides* (Traveset i Sáez, 1997) i *Cytisus scoparius* (Susuki, 2000), i *E. tenax* de *Lavandula latifolia* (Herrera, 1987), *Vivurnum opalus* (Krannitz i Maun, 1991), *Cornus sanguinea* (Gutián *et al.*, 1996), *Raphanus raphanistrum* (Conner i Rush, 1996), *Persea americana* (Castañeda *et al.*, 1999) i *Hormathophylla spinosa* (Gómez i Zamora 1999). Les famílies Calliphoridae i Sarcophagidae no són citades tan freqüentment com a visitants florals. Tot i això, *Calliphora vomitoria* també és considerat un bon pol·linitzador d'*Euphorbia dendroides* (Traveset i Sáez, 1997) i *Cornus sanguinea* (Gutián *et al.*, 1996) i, espècies del gènere *Sarcophaga*, d'*Euphorbia dendroides* (Traveset i Sáez, 1997) i *Antigonon leptorus* (Raju *et al.*, 2001). *E. tenax* és l'espècie que transporta més pol·len i en diposita més a la flor femenina, en principi seria l'espècie més eficient. *C. vomitoria* transporta menys pol·len i en diposita menys al primordi seminal. Aquesta menor eficiència, però, podria ser compensada pel major nombre de visites a les inflorescències. *S. carnaria* i *E. balteatus* també podrien ser bons pol·linitzadors.

Espècies com *Gonia divisa* o *Lasioglossum* sp podien arribar a ser abundants alguns anys, però en altres la seva presència a les inflorescències era molt menor o, fins i tot, no van ser detectades. Altres espècies, com *Bibio marci* o *Tipula* sp, la major part

d'himenòpters voladors (abelles i abellots), i totes les espècies de coleòpters, hemípters i lepidòpters visitaven poc freqüentment les inflorescències d'*E. characias* i només han estat detectades alguns anys. *Apis mellifera* era un visitant regular de les inflorescències. Tot i que ho feia amb una freqüència baixa, visitava poques flors i gairebé sempre preferia les flors d'altres espècies properes a les inflorescències estudiades (observació personal). Totes aquestes espècies, doncs, s'haurien de considerar visitants ocasionals o, en tot cas, com a pol·linitzadors secundaris. Entre les espècies que visitaven freqüentment les inflorescències al llarg dels 3 anys, *Fannia* sp no transportava grans de pol·len i, com comprovarem en capítols posteriors, les formigues només explotaven el nèctar d'aquesta planta de forma oportunista. Així doncs, tot i que d'entrada es podria considerar *E. characias* una espècie de pol·linització generalista pel gran nombre de visitants que rep, només 4 espècies de dípters (*Calliphora vomitoria*, *Sarcophaga carnaria*, *Eristalis tenax* i *Episyrphus balteatus*) es poden considerar com els pol·linitzadors més importants d'aquesta planta.

CAPÍTOL 2

FORMIGUES COM A POL·LINTZADORES



Introducció

Les formigues són visitants habituals de les plantes, amb les quals estableixen interaccions extraordinàriament diverses, podent actuar com a herbívores, agents defensors, dispersadors de granes, pol·linitzadors o proveïdors de macronutrients (Huxley, 1991). Lògicament, també són visitants habituals de les flors (Hickman, 1974; Herrera *et al.*, 1984; Haber *et al.*, 1981). La conca mediterrània no és una excepció; en una comunitat herbàcia, per exemple, més de la meitat de visitants a les flors eren formigues (Bosch *et al.* 1997).

Les formigues tradicionalment han estat considerades pol·linitzadores pobres o poc eficients. Això era així perquè la seva mida petita faria que passessin per les flors sense tocar les anteres o els pistils, i/o perquè el pol·len no s'adheriria al seu cos que, a més, netegen sovint (Faegri i Van der Pijl, 1971). A més, les secrecions de les seves glàndules metapleurals poden alterar la funció del pol·len (Beattie *et al.*, 1984), causant disfuncions en la seva membrana i reduint-ne la viabilitat (Hull i Beattie, 1988). En molts casos, les formigues exploten el nèctar floral de forma oportunista (Herrera *et al.*, 1984; Rico-Gray, 1989; Espadaler i Gómez, 1996; Dejean *et al.*, 1997; Dreisig, 2000; Josens, 2002; Romero 2002; Schilman i Rocas, 2003). Algunes plantes fins i tot han desenvolupat repel·lents florals per evitar-ne l'accés (Ghazoul, 2001). Tot i això, en alguns casos s'ha comprovat que són pol·linitzadors eficaços (taula 5.1). Més rarament, poden ajudar a que aquesta tingui lloc. *Protea humiflora*, per exemple, atreu formigues a les seves inflorescències perquè aquestes siguin consumides per petits mamífers, que són els veritables pol·linitzadors d'aquesta planta (Fleming i Nicolson, 2003).

El paper que juguen les formigues com a pol·linitzadors pot dependre, substancialment, de la seva relativa abundància respecte a altres espècies de pol·linitzadors. La pol·linització per formigues, a vegades, esdevé evident quan el nombre de formigues sobrepassa el d'altres visitants a les flors (Gómez *et al.*, 1996). També es creu que poden jugar un paper clau en zones àrides i mediterrànies, especialment en les primeres, on altres insectes poden ser-hi rars o absents (Hickman, 1974). *Camponotus fulvopilosus*, per exemple, és un probable bon pol·linitzador de les zones àrides sud-africanes (Struck, 1994)

En el primer capítol s'ha constatat que en les zones envaïdes no s'han trobat formigues autòctones, excepte *Plagiolepis pygmaea*, una espècie de formiga petita (1.3-2 mm). En aquest capítol és vol determinar si les formigues autòctones podrien ser bones pol·linitzadores, i si la formiga argentina podria fer aquesta funció.

Taula 5.1. Espècies vegetals (un total de 39 pertanyents a 22 famílies diferents) pol·linitzades per formigues de 10 gèneres diferents (AB, relació amb la planta. A: pol·linitzador principal. B: pol·linitzador secundari. * *E. albomarginata*, *E. hyssopifolia* i *E. capitellata*. # *Camponotus compressus*, *Camponotus sp.*, *Crematogaster sp.*, *Solenopsis germinata* i *Pheidole spathifer*) (extret de Peakall *et al.* 1991. Modificat per l'autor).

Espècie vegetal	Família	Formigues Pol·linitzadores	AB	Referència
<i>Rohdea japonica</i>	Liliaceae	-	A	Migliorato 1910
<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae	-	A	Patel 1938
<i>Glaux maritima</i>	Primulaceae	-	A	Dahl i Hadac 1940
<i>Theobroma leiocarpa</i>	Sterculiaceae	-	B	Posnette 1942
<i>Seseli libanotis</i>	Apiaceae	-	A	Hagerup 1943
<i>Herniaria cilioata</i>	Caryophyllaceae	-	A	Kincaid 1963
<i>Trinia glauca</i>	Apiaceae	-	A	Proctor and Yeo 1973
<i>Cordia bruwnei</i>	Boraginaceae	-	B	Percival 1974
<i>Cordia globosa</i>	Boraginaceae	-	B	Percival 1974
<i>Morinda royoc</i>	Rubiaceae	-	B	Percival 1974
<i>Polygonum cascadenense</i>	Polygonaceae	<i>Formica argentea</i>	A	Hickman 1974
<i>Triphysaria pusilla</i>	Scrophuliaceae	-	A	Winder 1978
<i>Euphorbia</i> (3 espècies)*	Euphorbiaceae	No especificades	B	Ehrenfeld 1979
<i>Coronopus didymus</i>	Brassicaceae	-	A	Chauhan 1979
<i>Diamorpha smallii</i>	Crassulaceae	<i>Formica schaufussii</i>	B	Wyatt 1981
<i>Halogeton glomeratus</i>	Chenopodiaceae	-	A	Blackwell i Powell 1981
<i>Suaeda suffrutescens</i>	Chenopodiaceae	-	A	Blackwell i Powell 1981
<i>Epipactis palustris</i>	Orchidaceae	<i>Lasius niger</i> i <i>F. polyclena</i>	A	Brantjes 1981
<i>Leptadenia reticulata</i>	Asclepiadeceae	<i>Crematogaster sp</i>	B	Pant <i>et al</i> 1982
<i>Scleranthus perennis</i>	Caryophyllaceae	<i>Formica rufibarbis</i>	A	Svensson 1985
<i>Microtis parviflora</i>	Orchidaceae	<i>Iridomyrmex gracilis</i>	A	Peakall i Beattie 1989
<i>Leporella fimbriata</i>	Orchidaceae	<i>Myrmecia urens</i>	A	Peakall i Beattie 1989

<i>Blandfordia grandiflora</i>	Liliaceae	<i>Iridomyrmex</i> sp	B	Ramsey 1995
<i>Borderea pyrenaica</i>	Dioscoreaceae	<i>Leptothorax tuberum</i>	B	García <i>et al</i> 1995
<i>Alyssum purpureum</i>	Cruciferae	<i>Proformica longiseta</i>	AB	García <i>et al</i> 1995
<i>Arenaria tetraquetra</i>	Caryophyllaceae	<i>Proformica longiseta</i>	A	García <i>et al</i> 1995
<i>Sedum anglicum</i>	Crassulaceae	<i>Proformica longiseta</i>	A	García <i>et al</i> 1995
<i>Retama sphaerocarpa</i>	Fabaceae	<i>Camponotus foreli</i>	AB	García <i>et al</i> 1995
<i>Frankenia thymifolia</i>	Frankeniaceae	<i>Camponotus foreli</i>	A	García <i>et al</i> 1995
<i>Paronychia pulvinata</i>	Caryophyllaceae	<i>Formica neorufibarbis</i>	B	Puterbaugh 1998
<i>Hormathophylla spinosa</i>	Cruciferae	<i>Proformica longiseta</i>	B	Gómez i Zamora 1999
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Euphorbiaceae	No especificat	B	Schürch <i>et al</i> 2000
<i>Lobularia maritima</i>	Cruciferae	<i>Camponotus micans</i>	AB	Gómez 2000
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	Caryophyllaceae	<i>Lasius niger</i>	A	Mayer i Gottsberger 2002
<i>Balanophora kuroiwai</i>	Balanophoraceae	<i>Leptothorax</i> sp	AB	Kawakita i Kato 2002
<i>Balanophora tobiracola</i>	Balanophoraceae	<i>Leptothorax</i> sp	AB	Kawakita i Kato 2002
<i>Jatropha curcas</i>	Euphorbiaceae	Varies espècies [#]	B	Raju i Ezradanam 2002

Material i mètodes

Quantitat de pol·len transportat per formigues

Per determinar quines espècies de formigues autòctones podrien ser potencials pol·linitzadores de diferents plantes, i si la formiga argentina les podria “substituir” en aquesta funció, es va quantificar la quantitat de pol·len que transportava cada espècie. En una zona de frontera, entre una àrea envaïda i un altre no envaïda per la formiga argentina, es van recol·lectar formigues de totes les espècies que es trobaven en les flors de les inflorescències d’*E. characias*, *E. biumbellata* i *Cistus salviifolius*. Es va fer en un transecte de 200 metres a les hores de major activitat (de 10 del matí a 4 de la tarda). Durant 3 dies del mes d’abril (per *E. characias*), 2 dies de maig (per *E. biumbellata*) i 1 dia de maig del 2003 (per *C. salviifolius*). Els diferents individus es capturaven vius amb unes pinces i s’introduïen directament en un vial (per evitar així, manipulacions que podrien comportar la pèrdua de grans de pol·len). Tot seguit eren transportat cap a una lupa binocular i, al camp mateix, es contaven els grans de pol·len adherits al cos

amb l'ajuda d'una lupa binocular. El numero de grans de pol·len transportats per a cada espècie de formiga i per cadascuna de les plantes, van ser comparats amb una ANOVA d'un factor.

Activitat de les formigues a les inflorescències

A la mateixa zona, mentre es feien els censos (veure capítol 1) es filmava una inflorescència de cada peu amb una càmera de vídeo. Un cop al laboratori les cintes eren visionades anotant, l'any 2002 i només per *L. humile* i *Camponotus cruentatus* (les 2 espècies més abundants de formigues a cada zona), cada vegada que passaven per una flor, els cops que recollien nèctar, i els cops que tocaven les antereres o els pistils. Els percentatges obtinguts van ser comparats amb un test chi-quadrat.

Mentre es feien els censos, durant els anys 2002 i 2003, també es van comptar el nombre de formigues presents a cada inflorescència de cada peu observat. El percentatge d'inflorescències ocupades (amb presència d'obreres, 1 o més) i el numero d'obreres a les inflorescències (només per a les inflorescències ocupades), per a cada zona i durant la floració d'*E. characias*, van ser comparades usant un test t per a dades aparellades.

Resultats

Quantitat de pol·len transportat per formigues

A la zona envaïda només es van recol·lectar 2 espècies de formiga (*L. humile* i *P. Pygmaea*), mentre que a la zona no envaïda se'n van recol·lectar 8. Per *E. characias*, *C. cruentatus* transportava més grans de pol·len que la resta d'espècies, que pràcticament no en transportaven (taula 5.2) (ANOVA d'un factor, Welch = 18.30, g.l. = 5, $p < 0.01$. Post-hoc T2 tamhane $p < 0.05$). Per *E. biumbellata*, *C. cruentatus* i *Camponotus piceus* transportaven més pol·len que *P. pygmaea* i *L. humile* que, com en el cas anterior, gairebé tampoc en transportaven (taula 5.2) (ANOVA d'un factor, Welch = 11.46, g.l. = 3, $p < 0.01$. Post-hoc test T2 Tamhane, $p < 0.05$). Per a *C. salviifolius*, en canvi, no hi

havia diferències significatives en el número de grans de pol·len transportat per a les diferents espècies (ANOVA d'un factor, $F = 3.76$, g.l. = 2, $p = 0.030$).

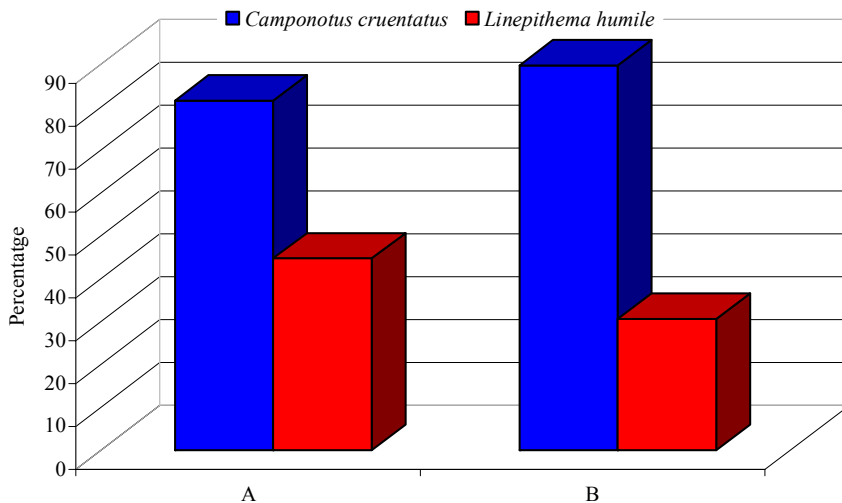
Activitat de les formigues a les inflorescències

L'any 2002 es van observar 36 obreres de *C. camponotus* a les inflorescències d'*E. characias*. Aquestes visitaven 291 flors, recol·lectant nèctar en 237 i tocant les anteres o els pistils en 261. De *L. humile* es van observar 158 obreres visitant flors, que també van visitar 291 flors, recol·lectant nèctar en 130 i tocant les anteres o els pistils en 89. El percentatge de flors en què *C. cruentatus* recol·lectava nèctar era més gran que el mateix percentatge per a *L. humile* (figura 5.1) ($\chi^2 = 31.20$, g.l. = 1, $p < 0.01$). El percentatge de flors en què *C. cruentatus* tocava alguns dels òrgans reproductors també era més gran que el mateix percentatge per a *L. humile*. En ambdós casos i amb independència de si recol·lectaven nèctar o no (figura 5.1) ($\chi^2 = 84.52$, g.l. = 1, $p < 0.01$).

L'any 2002 es van examinar 941 inflorescències d'*E. characias* a la zona envaïda, de les quals la formiga argentina n'ocupava 405. A la zona no envaïda es van examinar 974 inflorescències, *C. cruentatus* n'ocupava 213. El percentatge d'inflorescències ocupades per la formiga argentina (73.04 ± 9.31 , percentatge mitjà \pm e.s.) i per a *C. cruentatus* (42.91 ± 11.14) no eren significativament diferents ($t = 2.254$, g.l. = 6, $p = 0.065$) (figura 5.2a). El nombre d'obreras de formiga argentina per inflorescència (9.75 ± 2.47 obreres, mitjana \pm es), en el període de floració, era més gran que el nombre d'obreras per inflorescència de *C. cruentatus* (1.82 ± 0.14) ($t = 3.36$, g.l. = 6, $p = 0.015$) (figura 5.2a). L'any 2003 es van examinar 982 inflorescències d'*E. characias* a la zona envaïda, de les quals la formiga argentina n'ocupava 413. A la zona no envaïda se'n van examinar 1216, *C. cruentatus* n'ocupava 198. El percentatge d'inflorescències ocupades per la formiga argentina (84.94 ± 4.99 , percentatge mitjà \pm e.s.) i per a *C. cruentatus* (62.58 ± 14.77) no eren significativament diferents ($t = 1.76$, g.l. = 6, $p = 0.129$) (figura 5.2b). Tampoc hi havia diferències significatives entre el nombre d'obreras de formiga argentina (51.35 ± 19.53 obreres, mitjana \pm e.s.) i el de *C. cruentatus* presents a les inflorescències (5.00 ± 1.26) ($t = 2.36$, g.l. = 6, $p = 0.057$) (figura 5.2b).

Taula 5.2. Numero de grans de pol·len d'*Euphorbia characias*, *E. biumbellata* i *Cistus salviifolius* transportats per obreres de formiga argentina i de diferents espècies de formigues autòctones.

	<i>E. characias</i>			<i>E. biumbellata</i>			<i>C. salviifolius</i>		
	N	Mitjana	e.s.	N	Mitjana	e.s.	N	Mitjana	e.s.
<i>Linepithema humile</i> Mayr	170	0.37	0.06	25	0.44	0.21	20	6.95	2.10
<i>Camponotus cruentatus</i> (Latr.)	94	52.06	5.57	37	38.84	6.82	-	-	-
<i>Plagiolepis pygmaea</i> (Latr.)	40	0.20	0.07	42	0.17	0.12	13	9.85	3.00
<i>Crematogaster scutellaris</i> (Olivier)	33	1.21	0.38	-	-	-	-	-	-
<i>Formica gagates</i> Latr.	19	0.84	0.46	-	-	-	-	-	-
<i>Formica subrufa</i> Roger	6	1.67	0.99	-	-	-	-	-	-
<i>Camponotus piceus</i> (Leach)	-	-	-	5	42.80	21.57	-	-	-
<i>Lasius lasioides</i> (Emery)	1	-	-	-	-	-	20	2.25	0.69
<i>Formica cunicularia</i> Latr.	3	-	-	-	-	-	-	-	-

**Figura 5.1.** A. Percentatge de flors en què *Camponotus cruentatus* i *Linepithema humile* recol·lectaven nèctar. B. Percentatge de flors en què aquestes 2 espècies tocaven les anteres o els pistils de les flors.

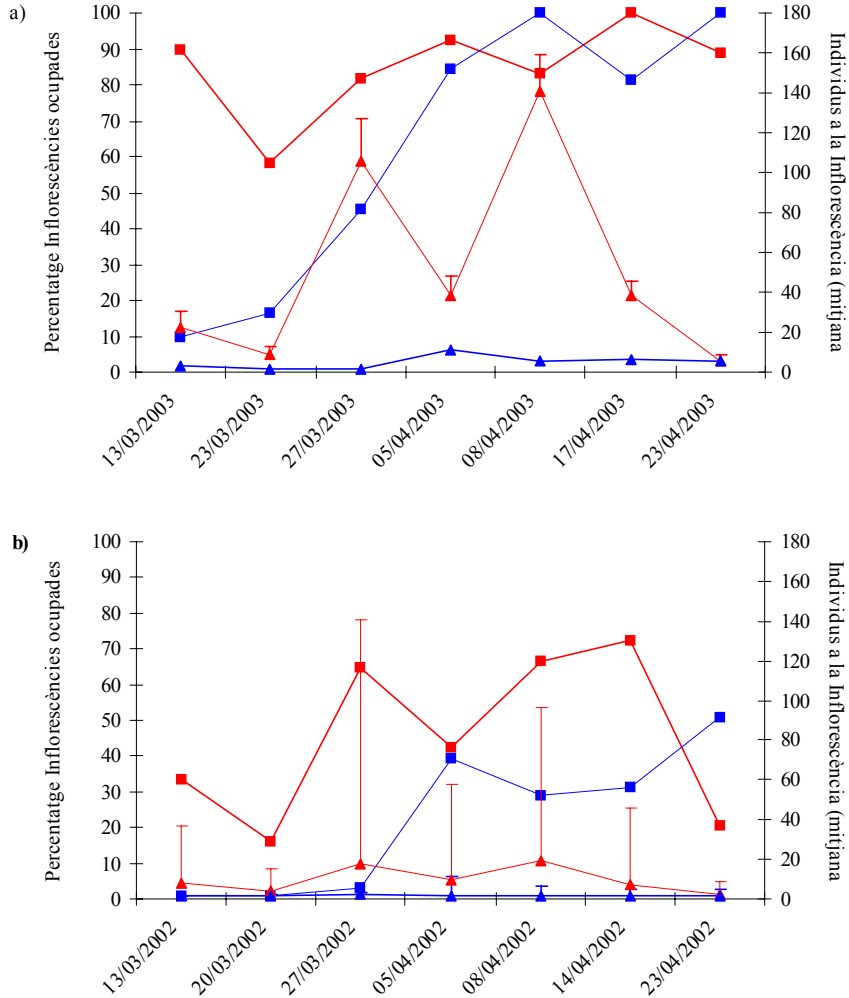


Figura 5.2. Percentatge d'inflorescències ocupades per una o més obreres durant la floració d'*Euphorbia characias* (inflorescències ocupades/total inflorescències observades per dia) (línies amb quadrats) i numero d'obreres a les inflorescències ocupades (mitjana \pm e.s.) (línies amb triangles), durant els 2 anys que va durar l'estudi, **a:** 2002 i **b:** 2003 (en vermell *L. humile*, en blau *C. cruentatus*).

Discussió

A les zones envaïdes per la formiga argentina aquesta desplaça la majoria de formigues autòctones (Donnelly i Giliomee, 1985; Ward, 1987; Majer, 1994; Cammel *et al.*, 1996;

Human i Gordon, 1996; Way *et al.*, 1997; Harris, 2002; Carpintero *et al.*, 2003; Touyama *et al.*, 2003). La conca mediterrània no és una excepció. Al Parc Nacional de Doñana la riquesa i la diversitat de formigues autòctones al voltant de les cases és similar a la dels habitats naturals, excepte quan la formiga argentina esdevé dominant (Carpintero *et al.*, 2003; Carpintero *et al.*, 2005). A la mateixa zona on es van fer aquest estudi, Gómez *et al.* (2003) i Oliveras (2005) constaten la desaparició de totes les espècies dispersadores de grans. En el nostre cas, a les zones no envaïdes per la formiga argentina a les inflorescències d'*Euphorbia characias*, *E. biumbellata* i *Cistus salviifolius* es van trobar 8 espècies autòctones, mentre que a les zones envaïdes només una: *Plagiolepis pygmaea* (a part de la formiga argentina). Algunes formigues autòctones poden conviure sense problemes amb la formiga argentina, sent la clau d'aquesta convivència la seva mida petita (Touyama *et al.*, 2003), o, en altres casos, la no coincidència dels seus períodes d'activitat (Carpintero *et al.*, 2003; Sanders *et al.*, 2003).

De les 9 espècies de formigues que es van trobar a les flors o a les inflorescències, inclosa la formiga argentina, només les 2 del gènere *Camponotus* (*C. cruentatus* i *C. piceus*) transportaven una gran quantitat de pol·len. Algunes espècies són bones pol·linitzadores (veure quadre 5.1 de la introducció). *C. micans* és, per exemple, el principal pol·linitzador estival de *Lobularia maritima* (Gómez, 2000), *Camponotus foreli* de *Frankenia thymifolia* (García *et al.*, 1995) o *Camponotus compressus* de *Jatropha curcas* (Raju i Ezradanan, 2002). *C. cruentatus* i *C. piceus*, com les espècies anteriors, no tenen les característiques que, a priori, les farien males pol·linitzadores (segons Faegri i Van der Pijl, 1971; Beattie *et al.*, 1984; Hull i Beattie, 1988). Les formigues d'aquest gènere són nectarívores i es troben sovint a les flors (Haber *et al.*, 1981; Herrera *et al.*, 1984; Rico-Gray i Thien, 1989; Rico-Gray, 1989; Espadaler i Gómez, 1996; Dejean *et al.*, 1997; Dreisig, 2000; Josens, 2002; Romero, 2002; Schilman i Rocas, 2003), no tenen glàndules metapleurals (Hölldobler i Engel-Siegel, 1984) i són espècies de formiga grans (6-14 i 3.4-7 mm, respectivament). Tant una com l'altra transporten grans de pol·len i *C. cruentatus* sovint toca les anteres o els pistils de les flors d'*E. characias*. En contraposició, la formiga argentina és una espècie omnívora que s'alimenta principalment de preses animals i líquids com la mel (Vega i Rust, 2001), és una formiga petita (2.5-3 mm) i té glàndules metapleurals. Aquesta espècie

tocava les anteres o els pistils de les flors 3 vegades menys que *C. cruentatus*, i no transportava grans de pol·len.

Si bé el percentatge d'inflorescències ocupades tant per formigues autòctones com per la formiga argentina era el mateix, en el nostre cas el número d'obreres de formiga argentina a les inflorescències era més gran. Un patró similar al que es va trobar a Califòrnia. En aquest territori les obreres de formiga argentina campegen més hores al dia, busquen aliment i recluten en un nombre més gran que les espècies autòctones. D'aquesta manera aprofiten millor els recursos alimentaris, ja que hi arriben més ràpidament i els recullen de forma més eficient. La competència per aquests recursos, conjuntament amb la interferència en el comportament de les formigues autòctones a causa del seu avantatge numèric, molt probablement explicarien el desplaçament de les formigues autòctones (Human i Gordon, 1996; Holway 1999).

Als prats mediterranis de Catalunya les formigues autòctones estan més actives de maig a setembre (Bosch *et al.*, 1997). El període de màxima activitat de *C. cruentatus* és entre juny i juliol, tot i que la comença al març (Cros *et al.*, 1997). A les zones envaïdes, la formiga argentina estava més activa al principi i a mitjans del període de floració d'*E. characias*. A meitat de maig disminuïa la seva activitat, almenys sobre les inflorescències. En canvi, *C. cruentatus* començava la seva activitat a principis de maig i l'incrementava a mesura que la floració d'*E. characias* anava avançant, quan la majoria de plantes de la zona estaven florides i *E. characias* tenia més flors.

La formiga argentina desplaça la majoria d'espècies autòctones i probablement explota el nèctar de forma oportunista, ja que no transporta grans de pol·len. Segurament la majoria d'espècies autòctones també exploten aquest nèctar de forma oportunista, però espècies com *C. cruentatus* o *C. piceus* podrien ser pol·linitzadors més o menys importants de plantes com *E. biumbellata* (com es veurà en l'últim capítol), entre altres. La invasió de la formiga argentina, doncs, podria afectar a la pol·linització d'aquesta i altres plantes i, com a conseqüència d'això, a llarg termini, alterar la composició de plantes en les comunitats de les zones envaïdes.

A close-up photograph of the inflorescence of Euphorbia characias. The plant has several upright, green stems with small, rounded, green bracts. Each bract contains a small, dark purple flower with a yellow center. Numerous ants are seen crawling on the flowers and bracts, illustrating the mutualistic relationship between the plant and the ants.

CAPÍTOL 3

EFFECTE DE LA FORMIGA
ARGENTINA EN ELS VISITANTS
D'*EUPHORBIA CHARACIAS*

Introducció

Una relació freqüent que s'estableix entre formigues i plantes, de tipus mutualista, és aquella en què les plantes atreuen les formigues donant-les aliment en forma de nèctar, a canvi de la protecció que obtenen davant de la predació de granes (Schemske, 1980; Compton i Robertson, 1988) o l'herbivoria (Oliveira *et al.*, 1987; Willmer i Stone, 1997; de la Fuente i Marquis, 1999; Romero 2002; Almeida i Figueredo, 2003). Aquesta relació pot arribar a ser molt estreta. *Catalpa bignonioides*, per exemple, produeix més nèctar extrafloral i amb més concentració de sucres per atreure formigues quan és atacada per erugues herbívores (Ness, 2003). La protecció també implica la presència d'un bon nombre de formigues a les plantes. En general això no té efecte sobre els pol·linitzadors o la pol·linització (Compton i Robertson, 1988; Horvitz i Schemske, 1990; Almeida i Figueredo, 2003). Algunes plantes han desenvolupat diferents mecanismes per què això sigui així. Les flors joves de diferents acàcies, per exemple, emeten senyals químics que impedeixen que les formigues hi accedeixin. Aquests senyals finalitzen quan l'òvul ha estat fertilitzat i es formen les granes, permetent el retorn de les formigues i la protecció del fruit (Willmer i Stone, 1997).

Tot i que en alguns casos les formigues poden actuar com a protectores (com acabem de veure) o com a pol·linitzadores (com hem vist al capítol anterior), en general visitarien les flors per explotar-ne el nèctar de forma oportunista. Sovint competint amb els pol·linitzadors fent menys atractives les flors (Schaffer *et al.*, 1983; Buys, 1990; Romero, 2002). A vegades, fins i tot poden causar un perjudici directe a la planta. *Polemonium viscosum*, per exemple, produeix menys granes a causa dels danys provocats per *Formica neorufibarbus* en els ovaris i els estils (Galen, 1983). Alguns autors suggereixen que, almenys en alguns casos, els nectaris extraflorals són beneficiosos per la planta, ja que redueixen el numero de formigues que visiten les flors (Wagner i Kay, 2002).

En alguns casos, la formiga argentina pot actuar com a protectora de la planta sense que això afecti a la pol·linització (Koptur, 1979). En canvi, a Sud-àfrica, diversos estudis han constatat un efecte repel·lent de la formiga argentina a les inflorescències en que era present (Potgieter, 1937; Durr, 1952, citats a Buys, 1990; Visser *et al.*, 1996). En els

capítols anteriors hem constatat que la formiga argentina infesta les inflorescències d'*E. characias* i desplaça la majoria d'espècies autòctones de formigues. En aquest capítol es vol comprovar quin efecte pot tenir la presència de la formiga argentina a les inflorescències en els pol·linitzadors d'aquesta planta.

Materials i mètodes

Visitants a les inflorescències

Per tal de comprovar quin era l'efecte directe de la formiga argentina en els visitants i pol·linitzadors d'*E. characias*, s'escollien 10 peus a l'atzar. 5 en una zona envaïda i 5 en una no envaïda separades un centenar de metres. Durant 2 anys (2002 i 2003), cada setmana, mentre durava la floració, es feien censos de 10 minuts al llarg del dia, anotant el numero de visitants per peu (veure capítol 1). A les zones envaïdes també s'anotava en quins peus estava present la formiga argentina. Els visitants per cens (peu/10') es van agrupar en: visitants a la zona no envaïda, visitants als peus no infestats per la formiga argentina i visitants als peus infestats a la zona envaïda. Es van considerar peus infestats aquells en què es va observar 1 o més individus de *L. humile*. Com que es volia comprovar quin era l'efecte de la formiga argentina en el numero de visitants, aquesta es va excloure en els càlculs no comptabilitzant-la com a espècie visitant. Els resultats es van analitzar amb ANOVA de 2 factors.

Temps a cada flor i distància recorreguda entre flor i flor

Mentre es feien els censos (veure capítol 1), es va instal·lar una càmera de vídeo que enfocava a una inflorescència i es deixava filmant. Amb aquesta càmera s'enregistraven els visitants i pol·linitzadors d'*E. characias*. Bé directament, bé de veu quan els visitants no s'aturaven a la inflorescència filmada (indicant en els 2 casos quina espècie visitava el peu, quan canviava de flor i quina era la distància recorreguda entre flor i flor). Un cop al laboratori es van visionar les cintes calculant, per als principals visitants i pol·linitzadors, el temps que cada individu passava a cada flor i la distància recorreguda

entre flor i flor, per a cada espècie i zona. Els resultats es van comparar amb testos t per a mostres independents.

Resultats

Visitants a les inflorescències

L'any 2002 les inflorescències d'*E. characias* rebien més visitants (3.31 ± 0.31 , mitjana \pm e.s.) que l'any 2003 (4.66 ± 0.36) (ANOVA de 2 factors. $F = 7.11$, g.l. = 1, $p = 0.008$) (figura 6.1). A més d'aquesta variació interanual l'anàlisi també constata diferències entre grups: zona no envaïda, inflorescències infestades i no infestades a la zona no envaïda (ANOVA de 2 factors. $F = 22.64$, g.l. = 2, $p < 0.01$). Per tal d'obtenir un millor contrast entre grups es van comparar les dades per a cada any amb una ANOVA d'un factor. L'any 2002 els peus amb inflorescències infestades per *L. humile* rebien menys visitants que els peus no infestats de la mateixa zona i els peus de la zona no envaïda (ANOVA d'un factor, Welch = 12.52, g.l. = 2, $p = 0.004$. Post-hoc T2 Tamhane, $p < 0.05$) (figura 6.1). Aquell any es van fer censos a 96 peus a la zona no envaïda i 93 a la envaïda, estant infestades per la formiga argentina el 49 % dels peus d'aquesta zona. L'any 2003, en canvi, els peus de la zona no envaïda rebien més visitants que els peus infestats de la zona envaïda (ANOVA d'un factor, Welch = 11.65, g.l. = 2, $p < 0.01$. Post-hoc T2 Tamhane, $p < 0.05$) (figura 6.1). L'any 2003 es van fer 92 censos a cada zona, estant infestats el 86.96 % dels peus dels peus de la zona envaïda.

Temps a cada flor i distància recorreguda entre flor i flor

El temps que els pol·linitzadors passaven a cada flor era el mateix en les 2 zones i per a totes les espècies. Excepte *Eristalis tenax* l'any 2003, que es passava més temps a les flors de la zona no envaïda (taula 6.1). Aquest any era, d'entre els 3 estudiats, el que la presència de formigues a les inflorescències era més gran (veure capítol 1).

La distància que recorrien les diferents espècies entre flor i flor de la mateixa inflorescència era la mateixa en ambdues zones, a excepció de *C. vomitoria* l'any 2002. Aquesta espècie recorria més distància entre flors a la zona envaïda (taula 6.2).

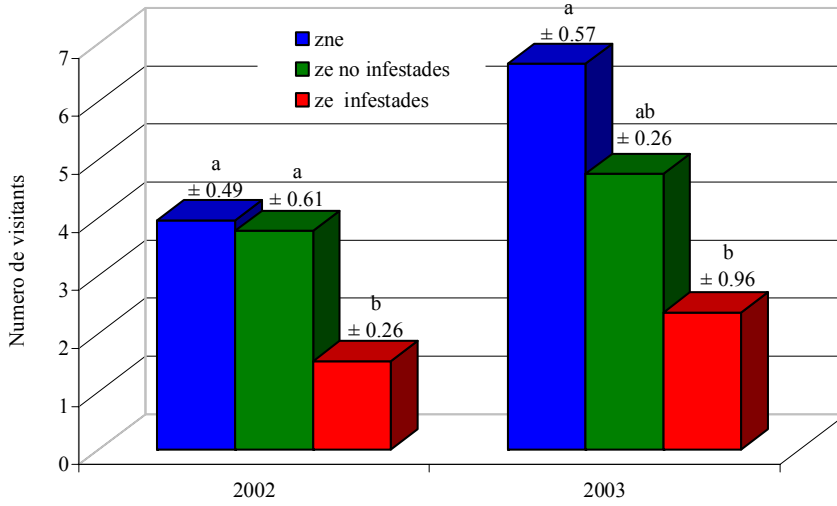


Figura 6.1. Mitjana de visitants (\pm e.s.) per cens (peu/10 minuts) per a cada grup i a cada any (zne: zona no envaïda; ze no infestades: zona envaïda peus no infestats; ze infestades: zona envaïda peus infestats. *a* i *b*: subgrups homogenis per a tractament, post-hoc T2 de Tamhane, $p < 0.05$).

Taula 6.1. Temps que passen els diferents pol·linitzadors a les flors de les inflorescències d'*E. characias* a cada zona. Resultats del test t per a mostres independents comparant les 2 zones, envaïda i no envaïda (zne: zona no envaïda i ze: zona envaïda).

Espècie	Any	Zona	N	Mitjana	e.s.	t	g.l.	p
<i>Calliphora vomitoria</i>	2002	zne	73	10.08	1.39	-0.44	161	0.663
		ze	90	10.84	1.08			
	2003	zne	37	8.05	0.83	-1.10	68	0.276
		ze	33	9.75	1.34			
<i>Eristalis tenax</i>	2002	zne	40	7.37	1.02	0.24	88	0.808
		ze	50	6.99	1.11			
	2003	zne	11	9.39	1.75	2.71	27	0.012
		ze	18	5.34	0.48			
<i>Episyrphus balteatus</i>	2002	zne	29	32.18	14.00	1.15	39	0.257
		ze	12	6.95	1.34			
	2003	zne	3	17.96	2.64	1.61	4	0.182
		ze	3	12.87	1.73			
<i>Sarcophaga carnaria</i>	2002	zne	7	9.79	1.80	1.40	10	0.191
		ze	5	6.28	1.55			
	2003	zne	3	9.03	1.41	0.63	8	0.546
		ze	7	7.34	1.60			

Taula 6.2. Distància recorreguda entre flor i flor pels diferents pol·linitzadors a les inflorescències d'*E. characias* a cada zona. Resultats del test t per a mostres independents comparant les 2 zones, envaïda i no envaïda (zne: zona no envaïda i ze: zona envaïda).

Espècie	Any	Zona	N	Mitjana	e.s.	t	g.l.	p
<i>Calliphora vomitoria</i>	2002	zne	68	3.23	0.49	-2.39	142	0.018
		ze	76	6.61	1.26			
	2003	zne	31	2.54	0.40	0.11	61	0.910
		ze	32	2.48	0.39			
<i>Eristalis tenax</i>	2002	zne	30	9.79	2.00	-1.70	65	0.095
		ze	37	16.62	3.24			
	2003	zne	15	2.62	0.62	0.67	24	0.511
		ze	11	2.10	0.35			
<i>Episyrphus balteatus</i>	2003	zne	2	3.37	0.63	-0.86	13	0.406
		ze	13	8.50	2.27			
<i>Sarcophaga carnaria</i>	2002	zne	6	6.02	4.80	-0.13	8	0.898
		ze	4	6.87	2.83			
	2003	zne	3	1.12	4.80	-0.78	7	0.459
		ze	6	1.76	2.82			

Discussió

Les inflorescències infestades per la formiga argentina reben menys visitants que les inflorescències de la zona no envaïda i els peus de la zona envaïda no infestats. Un cas similar al de *Protea nitida*, a Sud-àfrica, on en què les inflorescències infestades també reben menys visites, d'himenòpters, dípters i coleòpters. Aquesta reducció en la diversitat i abundància dels insectes visitants possiblement retardava la pol·linització i, d'aquesta manera, la capacitat reproductora de la planta (Visser *et al.*, 1996). Estudi anterior ja constataren un efecte negatiu de la invasió de *L. humile* en fruiterars cultivats extensivament. La formiga argentina campejava per les flors i tenia un efecte repel·lent sobre els insectes pol·linitzadors, amb el resultat d'una pol·linització no satisfactòria. A més, els nius dels insectes pol·linitzadors eren atacats i destruïts, amb el resultat d'un menor potencial pol·linitzador (Potgieter, 1937; Durr, 1952, citats a Buys, 1990). La formiga argentina, doncs, podria tenir un efecte repel·lent, tal i com també passa en *Nephelium lappaceum*. En aquest arbre asiàtic la formiga *Oecophylla smaragdina* infesta les inflorescències i aquestes reben menys visites dels seus pol·linitzadors (Tsuji *et al.*, 2004). Probablement a aquest efecte repel·lent també se li hauria d'afegir que la formiga argentina podria competir pel nèctar, fent que les diferents espècies de pol·linitzadors trobessin menys atractives les flors d'aquesta

planta, tal i com passa també a Sud-àfrica (Buys, 1990). En *Agave schottii*, per exemple, el consum de nèctar per formigues reduïa el nombre de visites d'abelles (Schaffer *et al.*, 1983).

Aquest efecte repel·lent també s'hauria de traduir en un efecte directe sobre certs aspectes del comportament dels pol·linitzadors, els més obvis dels quals serien el temps que passarien els pol·linitzadors a les flors, i la distància que recorrerien entre flor i flor. En el nostre cas aquest efecte no és massa evident, només *E. tenax* s'està menys temps a cada flor l'any 2003 a les zones envaïdes, i *C. vomitoria* recorre més distància entre flors l'any 2002. La formiga argentina és agressiva amb altres insectes que visiten les plantes on es troben (Barlett, 1961; Koptur, 1979), tal i com passa en el nostre cas (observació personal). La presència de moltes formigues agressives a les flors afecta als altres visitants (Lach, 2003), fent que hi hagi menys visites o que aquestes siguin més superficials. Això es tradueix en una menor deposició de pol·len i, en conseqüència, una menor producció de granes (Wyatt, 1981). En algunes espècies del gènere *Bombus*, família Apidae, per exemple, el pol·len transportat depèn de la durada de les visites (Harder, 1990).

La formiga autòctona més freqüent sobre les flors d'*E. characias* era *Camponotus cruentatus*. Aquesta no interactuava amb els pol·linitzadors i mai ho feia de forma agressiva (observació personal), tal i com passa amb altres espècies d'aquests mateix gènere. *C. acutipennis* i *C. brutus*, per exemple, sovint es troben a les flors de *Ficus vallis-choudae*, on recullen nèctar, sense que això afecti el comportament dels pol·linitzadors. A més, protegeixen aquesta planta de l'herbivorisme (Dejean *et al.*, 1997). *C. foreli* és una altra formiga nectarívora que no defensa agressivament aquest recurs alimentari, coexistent en l'espai i en el temps amb d'altres espècies que exploten el mateix recurs (Retana *et al.*, 1987). Això també passa en formigues d'altres gèneres, en *Protea nitida* (Visser *et al.*, 1996) o en *Avicennia gerrimana* (Rico-Gray, 1989), per exemple, la presència d'espècies de formigues autòctones no afecta la presència d'altres insectes a les seves flors.

Els nectaris estipulars de *Vicia sativa* i *V. angustifolia* són visitats per la formiga argentina, protegint aquesta planta contra l'herbivoria, sense que, en aquest cas, hi hagi un efecte sobre la pol·linització d'aquesta planta (Koptur, 1979), probablement gràcies a

la posició dels nectaris. En el nostre cas, sembla que no seria així, ja que la formiga argentina explotaria el nèctar floral i tindria un efecte repel·lent. Les inflorescències d'*E. characias* infestades reben menys visitants, possiblement això seria degut a la defensa agressiva que faria aquesta formiga d'aquest recurs. Aquest efecte repel·lent podria tenir, com veurem en el proper capítol, conseqüències negatives en la pol·linització i en la producció de granes derivada d'aquesta.

planta, tal i com passa també a Sud-àfrica (Buys, 1990). En *Agave schottii*, per exemple, el consum de nèctar per formigues reduïa el nombre de visites d'abelles (Schaffer *et al.*, 1983).

Aquest efecte repel·lent també s'hauria de traduir en un efecte directe sobre certs aspectes del comportament dels pol·linitzadors, els més obvis dels quals serien el temps que passarien els pol·linitzadors a les flors, i la distància que recorrerien entre flor i flor. En el nostre cas aquest efecte no és massa evident, només *E. tenax* s'està menys temps a cada flor l'any 2003 a les zones envaïdes, i *C. vomitoria* recorre més distància entre flors l'any 2002. La formiga argentina és agressiva amb altres insectes que visiten les plantes on es troben (Barlett, 1961; Koptur, 1979), tal i com passa en el nostre cas (observació personal). La presència de moltes formigues agressives a les flors afecta als altres visitants (Lach, 2003), fent que hi hagi menys visites o que aquestes siguin més superficials. Això es tradueix en una menor deposició de pol·len i, en conseqüència, una menor producció de granes (Wyatt, 1981). En algunes espècies del gènere *Bombus*, família Apidae, per exemple, el pol·len transportat depèn de la durada de les visites (Harder, 1990).

La formiga autòctona més freqüent sobre les flors d'*E. characias* era *Camponotus cruentatus*. Aquesta no interactuava amb els pol·linitzadors i mai ho feia de forma agressiva (observació personal), tal i com passa amb altres espècies d'aquests mateix gènere. *C. acupimensis* i *C. brutus*, per exemple, sovint es troben a les flors de *Ficus vallis-choudae*, on recullen nèctar, sense que això afecti el comportament dels pol·linitzadors. A més, protegeixen aquesta planta de l'herbivorisme (Dejean *et al.*, 1997). *C. foreli* és una altra formiga nectarívora que no defensa agressivament aquest recurs alimentari, coexistent en l'espai i en el temps amb d'altres espècies que exploten el mateix recurs (Retana *et al.*, 1987). Això també passa en formigues d'altres gèneres, en *Protea nitida* (Visser *et al.*, 1996) o en *Avicennia gernimana* (Rico-Gray, 1989), per exemple, la presència d'espècies de formigues autòctones no afecta la presència d'altres insectes a les seves flors.

Els nectaris estipulars de *Vicia sativa* i *V. angustifolia* són visitats per la formiga argentina, protegint aquesta planta contra l'herbivoria, sense que, en aquest cas, hi hagi un efecte sobre la pol·linització d'aquesta planta (Koptur, 1979), probablement gràcies a

la posició dels nectaris. En el nostre cas, sembla que no seria així, ja que la formiga argentina explotaria el nèctar floral i tindria un efecte repel·lent. Les inflorescències d'*E. characias* infestades reben menys visitants, possiblement això seria degut a la defensa agressiva que faria aquesta formiga d'aquest recurs. Aquest efecte repel·lent podria tenir, com veurem en el proper capítol, conseqüències negatives en la pol·linització i en la producció de grans derivada d'aquesta.

CAPÍTOL 4

PRODUCCIÓ DE FRUITS I GRANES



Introducció

La reproducció sexual en angiospermes té lloc en 3 etapes seqüencials: la pol·linització, la fecundació i la maduració dels fruits (Lyons *et al.*, 1989). De la pol·linització en depèn, doncs, la posterior producció de fruits i granes (Arnold, 1982; Montalvo i Ackerman, 1986; Copland i Wheland, 1989; Craig, 1989; Bertin, 1990; Dafni, 1992; Kearns i Inouye, 1993; Kearns i Inouye, 1997; Allen-Wardell *et al.*, 1998; Kearns *et al.*, 1998; Matsumura i Washitani, 2000; Susuki, 2000; Wilcox i Neiland, 2002). L'eficàcia de la pol·linització depèn molt de cada espècie pol·linitzadora i de la variació entre les relacions entre els pol·linitzadors i la planta pol·linitzada (Pellmyr i Thompson, 1996; Listabarth, 2001).

L'espectre de visitants de les plantes amb flor en una àrea particular està determinat per diversos factors, el més obvi dels quals és la coincidència entre el període de floració de cada espècie i els períodes d'activitat dels pol·linitzadors a la zona. A part d'aquestes coincidències, cada espècie de planta presenta unes característiques morfològiques i fisiològiques particulars, que poden atreure certs grups de visitants en detriment d'uns altres. El sistema reproductiu de la planta, el color, la forma, la mida, l'olor, i la recompensa de la flor (nèctar i/o pol·len), estan adaptats a tipus específics de pol·linitzadors (Faegri i van der Pijl, 1971).

Els pol·linitzadors són espècies contribuïdores claus de la biodiversitat i són essencials en el manteniment del funcionament dels ecosistemes (Potts *et al.*, 2003). Normalment, a la conca mediterrània les plantes són visitades per 3 o més ordres d'insectes, mentre que en climes temperats només ho són per 1 o 2 (Herrera, 1987).

Com ja s'ha vist en els capítols anteriors, la invasió de la formiga argentina té diferents efectes en els visitants i pol·linitzadors d'*E. characias*. A les zones envaïdes desapareixen les formigues autòctones i el nombre de visitants en aquesta planta és menor (a causa de l'efecte repel·lent a les inflorescències infestades). Si això té un efecte negatiu en la pol·linització s'hauria de veure reflectit en la producció de fruits i granes, conseqüència última de la pol·linització. L'objectiu d'aquest capítol és determinar quin és l'efecte de la formiga argentina en la producció de fruits i granes

d'*E. characias* i, també, en la d'altres plantes mediterrànies amb flors amb característiques florals iguals o diferents, pol·linitzades pels mateixos o diferents grups d'insectes.

Materials i mètodes

Fruit-set i seed-set

Per tal de comprovar quin era l'efecte té la formiga argentina en la pol·linització es van escollir diferents espècies vegetals representatives d'ambients mediterranis, abundants i amb característiques florals diferents. Aquestes espècies, en conjunt, haurien de permetre avaluar si l'efecte de la formiga argentina en la pol·linització era directe o indirecte. Les espècies usades van ser: *Euphorbia characias*, *Euphorbia biumbellata*, *Sarothamnus arboreus*, *Genista monspessulana*, *Lavandula stoechas*, *Cistus salviifolius* i *Cistus monspeliensis*. Les característiques florals més rellevants d'aquestes espècies és descriuen en aquest capítol (taula 7.1, figura 7.1), tot i que es pot trobar una descripció d'aquestes espècies més detallada a "espècies vegetals estudiades" (pàgina 25).

Cada any, del 2002 al 2004, es van triar i marcar 10 peus a cada zona, envaïda i no envaïda. Just abans de la floració a cada peu es van aplicar 4 tractaments diferents en 4 inflorescències o branques portadores de flors, consistents en:

- Accés a la inflorescència només a formigues. La inflorescència era coberta amb bosses de tela de nylon per impedir l'accés a insectes voladors.
- Accés només a voladors. A la base de la inflorescència s'hi posava cola no verinosa contra insectes (*Ratimur*®, veure capítol 1), per impedir l'accés a formigues i altres insectes no voladors.
- No accés a pol·linitzadors. Combinació dels 2 tractaments anteriors.
- Control. Sense cap dels tractaments anteriors.

Es feia un control setmanal comptant les flors de cada inflorescència o branca. Un cop els fruits eren madurs es recollien. Al laboratori es van comptar les granes presents a cada fruit. Els fruits (càpsules) d'*E. characias* i *E. biumbellata* es tallaven pel mig amb un bisturí, els de *S. arboreus*, *G. monspessulana*, *C. salviifolius*, *C. monspeliensis* i de *L.*

stoechas s'obrien directament. Amb això es va poder calcular el fruit-set (o número de fruits per número de flors de la inflorescència) i el seed-set (o número de granes per fruit) per a cada espècie i per a cada any, zona i tractament, segons Dafni (1992). El fruit-set i el seed-set obtinguts van ser comparats amb una ANOVA de 2 factors. Les dades per a seed-set es van transformar en $\log_{10}(x+1)$ per tal de millorar la homogeneïtat de variàncies.

Taula 7.1. Característiques de les diferents espècies (tipus de simetria, A: flor actinomorfa -amb més d'un pla de simetria- i Z: zigomòrfica -amb un sol pla de simetria-. Forma de la flor, O: flor oberta -accessible a tota mena de pol·linitzadors-, T: corol·la tubular restrictiva -per a tots els visitants-, i P: corol·la papilionàcia, molt restrictiva -veure papilionàcies a "Espècies vegetals estudiades". Potencials pol·linitzadors, Dip: dípters, For: formigues, Him: himenòpters i Lep: Lepidòpters).

Espècie	Tipus de simetria	Forma de la flor	Mida (mm)	Color	Període de floració	Presència de formigues	Potencials pol·linitzadors
<i>E. characias</i>	A	O	-	Verd (i negre)	Febrer-Maig	Freqüent	Dip
<i>E. biumbellata</i>	A	O	-	Verd	Març-Juliol	Freqüent	Dip i For
<i>S. arboreus</i>	Z	P	14-16	Groc	Gener-Abril	Mai	Him
<i>G. monspessulana</i>	Z	P	10-12	Groc	Febrer-Maig	Mai	Him
<i>L. stoechas</i>	Z	T	6-10	Violeta	Gener-Juny	Mai	Him i Lep
<i>C. salviifolius</i>	A	O	50	Blanca	Abril-Maig	Esporàdica	Dip i Him
<i>C. monspeliensis</i>	A	O	22	Blanca	Abril-Maig	Esporàdica	Him



Figura 7.1. Flors de *E. characias*, *E. biumbellata*, *S. arboreus*, *G. monspessulana*, *L. stoechas*, *C. salviifolius* i *C. monspessulana* (per ordre, d'esquerra a dreta i de dalt a baix).

Per veure fins a quin punt els resultats obtinguts depenien únicament de la pol·linització i els seus pol·linitzadors, es van fer diferents mesures en funció de l'espècie:

- Per a *E. characias* i *E. biumbellata*: diàmetre i alçada de la inflorescència control.
- Per a *S. arboreus* i *G. monspessulana*: diàmetre del tronc i alçada de l'arbre.
- Per a *C. salviifolius*, *C. monspeliensis* i *L. stoechas*: alçada i diàmetre del peu.

El diàmetre de tiges o troncs es van prendre a 30 centímetres del terra amb un peu de rei. Les dades obtingudes es van correlacionar, amb Tests Spearman, amb el fruit-set i el seed-set obtingut per a cada espècie, per tal de valorar fins a quin punt depenen únicament, o no, de la presència o absència de la formiga argentina. Les correlacions es van fer únicament amb les dades del tractament control (ja que en la resta de tractaments la inflorescència estava manipulada i, en conseqüència, la seva producció de granes podria haver estat alterada per la selecció, o no, de determinats pol·linitzadors).

Com que els resultats són complementaris, i els seus resultats poc rellevants, s'ha considerat millor incloure-ho als annexos (pàgina 154).

Taxa de pol·len per òvul en *Euphorbia characias*

L'any 2004 es van recollir 5 estams de diferents peus. Al camp mateix, amb l'ajuda d'una lupa binocular es va comptabilitzar els grans de pol·len que contenien. La taxa de pol·len per òvul (*pollen:ovule ratio*) es va calcular multiplicant la mitjana de grans de pol·len per estam pel número d'estams de la flor (que en el cas d'aquesta planta és sempre de 5), i dividint el resultat obtingut pel número d'ovaris a la flor (que en aquest cas sempre és de 3), segons Cruden (1977). Aquest autor classificava el sistema reproductiu de les plantes en 5 grups segons el resultat d'aquesta fórmula:

- Cleistogàmia (autofecundació amb la flor tancada): 2.7 a 5.4
- Autogàmia (autofecundació) obligada: 18.1 a 39.0
- Autogàmia (autofecundació) facultativa: 31.9 a 396.0
- Xenogàmia (pol·linització creuada) facultativa: 244.7 a 2588.0
- Xenogàmia (pol·linització creuada) obligada (o geitogàmia): 2108.0 a 195525.0

De tota manera, aquests valors s'haurien de prendre tant sols com a orientatius (Faegri i Van der Pijl, 1971. Dafni, 1992).

Les particularitats florals del gènere *Euphorbia* va fer que es considerés el ciati (una flor femenina envoltada de 5 flors masculines reduïdes a un sol estam) com equivalent a una flor ja que, almenys funcionalment, actuen com a tal (veure pàgina 25).

Viabilitat de les granes

D'entre les càpsules recollides l'any 2002, sempre que era possible es guardaven almenys 10 granes de cada peu i tractament. Es va contrastar la viabilitat d'aquestes granes per mitjà de la tècnica del tetrazolium (TTZ) segons Kearns i Inouye (1993). Les granes es van tallar per la meitat amb un bisturí i es van dipositar en una placa de petri recoberta amb paper secant. Tot seguit es van cobrir amb Tetrazolium 1 % (fins que el paper va quedar totalment xop). Aquestes plaques es van guardar en un armari fosc a temperatura ambient (entre 20 i 30°C) durant 24 hores. Un cop passat aquest temps es van examinar les granes, considerant viables aquelles que havien quedat tenyides de color rosat. Els resultats obtinguts es van comparar amb tests chi-quadrat.

Granes parasitades

Els anys 2003 i 2004, mentre es comptaven les granes viables d'*E. characias* s'anotava quantes estaven parasitades en els tractaments control i exclusió no voladors. Això es feia per tal de contrastar si hi havia diferències entre zones i, si en alguna d'elles, les formigues actuaven com a agents protectors de la planta. Els percentatges obtinguts es van comparar amb tests chi-quadrat.

Resultats

Fruit-set i seed-set

Euphorbia characias

A les zones no envaïdes les inflorescències produïen més fruits que les de les zones envaïdes. Les inflorescències dels tractaments control i exclusió de no voladors

produïen més fruits que les dels tractaments exclusió voladors i exclusió formigues. No es van detectar diferències significatives entre anys ni per a les diferents interaccions (taula 7.2, figura 7.2a).

El numero de granes que produïen les càpsules d'*E. characias* variava en funció de l'any i en funció de la zona. A la no envaïda els fruits produïen més granes. La producció de granes de les inflorescències dels tractaments control i exclusió de no voladors també era més gran que el numero de granes produïdes en els tractaments exclusió de voladors i exclusió total. Totes les interaccions eren significatives. En general, els fruits dels tractaments control i exclusió de no voladors produïen més granes a la zona no envaïda i els anys 2003 i 2002, per aquest ordre (taula 7.2, figura 7.2b).

Taula 7.2. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual, entre zones i tractaments del fruit-set i seed-set d'*E. characias*.

	Fruit-set				Seed-set			
	S.Q.	g.l.	F	p	S.Q.	g.l.	F	p
Any	0.08	2	1.68	0.190	0.54	2	8.95	<0.01
Zona	0.20	1	8.02	<0.01	1.66	1	54.78	<0.01
Tractament	13.64	3	180.20	<0.01	8.15	3	89.40	<0.01
Any*Zona	0.17	2	3.35	0.037	3.60	2	59.26	<0.01
Any*Tractament	0.14	6	0.89	0.501	3.43	6	18.83	<0.01
Zona*Tractament	0.02	3	0.28	0.840	0.89	3	9.80	<0.01
Any*Zona*Tractament	0.09	6	0.64	0.695	1.50	6	8.22	<0.01
Error	4.87	193			565.55	18619		

E. biumbellata

Les inflorescències d'aquesta planta produïen més fruits l'any 2003. En canvi, no hi havien diferències entre la producció de fruits entre zones. Es van detectar diferències significatives entre tractaments. Les inflorescències del tractament exclusió total produïen menys fruits que les del tractament exclusió voladors, i aquests 2 menys que les del tractament control i exclusió formigues, sense que es detectin diferències entre aquests 2 últims tractaments. L'any 2003 a la zona envaïda la producció de fruits va ser més gran. En canvi, les inflorescències dels tractaments control i exclusió no voladors van produir més fruits a la zona envaïda (taula 7.3). Destacar, però, que a les zones envaïdes les inflorescències dels tractaments control i exclusió voladors produïen més fruits que les dels tractaments control i exclusió no voladors. Mentre que a la zona no

envaïda només les del tractament exclusió total produïen menys fruits que la resta de tractaments (figura 7.3a). Això indicaria que a les zones no envaïdes els insectes no voladors, probablement formigues, serien importants pol·linitzadors.

En la producció de granes en canvi, no hi ha diferències entre anys, però sí entre zones. A la zona no envaïda la producció de granes per fruit era major que a la zona envaïda. No es van detectar diferències significatives entre tractaments ni per a les diferents interaccions, a excepció de la interacció entre zona*tractament. A les zones no envaïdes els fruits dels tractaments exclusió voladors i exclusió total produeixen més granes (taula 7.3, figura 7.3b).

Taula 7.3. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual, entre zones i tractaments del fruit-set i seed-set d'*E. biumbellata*.

	Fruit-set				Seed-set			
	S.Q.	g.l.	F	p	S.Q.	g.l.	F	p
Any	2.63	1	38.89	<0.01	0.00	1	0.07	0.785
Zona	0.26	1	3.82	0.057	0.40	1	16.51	<0.01
Tractament	4.81	3	23.68	<0.01	0.10	3	1.35	0.255
Any*Zona	0.46	1	6.87	<0.01	0.16	1	6.59	0.010
Any*Tractament	0.64	3	3.14	0.028	0.25	3	3.42	0.016
Zona*Tractament	1.21	3	5.96	<0.01	2.02	3	28.06	<0.01
Any*Zona*Tractament	0.66	3	3.24	0.024		0		
Error	8.80	130			133.67	5568		

Sarothamnus arboreus

Per a aquesta espècie també hi ha diferències entre anys, l'any 2003 la producció de fruits per flor va ser més baixa que els anys 2002 i 2004. No es van trobar diferències significatives entre zones. Les flors en els tractaments control i exclusió de no voladors produïen més fruits que en els tractaments exclusió de voladors i exclusió total. En aquest 2 últims casos la producció de fruits era nul·la o gairebé inexistent, tal i com passava en el cas de *E. characias*. Això indicaria que els principals pol·linitzadors d'aquestes plantes serien insectes voladors. L'any 2004 les inflorescències de la zona no envaïda van produir més fruits (taula 7.4, figura 7.4a).

No es van detectar diferències significatives en la producció de granes per fruit, ni entre anys, ni entre zones, ni entre tractaments (taula 7.4, figura 7.4b).

Taula 7.4. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual, entre zones i tractaments del fruit-set i seed-set de *S. arboreus*.

	Fruit-set				Seed-set			
	S.Q.	g.l.	F	p	S.Q.	g.l.	F	p
Any	0.34	2	6.24	<0.01	0.42	2	4.13	0.017
Zona	0.00	1	0.19	0.666	0.13	1	2.55	0.111
Tractament	5.37	3	65.94	<0.01	0.10	3	0.66	0.578
Any*Zona	0.04	2	0.68	0.507	0.13	2	1.33	0.266
Any*Tractament	0.49	6	2.97	<0.01		0		
Zona*Tractament	0.05	3	0.62	0.599		0		
Any*Zona*Tractament	0.04	6	0.25	0.957		0		
Error	3.94	145			22.34	440		

Genista monspesulana

En aquesta espècie es van detectar diferències significatives entre anys, l'any 2003 les inflorescències produïen menys fruits que l'any 2004. També entre tractaments, les flors dels tractaments control i exclusió de no voladors produïen més fruits que les dels tractaments exclusió de voladors i exclusió total. En aquest 2 últims casos la producció de fruits era nul·la o gairebé inexistent, tal i com passava en el cas de *S. arboreus*. No es van detectar diferències significatives entre zones ni entre les interaccions, excepte per la d'any*tractament. Les inflorescències dels tractaments control i exclusió de no voladors van produir més fruits l'any 2004 que l'any 2003 (taula 7.5, figura 7.5a).

L'any 2003 els fruits de *G. monspessulana* van produir menys granes que l'any 2004. En canvi, entre zones i tractaments no hi van haver diferències significatives. L'any 2003 els fruits de la zona no envaïda produïen menys granes (taula 7.5, figura 7.5b).

Taula 7.5. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual, entre zones i tractaments del fruit-set i seed-set de *G. monspessulana*.

	Fruit-set				Seed-set			
	S.Q.	g.l.	F	p	S.Q.	g.l.	F	p
Any	0.30	1	13.65	<0.01	4.46	1	147.76	<0.01
Zona	0.01	1	0.58	0.448	0.01	1	0.25	0.615
Tractament	3.68	3	55.38	<0.01	0.07	3	0.72	0.539
Any*Zona	0.03	1	1.46	0.230	1.80	1	59.45	<0.01
Any*Tractament	0.42	3	6.32	<0.01		0		
Zona*Tractament	0.04	3	0.60	0.617	0.10	3	1.07	0.358
Any*Zona*Tractament	0.02	3	0.33	0.802		0		
Error	2.50	113			115.81	3834		

Lavandula stoechas

En aquesta espècie també s'apreciava una variació interanual en el fruit-set, l'any 2003 les flors van produir menys fruits que els altres 2 anys (2002 i 2004). No hi havia diferència entre zones. Les flors dels tractaments control i exclusió de no voladors produïen més fruits que les dels tractaments exclusió voladors i exclusió total. Com en els casos anteriors, el número de granes produïdes era nul·la o gairebé nul·la. No es van detectar diferències significatives en les diferents interaccions (taula 7.6, figura 7.6a).

En el seed-set, en canvi, les diferències eren significatives en tots els casos. Com passava en el fruit-set, s'apreciava una variació interanual; l'any 2003 els fruits van produir menys granes que els altres 2 anys. A la zona no envaïda la producció de granes era major que a la zona envaïda. Les diferències entre tractaments segueixen el patró invers que en el fruit-set: el fruits del tractament exclusió de tots els pol·linitzadors produïen més granes. Totes les interaccions eren significatives. L'any 2004 els fruits produïen més granes a la zona no envaïda, l'any 2003 els del tractament exclusió total i l'any 2002 els del tractament exclusió total a la zona no envaïda (taula 7.6, figura 7.6b).

Taula 7.6. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual, entre zones i tractaments del fruit-set i seed-set de *L. stoechas*.

	Fruit-set				Seed-set			
	S.Q.	g.l.	F	p	S.Q.	g.l.	F	p
Any	0.56	2	6.47	<0.01	0.43	2	11.43	<0.01
Zona	0.01	1	0.31	0.579	0.37	1	19.75	<0.01
Tractament	12.71	3	97.95	<0.01	0.49	3	8.62	<0.01
Any*Zona	0.39	2	4.55	0.012	1.70	2	45.22	<0.01
Any*Tractament	0.58	6	2.24	0.041		0		
Zona*Tractament	0.00	3	0.03	0.991	0.58	3	10.23	<0.01
Any*Zona*Tractament	0.50	6	1.91	0.081		0	11.43	<0.01
Error	8.09	187			129.18	6854	19.75	<0.01

Cistus salviifolius

En aquest cas no s'apreciaven diferències en el fruit-set ni entre anys, ni entre zones. Les flors dels tractaments control i exclusió de no voladors produïen més fruits que els tractaments exclusió voladors i exclusió total, essent en aquest 2 últims casos zero o pràcticament zero. L'any 2003 les inflorescències de la zona envaïda produïen menys fruits, en canvi l'any 2004 les inflorescències d'aquesta zona en van produir més (taula 7.7, figura 7.7a).

En el seed-set d'aquesta espècie, hi havia diferències significatives entre anys i entre zones. La producció de granes era major a la zona envaïda que a la zona no envaïda, i l'any 2003 que el 2004. La producció de granes el primer any a la zona no envaïda era menor que la dels altres anys a totes les zones (taula 7.7, figura 7.7b).

Taula 7.7. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual, entre zones i tractaments del fruit-set i seed-set de *C. salvifolius*.

	Fruit-set				Seed-set			
	S.Q.	g.l.	F	p	S.Q.	g.l.	F	p
Any	0.06	2	0.70	0.496	2.96	2	14.25	<0.01
Zona	0.00	1	0.12	0.727	1.08	1	10.46	<0.01
Tractament	9.53	3	77.83	<0.01	0.13	2	0.63	0.532
Any*Zona	0.49	2	5.99	<0.01	1.90	2	9.16	<0.01
Any*Tractament	0.07	6	0.30	0.937		0		
Zona*Tractament	0.01	3	0.09	0.968		0		
Any*Zona*Tractament	0.56	6	2.31	0.036		0		
Error	7.51	184			50.52	487		

Cistus monspeliensis

La producció de fruits va ser més gran l'any 2003 que l'any 2004. No hi havia diferències significatives entre zones, però sí entre tractaments. Les mateixes diferències que en els casos immediatament anteriors. L'any 2004 les inflorescències de la zona envaïda van produir menys fruits (taula 7.8, figura 7.8a).

La producció de granes per fruit també va ser més alta l'any 2003 que l'any 2004. També, en aquest cas, major a la zona envaïda que a la no envaïda. No es van trobar diferències significatives entre tractaments. L'any 2003 les inflorescències de la zona envaïda van produir més fruits que els de la zona no envaïda l'any 2004, aquestes més que les de la zona no envaïda l'any 2003 i, aquestes últimes, més que les de la zona envaïda l'any 2004 (taula 7.8, figura 7.8b).

Taula 7.8. Resum de l'ANOVA de 2 factors comparant la variació anual, entre zones i tractaments del fruit-set i seed-set de *C. monspeliensis*.

	Fruit-set				Seed-set			
	S.Q.	g.l.	F	p	S.Q.	g.l.	F	p
Any	0.44	1	11.61	<0.01	8.83	1	86.20	<0.01
Zona	0.09	1	2.44	0.121	1.43	1	13.92	<0.01
Tractament	12.16	3	107.69	<0.01	0.02	2	0.12	0.887
Any*Zona	0.31	1	8.24	<0.01	19.80	1	193.21	<0.01
Any*Tractament	0.38	3	3.38	0.020		0		
Zona*Tractament	0.07	3	0.60	0.614		0		
Any*Zona*Tractament	0.36	3	3.23	0.024		0		
Error	5.38	143			182.28	1779		

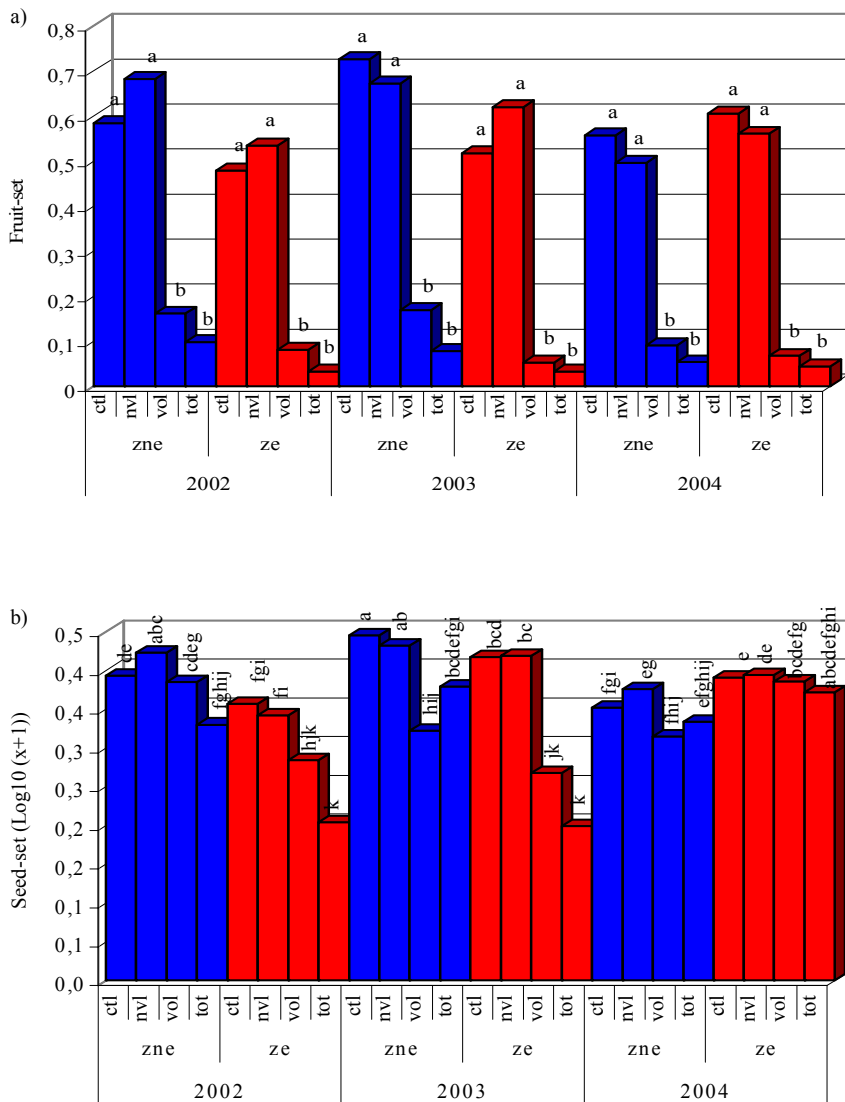


Figura 7.2. a. Fruit-set en *E. characias* per a cada tractament, zona i any (a i b: subgrups homogenis per a tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). **b.** Seed-set en *E. characias* per a cada tractament, zona i any (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k: subgrups homogenis per a any*zona*tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). En les 2 gràfiques, zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total (les N i les mitjanes corresponent a cada cas es troben als annexos, pàgines 140 i 141).

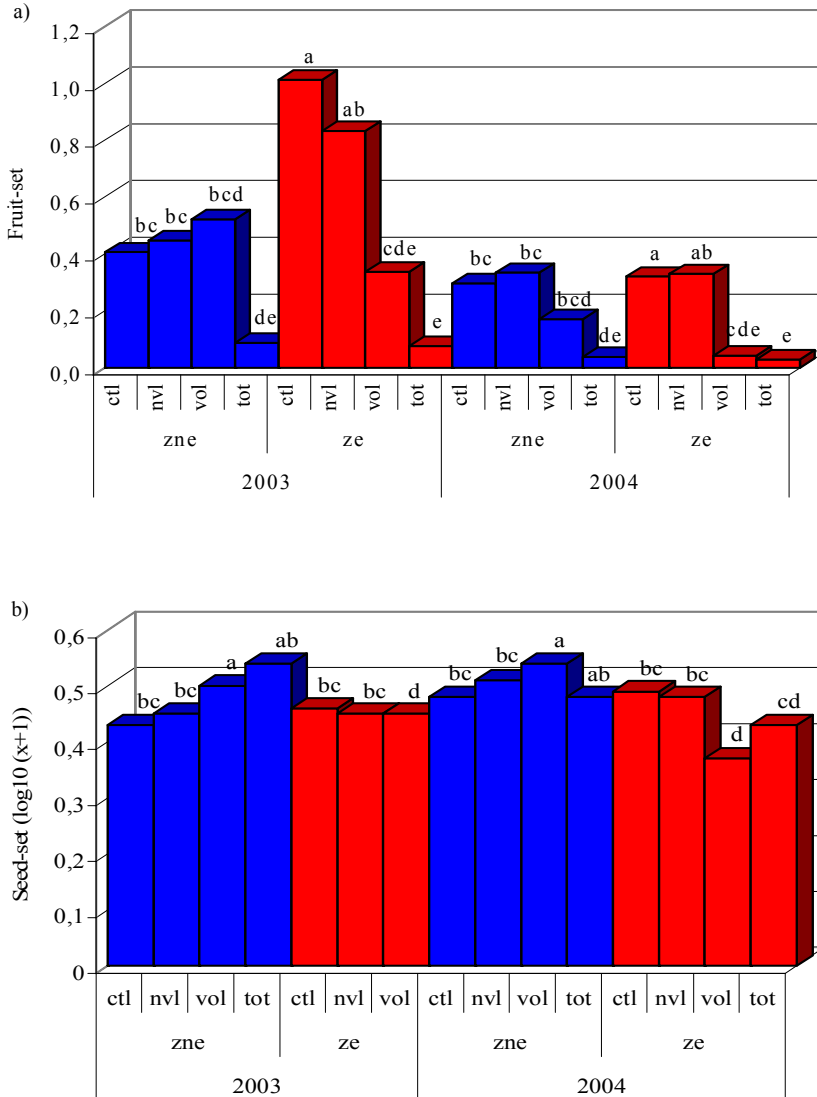


Figura 7.3. a. Fruit-set en *E. biumbellata* per a cada tractament, zona i any (a, b, e i d: subgrups homogenis per a zona*tractament, post-hoc DHS de Tukey, p < 0.05). **b.** Seed-set en *E. biumbellata* per a cada tractament, zona i any (a, b, c i d: subgrups homogenis per a any*zona*tractament, post-hoc DHS de Tukey, p < 0.05). En les 2 gràfiques, zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total (les N i les mitjanes corresponent a cada cas es troben als annexos, pàgines 142 i 143).

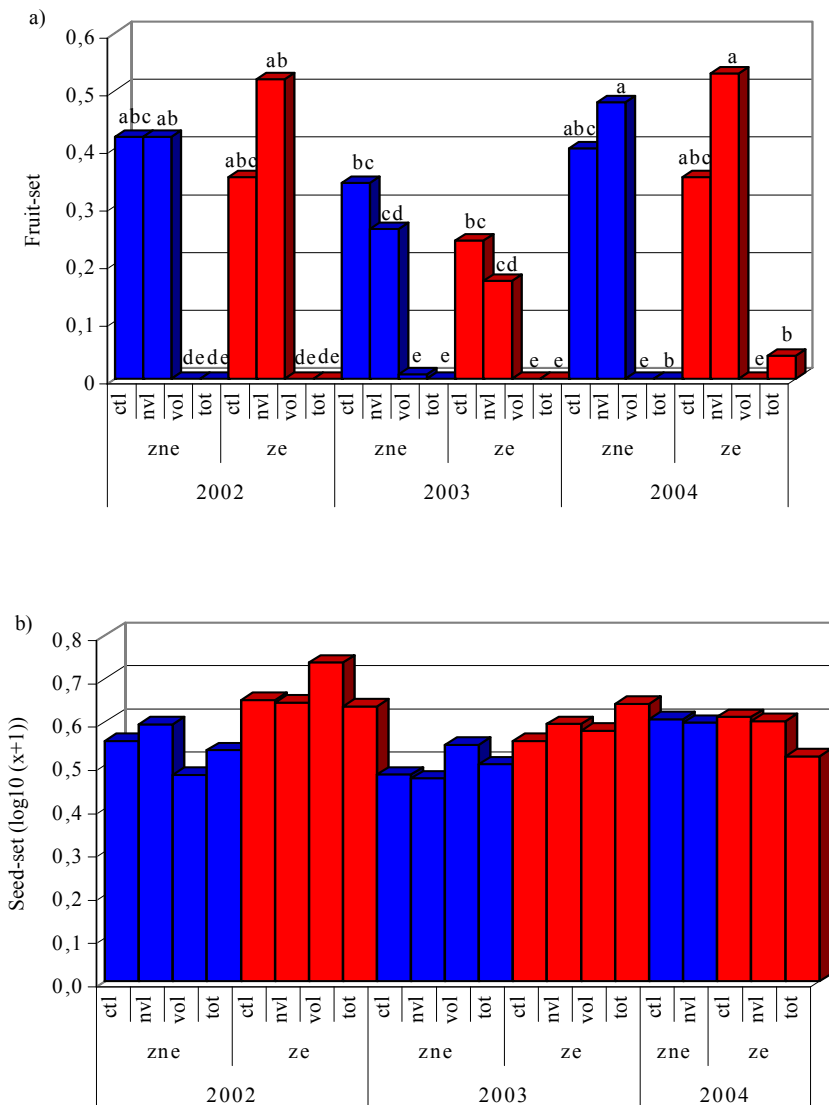


Figura 7.4. a. Fruit-set en *S. arboresus* per a cada tractament, zona i any (*a, b, c, d* i *e*: subgrups homogenis per a any*tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). **b.** Seed-set en *S. arboresus* per a cada tractament, zona i any. En les 2 gràfiques, zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total (les N i les mitjanes corresponent a cada cas es troben als annexos, pàgines 144 i 145).

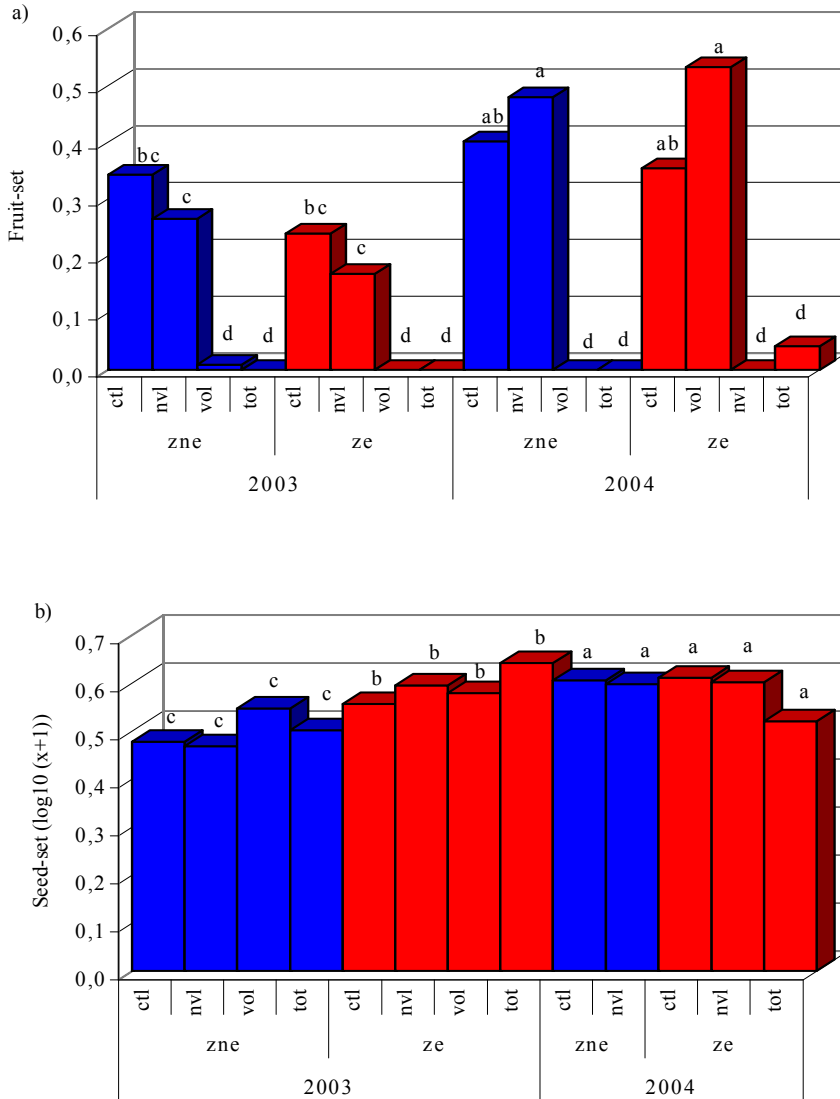


Figura 7.5. a. Fruit-set en *G. monspessulana* per a cada tractament, zona i any (*a, b c i d*: subgrups homogenis per a any*tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). **b.** Seed-set en *G. monspessulana* per a cada tractament, zona i any (*a, b i c*: subgrups homogenis per a any*zona, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). En les 2 gràfiques, zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total (les N i les mitjanes corresponent a cada cas es troben als annexos, pàgines 146 i 147).

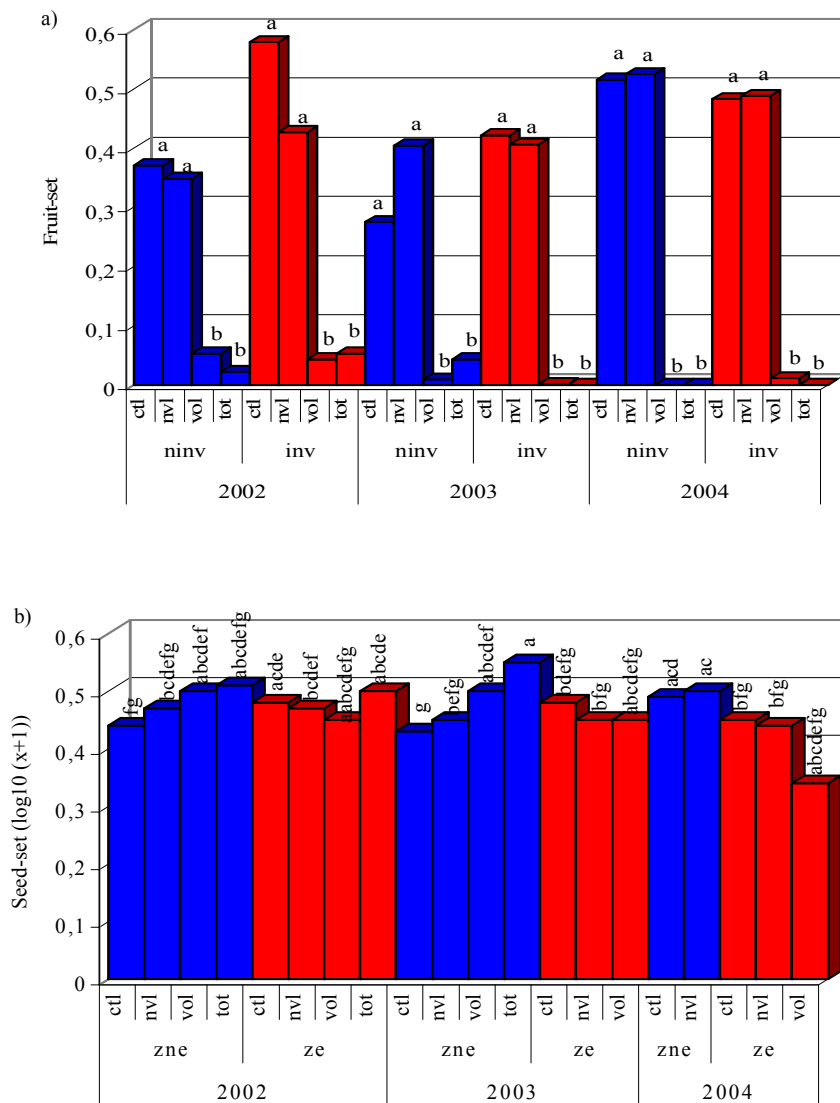


Figura 7.6. a. Fruit-set en *L. stoechas* per a cada tractament, zona i any (a i b: subgrups homogenis per a tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). **b.** Seed-set en *L. stoechas* per a cada tractament, zona i any (a, b, c, d, e, f i g: subgrups homogenis per a any*zona*tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). En les 2 gràfiques, zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total (les N i les mitjanes corresponent a cada cas es troben als annexos, pàgines 148 i 149).

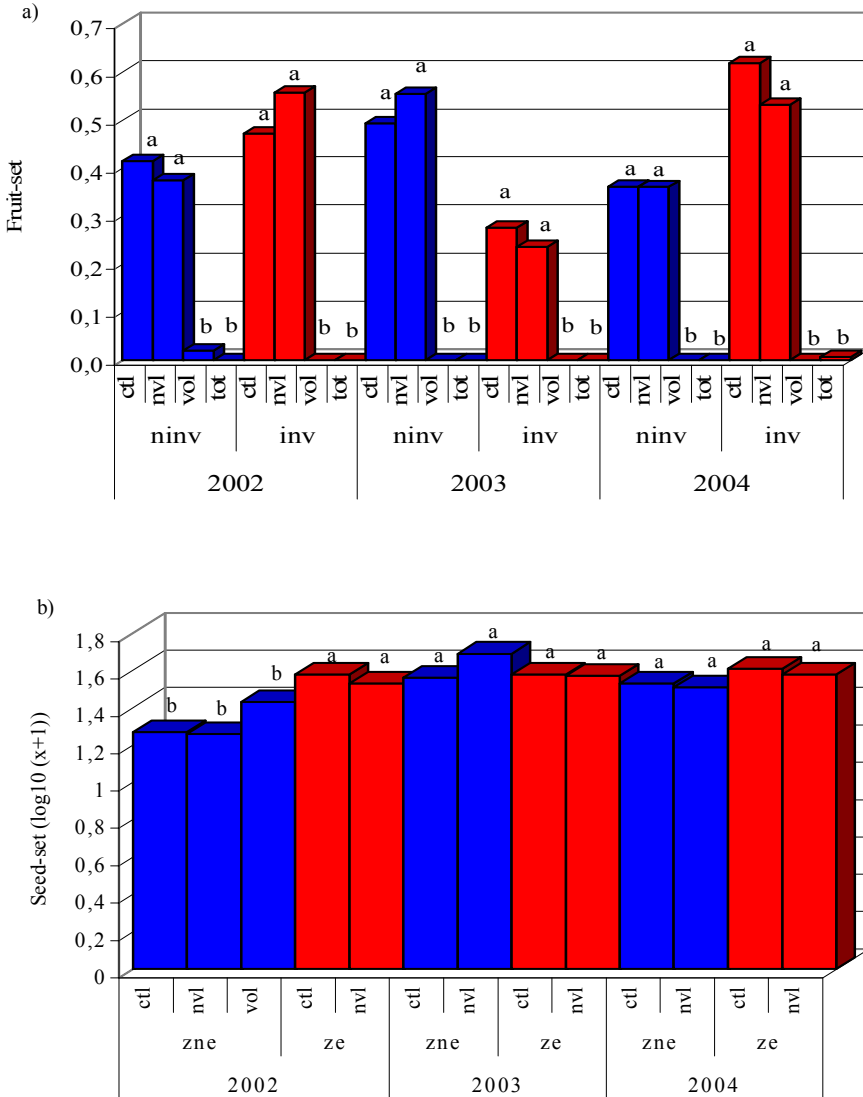


Figura 7.7. a. Fruit-set en *C. salviifolius* per a cada tractament, zona i any (a i b: subgrups homogenis per a tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). **b.** Seed-set en *C. salviifolius* per a cada tractament, zona i any (a i b: subgrups homogenis per a any*zona, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). En les 2 gràfiques, zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total (les N i les mitjanes corresponent a cada cas es troben als annexos, pàgines 150 i 151).

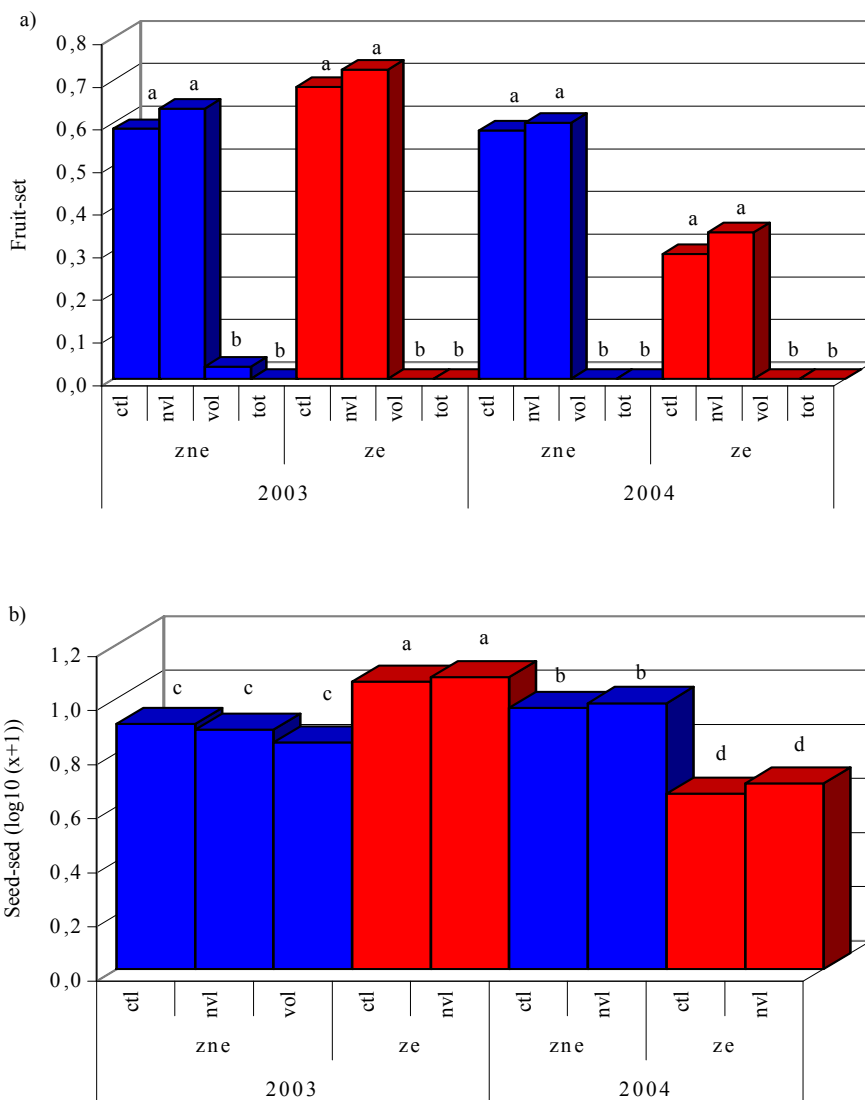


Figura 7.8 a. Fruit-set en *C. monspeliensis* per a cada tractament, zona i any (a, i b: subgrups homogenis per a tractament, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). **b.** Seed-set en *C. monspeliensis* per a cada tractament, zona i any (a, b, c i d: subgrups homogenis per a any*zona, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$). En les 2 gràfiques, zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total (les N i les mitjanes corresponent a cada cas es troben als annexos, pàgines 152 i 153).

Taxa de pol·len per òvul en *Euphorbia characias*

La mitjana de grans de pol·len per estam era de 179.80 ± 8.25 (mitjana \pm e.s.). La taxa de pol·len per òvul va ser de 299.67. Aquest valor està inclòs entre els valors d'autogàmia i xenogàmia facultativa.

Viabilitat de les granes

En totes les espècies la viabilitat de les granes era molt alta i no es van trobar, en cap cas, diferències significatives entre zones ni entre tractaments (taula 7.9).

Taula 7.9. Proporció de granes viables i resultats dels tests chi-quadrat de la comparació de les 2 zones per a les diferents espècies (zne: zona no envaïda i ze: zona envaïda) per a cada tractament (ctl: control, nvl: exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: exclusió total) i pel total (suma de tots els tractaments).

Espècie	Zona	N	%	Suma	N	%	ctl	N	%	nvl	N	%	Vol	N	%	Tot
<i>E. characias</i>	zne	308	0.92	p=0.884	103	0.92	p=0.876	105	0.93	p=0.943	59	0.90	p=0.929	41	0.90	p=0.725
	ze	241	0.97		95	0.98		93	0.97		26	0.83		27	1.00	
<i>E. biumbelata</i>	zne	278	0.90	p=0.938	95	0.96	p=0.968	106	0.91	p=0.902	41	0.83	p=0.989	36	1.00	p=0.894
	ze	394	0.97		152	0.97		137	0.98		51	0.92		54	0.98	
<i>S. arboreus</i>	zne	79	0.72	p=0.884	35	0.60	p=0.823	44	0.71	p=0.842	0	-	-	0	-	-
	ze	50	0.48		33	0.60		17	0.46		0	0				
<i>G. monspesulana</i>	zne	203	1.00	p=0.888	83	0.99	p=0.980	95	1.00	p=0.913	21	1.00	p=0.814	4	1.00	p=0.759
	ze	260	0.98		118	0.99		92	0.99		19	0.90		31	0.90	
<i>L. stoechas</i>	zne	259	1.00	p=1	98	1.00	p=1	107	1.00	p=1	29	1.00	p=1	25	1.00	p=1
	ze	353	1.00		121	1.00		139	1.00		46	1.00		47	1.00	
<i>C. salviifolius</i>	zne	173	0.95	p=0.983	85	0.98	p=0.877	78	0.86	p=0.917	0	-	-	0	-	-
	ze	171	0.92		86	0.82		85	0.90		0	0				
<i>C. monspeliensis</i>	zne	218	0.98	p=0.954	103	0.97	p=0.941	83	0.92	p=0.972	12	0.90	-	20	0.90	-
	ze	246	0.99		135	0.99		111	0.98		0	0				

Granes parasitades

No hi ha diferències en el percentatge de granes parasitades entre els diferents anys, entre zones i entre tractaments (taula 7.10) (chi-quadrat, $p > 0.01$).

Taula 7.10. Percentatge mitjà de granes parasitades i resultats del test chi-quadrats comparant els mateixos tractaments entre zones, i els diferents tractaments a la mateixa zona (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors).

Any	Zona	Tractament	N granes	Granes parasitades	Percentatge Mitjà \pm e.s.	P
2003	Zne	ctl	3347	93	2.62 ± 0.75	0.977
	Ze		2669	57	1.63 ± 0.74	
	Zne	nvl	2674	67	2.31 ± 0.53	0.963
	Ze		3516	55	1.32 ± 0.60	
2004	Zne	ctl	1908	38	1.67 ± 0.56	0.986
	Ze		2161	36	2.52 ± 0.97	
	Zne	nvl	1816	15	0.57 ± 0.48	0.978
	Ze		1727	21	1.68 ± 0.76	
2003	Zne	ctl	3347	93	2.62 ± 0.75	0.990
	Ze		2674	67	2.31 ± 0.53	
	Ze	nvl	2669	57	1.63 ± 0.74	0.976
			3516	55	1.32 ± 0.60	
2004	Zne	ctl	1908	38	1.67 ± 0.56	0.945
	Ze		2161	36	2.52 ± 0.97	
	Ze	nvl	1816	15	0.57 ± 0.48	0.979
			1727	21	1.68 ± 0.76	

Discussió

Totes les espècies estudiades presenten variacions interanuals: *E. characias* en el fruit-set, *E. biumbellata* i *C. salviifolius* en el seed-set, i *S. arboreus*, *G. monspessulana*, *L. stoechas* i *C. monspeliensis* en ambdós. Aquestes diferències en la producció de fruits i granes es podrien explicar per les diferències entre els factors físics ambientals en els diferents anys, ja que això influeix en el número de flors visitades (Kevan i Baker, 1983; Herrera, 1987), i fa que hi hagi una variació entre el nombre i la composició dels pol·linitzadors (Herrera, 1988; Ashman i Stanton, 1991; Fishbein i Venable, 1996; Gutian *et al.*, 1996). Els diferents pol·linitzadors tenen diferent eficàcia (Fishbein i Venable, 1996; Olsen, 1997) i això pot causar diferències entre el fruit i seed-set (Jennersten *et al.*, 1988; Copland i Whelan, 1989; Bertin i Sholes, 1993; Herrera, 2000). En *Nuphar ozarkana* i *N. advena*, per exemple, la contribució relativa d'abelles, mosques i escarabats en la transferència de pol·len depèn de la relativa abundància de cada grup (Lipokk *et al.*, 2000). Fora de les àrees tropicals els insectes presenten una marcada estacionalitat, i són més abundants a la primavera i l'estiu (Wolda, 1988;

McCall i Primack, 1992). L'activitat dels pol·linitzadors està estretament correlacionada amb la temperatura o la radiació solar (Gilbert, 1985; Abrol, 1991; McCall i Primack 1992; Corbet *et al.*, 1993; Batra 1999) i sovint depèn de la seva mida i/o el seu color (Willmer, 1983). En *E. dendroides*, a mesura que avança la floració i les temperatures augmenten, també es produeix un augment del nombre de pol·linitzadors, tot i que la seva composició no varia; això, a més, està directament correlacionat amb el fruit-set posterior (Traveset i Sáez, 1997).

En *S. arboreus*, *G. monspessulana*, *L. stoechas*, *C. salviifolius* i *C. monspeliensis* les inflorescències dels tractaments control i exclusió de formigues produïen més fruits que les dels tractaments exclusió voladors i exclusió total, a les 2 zones. No hi havia diferències entre la producció de granes entre aquests parells de tractaments. Això indicaria que totes aquestes espècies serien alògames o xenògames, sent imprescindible la presència d'insectes voladors per a la seva pol·linització, tal i com ja constaten estudis anteriors. Les flors de les papilionàcies estan modificades de manera que el pol·len i el nèctar no sigui accessible a tots els insectes, però sí a uns pocs pol·linitzadors (Faegri i van der Pilj, 1971) que, en general, són himenòpters, normalment del gènere Apoidea (Masalles *et al.*, 1988). *L. latifolia*, una espècie amb les mateixes característiques que *L. stoechas*, és visitada per un gran nombre d'insectes voladors i mai per formigues (Herrera, 1988; Herrera, 1990). Encara que el seu pol·len és autocompatible, l'autogàmia és dona molt infreqüentment (Herrera, 1991). *Cistus salviifolius* i *C. monspeliensis* són espècies xenògames visitades per un gran nombre d'insectes, principalment per coleòpters i, la primera, també per formigues. Tot i això, els principals pol·linitzadors d'aquestes espècies serien abelles i dípters (Bosch, 1992).

E. characias seria pol·linitzada principalment per insectes voladors, ja que les inflorescències en què aquests han estat exclosos pràcticament no produeixen fruits i produeixen menys granes. Tal i com ja s'ha vist en el primer capítol, els principals pol·linitzadors d'aquesta planta serien dípters. Tot i això, les inflorescències en què s'exclouen els insectes voladors produeixen una petita quantitat de fruits i granes, el que indicaria que aquesta planta podria conservar una certa capacitat d'autogàmia, tal i com també indicaria la seva taxa de pol·len per òvul (Cruden, 1977). A les zones no envaïdes, les úniques inflorescències d'*E. biumbellata* que produïen menys fruits eren aquelles en què s'havien exclòs les visites de tot tipus d'insectes. Això indicaria que, a

diferència d'*E. characias*, els insectes no voladors, probablement formigues, serien importants pol·linitzadors. Possiblement la pol·linització d'aquesta planta seria molt similar a la de *Jatropha curcas*, una Euphorbiacea on la xenogàmia es combina, i complementa, amb la geitonogàmia. Abelles i dípters traslladen el pol·len entre els diferents individus, i formigues i tisanòpters entre flors d'un mateix peu (Raju i Ezradanam, 2002). El sistema reproductiu de les Euphorbiàcies és divers i inclou gairebé tots els casos. *E. hyssopifolia* conserva la capacitat d'autopol·linitzar-se, *E. capitellata* requereix la visita d'insectes per a la pol·linització, tot i que conserva una capacitat limitada d'autopol·linitzar-se, i *E. albomarginata* és totalment dependent dels insectes (Ehrenfeld, 1979).

E. biumbellata produïa els mateixos fruits a les 2 zones, però menys granes a la zona envaïda. *E. characias* produïa menys fruits a la zona envaïda i, aquests, produïen menys granes. En ambdós casos, doncs, hi havia una menor producció total de granes a la zona envaïda. Això indicaria un efecte negatiu en la pol·linització d'aquestes plantes causat per la formiga argentina. A més, la invasió de la formiga argentina només afectaria a aquestes 2 plantes, les 2 espècies amb flors obertes que són visitades amb freqüència per aquestes formigues. La resta d'espècies estudiades (amb flors amb accés restringit i/o no visitades per aquesta formiga) produeixen el mateix nombre de fruits i granes a les 2 zones, envaïdes i no envaïdes. El fet que unes espècies es vegin afectades i altres no, sent la principal diferència entre aquestes la presència o absència de la formiga argentina, indicaria que la invasió no afecta a la comunitat de pol·linitzadors en general, contràriament al que passa en altres casos. A Hawaii la presència de la formiga argentina està associada amb una reducció d'espècies al·lòctones i autòctones, incloses importants pol·linitzadors (Cole *et al.*, 1992). Passa el mateix a Califòrnia, on la presència de la formiga argentina està associada amb la disminució o desaparició d'algunes espècies de coleòpters, dípters, himenòpters, hemípters i altres grups d'invertebrats, el que comporta una alteració de l'estructura tròfica de les comunitats d'invertebrats (Human i Gordon, 1997; Bolger *et al.*, 2000). Així doncs, la menor producció de granes d'*E. characias* seria deguda, molt probablement, a la disminució de visitants a causa de l'efecte repel·lent de la formiga argentina (tal i com s'ha descrit al tercer capítol). Aquest efecte repel·lent, que comporta una disminució del nombre de visitants i visites a les flors, tal i com suggereixen Visser *et al.* (1996) en *Protea nitida*, podria retardar la pol·linització i, d'aquesta manera, la capacitat reproductiva de la

planta. En el cas d'*E. biumbellata* possiblement també es dóna aquest efecte repel·lent, però s'hi hauria de sumar la desaparició de formigues autòctones que, tal i com s'ha vist en aquest (i en el segon capítol), podrien ser bones pol·linitzadores d'aquesta planta. A tot això s'hi ha d'afegir, almenys per a *E. characias*, que entre les 2 zones, envaïda i no envaïda, no es van trobar diferències entre el número de granes viables i el nombre de granes parasitades. Si bé en alguns casos la formiga argentina pot protegir algunes plantes (Koptur, 1979), en el nostre cas no seria així o, en tot cas, jugaria el mateix paper que les formigues autòctones en cas que fessin aquesta funció.



DISCUSSIÓ GENERAL
I CONCLUSIONS

Discussió general

El present treball aporta noves dades sobre la pol·linització d'*Euphorbia characias*, de l'efecte de la invasió de la formiga argentina en aquest procés, i en la d'altres espècies mediterrànies.

Hi ha pocs estudis sobre la pol·linització d'espècies de la família Euphorbiaceae, i encara menys en el gènere *Euphorbia*, tot i la gran diversitat de formes existents (Massalles, 1988). En general, les flors d'aquesta família són obertes, i com a tals, es considera que tenen una pol·linització generalista: reben i són pol·linitzades per una gran quantitat d'insectes (Gutian *et al.*, 1996; Listabarth, 2001), tal i com sembla que demostren estudis anteriors (Ehrenfeld, 1979; Armbruster i Steiner, 1992; Armbruster *et al.*, 1992; Traveset i Sáez, 1997). *E. characias* és una planta amb flors obertes que, en principi, sembla que seguiria aquest patró i era visitada per moltes espècies. Tot i això, quan es va analitzar les visites que feien aquestes espècies a les inflorescències, en la majoria de casos aquestes només visitaven les inflorescències alguns anys concrets o, en cas que apareguessin amb certa regularitat al llarg dels anys, visitaven poques inflorescències i, dins d'aquestes, poques flors. Totes aquestes espècies no es poden descartar com a pol·linitzadores però, en tot cas, només podrien ser secundàries o poc importants. Tan sols set espècies, dues de formiga (*Camponotus cruentatus* i *Linepithema humile*) i cinc de dípters (*Calliphora vomitoria*, *Sarcophaga carnaria*, *Episyrphus balteatus*, *Eristalis tenax* i *Fannia* sp), visitaven les inflorescències al llarg dels anys que va durar l'estudi i visitaven, també, un gran numero de flors. D'aquestes, tres explotaven el nèctar de forma oportunista (*C. cruentatus*, *L. humile* i *Fannia* sp) i, les dues últimes, no transportaven grans de pol·len. Així doncs, només quatre espècies de dípters (*C. vomitoria*, *E. tenax*, *E. balteatus* i *S. carnaria*) haurien de ser considerades com les principals pol·linitzadores d'aquesta planta, almenys en aquesta zona. Aquestes quatre espècies transporten grans de pol·len i, almenys les dues primeres, el dipositen a les flors femenines. Els dípters han estat mencionats com a pol·linitzadors o visitants regulars com a mínim en cinc-centes cinquanta-cinc espècies de plantes amb flors (Larson, 2001), entre elles algunes espècies del gènere *Euphorbia* (Traveset i Sáez, 1997; Ehrenfeld, 1979). Segurament serien molt importants en alguns ambients com la tundra (McCall i Primack, 1992), l'alta muntanya (Arroyo *et al.*, 1982;

Kearns, 1992), les selves temperades (Osada *et al.*, 2003) o la mediterrània (Petanidou i Vokou, 1990), i poden ser tan bons pol·linitzadors com els himenòpters (Kearns i Inouye, 1994; Pellmyr i Thomson, 1996; Listabarth 2001). Tot i això, hi ha pocs casos descrits de plantes pol·linitzades principalment per dípters (Motten *et al.*, 1981; Kearns i Inouye, 1994; Machado i Loiola, 2000). D'altra banda, el fet que aquesta planta fos visitada per un gran nombre d'espècies, tot i que només unes poques fossin pol·linitzadores efectives, es contradiu amb una teòrica pol·linització generalista. Molts autors pensen que encara que les flors rebien molts visitants, només unes poques serien pol·linitzadors efectius (Brantjes, 1981; Motten *et al.*, 1981; Willmer, 1983; Kranitz i Maun, 1991; Fishbein i Venable, 1996; Olsen, 1997; Castañeda *et al.*, 1999; Granja, 2001; Raju *et al.*, 2001), tal i com passa en el nostre cas.

Les formigues són visitants habituals de plantes i flors (Hickman, 1974; Herrera *et al.*, 1984; Haber *et al.*, 1981; Huxley, 1991; Bosch *et al.* 1997). En el nostre cas, la formiga argentina infestava moltes inflorescències d'*E. characias* a les zones envaïdes. Aquestes inflorescències rebien menys visitants que les inflorescències no infestades o les inflorescències de les zones no envaïdes. La formiga argentina és agressiva amb altres insectes que visiten les flors on es troben (Barlett, 1961; Koptur, 1979) i aquest comportament podria afectar als seus visitants, fent que aquests modifiquessin el seu comportament. Algunes espècies, com *E. tenax*, s'estaven menys temps a cada flor, i d'altres, com *C. vomitoria*, recorrien més distància entre les flors que visitaven. Algunes plantes atreuen les formigues, sovint amb nèctar extrafloral, a canvi de la protecció que els hi ofereixen en front a herbívors o paràsits (Schemske, 1980; Oliveira *et al.*, 1987; Compton i Robertson, 1988; Willmer i Stone, 1997; de la Fuente i Marquis, 1999; Romero 2002; Almeida i Figueredo, 2003; Ness, 2003). Aquesta protecció sovint no té cap efecte sobre els pol·linitzadors o la pol·linització (Compton i Robertson, 1988; Horvitz i Schemske, 1990; Willmer i Stone, 1997; Wagner i Kay, 2002; Almeida i Figueredo, 2003), inclòs un cas descrit amb la formiga argentina (Koptur, 1979). En el nostre cas, la formiga argentina explotaria el nèctar de forma oportunista, tal i com passa en altres espècies (Herrera *et al.*, 1984; Rico-Gray, 1989; Espadaler i Gómez, 1996; Dejean *et al.*, 1997; Dreisig, 2000; Josens, 2002; Schilman i Rocas, 2003), sense que això representi cap benefici per la planta, ja que no hi havia diferències entre el numero de granes parasitades i viables a les dues zones. La presència de la formiga argentina a les inflorescències tindria, doncs, un efecte repel·lent. A Sud-àfrica es va

constatar una reducció en la diversitat i abundància dels insectes que visitaven les inflorescències de *Protea nitida* infestades (Visser *et al.*, 1996). La formiga *Oecophylla smaragdina* també infesta les inflorescències de *Nephelium lappaceum*, una planta asiàtica, tenint aquest mateix efecte (Tsuji *et al.*, 2004). La presència de moltes formigues agressives a les flors afecta als altres visitants (Lach, 2003), fent que hi hagi menys visites o que aquestes siguin més superficials, dipositin menys pol·len i, en conseqüència, les flors produeixin menys grans (Wyatt, 1981). A aquest efecte repel·lent, possiblement, se li podria afegir el consum del nèctar de les flors per la formiga argentina, el que faria menys atractives les flors, tal i com també passa a Sud-àfrica (Buys, 1990), i com també s'ha constatat amb altres espècies (Schaffer *et al.*, 1983).

Les formigues autòctones també eren visitants habituals de les flors d'*E. characias*, sent especialment abundant, en el nostre cas, *C. cruentatus*. Aquesta espècie no ataca ni és agressiva amb els pol·linitzadors i visitants d'aquesta planta, de la mateixa manera que tampoc ho són altres formigues d'aquest mateix gènere (Retana *et al.*, 1987; Dejean *et al.*, 1997). D'altra banda, a les zones envaïdes per la formiga argentina desapareixen la majoria de formigues autòctones (Donnelly i Giliomee, 1985; Ward, 1987; Fuentes, 1991; Majer, 1994; Human i Gordon, 1996; Harris, 2002; Carpintero *et al.*, 2003; Carpintero *et al.*, 2003; Carpintero *et al.*, 2005; Gómez *et al.*, 2003; Touyama *et al.*, 2003). En el nostre cas, a les inflorescències de la zona envaïda no es va detectar la presència formigues autòctones que sí es trobaven a les inflorescències de la zona no envaïda. Només *Plagiolepis pigmaea*, una formiga de mida petita, sembla que conviuria amb la formiga argentina gràcies a la seva mida, tal i com fan altres espècies similars (Touyama *et al.*, 2003).

Les invasions biològiques provoquen una gradual homogeneïtzació de la biota de la terra (Lodge, 1993), una disminució de les diferències entre poblacions de la fauna i la flora (Olden *et al.*, 2004), i la pèrdua de biodiversitat i un impacte sobre els processos ecològics (Vitousek *et al.*, 1996; Sala *et al.*, 2000). Les invasions actuals es podrien comparar als processos que s'han donat a escala geològica, quan dos continents i les seves biotes es trobaven. El que ha comportat, sempre, l'extinció de moltes espècies (Vermeij, 1991). En aquesta homogeneïtzació unes poques espècies "guanyadores" substitueixen a un gran nombre d'espècies "perdedores", sent l'últim grau d'aquesta

homogeneïtzació una nova extinció en massa i l'aparició d'una nova biosfera homogènia (McKinney i Lockwood, 1999).

De les vuit espècies que es van trobar a la zona no envaïda (*Camponotus cruentatus*, *Camponotus piceus*, *Crematogaster scutellaris*, *Formica gagates*, *Formica subrufa*, *Formica cunicularia*, *Lasius lasioides* i *Plagiolepis pygmaea*), sis d'elles no transportaven pol·len. Això indicaria que, com la formiga argentina, també explotarien el nèctar de forma oportunista. Dues d'elles (*C. cruentatus* i *C. piceus*), però, transportaven grans de pol·len i eren visitants habituals de les flors. Tot i que les formigues tradicionalment han estat considerades pol·linitzadores pobres o poc eficaces (Faegri i Van der Pijl, 1971; Beattie *et al.*, 1984; Hull i Beattie, 1988), podrien jugar un paper clau en zones àrides i mediterrànies (Hickman, 1974). A més, algunes espècies del gènere *Camponotus* són bones pol·linitzadores (Struck, 1994; Garcia *et al.*, 1995; Gómez, 2000; Raju i Ezradanan, 2002). Les formigues d'aquest gènere no tenen les característiques que les farien males pol·linitzadores. Si bé aquestes formigues també explotarien el nèctar d'*E. characias* sense que la planta en surti beneficiada, sembla que això tampoc li causi cap perjudici o, com a mínim, no li causa els mateixos perjudicis que la formiga argentina. *E. biumbellata*, però, possiblement està pol·linitzada per formigues. La desaparició d'aquestes tindria un efecte directe que es traduiria en una menor producció de granes, tal i com sembla que passa. La formiga argentina no transportava grans de pol·len i no podria "substituir" les formigues autòctones en la pol·linització, almenys d'aquesta planta.

Encara que el numero d'inflorescències en què es trobaven tant les formigues autòctones com la formiga argentina eren les mateixes, el numero d'obreres de formiga argentina a les inflorescències era molt més gran. La formiga argentina també comença el seu període d'activitat abans que les formigues autòctones. Aquest avantatge numèric en la competència pels recursos, conjuntament amb la interferència en el comportament de les formigues autòctones, a Califòrnia, explicava la desaparició de la majoria d'espècies autòctones a les zones envaïdes (Human i Gordon, 1996; Holway 1999).

De la pol·linització en depèn la producció de fruits i granes posterior (Arnold, 1982; Montalvo i Ackerman, 1986; Copland i Wheland, 1989; Craig, 1989; Bertin, 1990; Dafni, 1992; Kearns i Inouye, 1993; Kearns i Inouye, 1997; Allen-Wardell *et al.*, 1998;

Kearns *et al.*, 1998; Matsumura i Washitani, 2000; Susuki, 2000; Wilcox i Neiland, 2002). Totes les espècies vegetals estudiades (*Euphorbia characias*, *Euphorbia biumbellata*, *Sarothamnus arboreus*, *Genista monspessulana*, *Lavandula stoechas*, *Cistus salviifolius* i *Cistus monspeliensis*) eren pol·linitzades necessàriament per insectes voladors. *E. characias* conservaria una certa capacitat d'autogàmia, tal i com indica la comparació entre els diferents tractaments a què va estar sotmesa i la seva taxa de pol·len per òvul. En *E. biumbellata* els insectes no voladors, probablement formigues, tindrien un paper important en la pol·linització d'aquesta planta a la zona no envaïda. Totes les espècies estudiades presenten variacions interanuals en la producció de fruits i granes, que es podrien explicar per les diferències entre els factors físics ambientals entre els diferents anys, i la influència que això pot tenir en els pol·linitzadors (Kevan i Baker, 1983; Herrera, 1987; Herrera, 1988; Ashman i Stanton, 1991; Fishbein i Venable, 1996; Gutian *et al.*, 1996).

Les dues Euforbiàcies produïen menys granes a les zones envaïdes per la formiga argentina, mentre que en la resta d'espècies estudiades no hi havia diferències entre les dues zones, envaïda i no envaïda. La principal diferència entre aquests dos grups d'espècies, i entre zones, era que la formiga argentina infestava les flors de les dues espècies del gènere *Euphorbia*. Això indicaria que la comunitat de pol·linitzadors no estaria afectada per la invasió de la formiga argentina. Contràriament al que passa en altres zones envaïdes, com Califòrnia (Human i Gordon, 1997; Bolger *et al.*, 2000) o Hawaii (Cole *et al.*, 1992). Així doncs, els efectes d'aquesta formiga en la pol·linització no estaria en l'alteració de la comunitat d'invertebrats en general, sinó que serien causats per els efectes indirectes citats anteriorment. L'efecte repel·lent, en el cas *E. characias*, i la desaparició de formigues autòctones, en el cas *E. biumbellata*. A aquesta menor producció de granes se li hauria de sumar, en alguns casos, el fet que la formiga argentina no dispersa algunes granes que si són dispersades per formigues autòctones (Bond i Slingsby 1984; Bas, 2001; Christian, 2001; Gómez *et al.*, 2003; Witt i Gilomee, 2004; Witt *et al.*, 2004; Oliveras, 2005). Aquest efecte en la pol·linització i en la dispersió de granes, conjuntament o per separat, podria comportar una alteració de la composició de les comunitats de plantes. En casos extrems, fins i tot es podria arribar a la desaparició d'algunes espècies.

La pol·linització per animals representa un procés clau de gran valor per a la humanitat. Els pol·linitzadors estan afectats negativament per la fragmentació dels hàbitats, els canvis d'usos del sòl, les pràctiques agrícoles modernes, l'ús de pesticides i les invasions biològiques. Ja fa temps que s'ha detectat un declivi de les poblacions de pol·linitzadors, especialment dels himenòpters, abelles i abellots (Kearns *et al.*, 1998), tot i que no està ben documentat en el cas dels dípters (Kearns, 2001). Hi ha molta literatura sobre la conservació de les espècies, o la seva extinció, però gairebé ningú parla de la conservació de les interaccions mutualistes que són essencials pel manteniment de les comunitats naturals (Kearns i Inouye, 1997; Christian, 2001). En l'extinció d'una interacció ecològica, una de les parelles pot persistir alguns anys més que l'altre, els efectes de la pèrdua d'un pol·linitzador particular és difícilment previsible, s'ha de recordar que les espècies no existeixen separatament, i que quantes més peces es perden, més fàcil és que l'estructura eventualment arribi al col·lapse (Kearns i Inouye, 1997).

Conclusions

En aquest treball s'han descrit els diferents efectes de *Linepithema humile* en la pol·linització d'*Euphorbia characias* i, en menor mesura, en d'altres plantes. Descriu com és la pol·linització en aquesta planta i quines són les conseqüències de la invasió de la formiga argentina. És un dels primers treballs sobre aquest tema, i el primer que es fa a la conca mediterrània.

1. *Euphorbia characias* és una espècie visitada per un gran nombre d'espècies d'insectes, d'una gran varietat d'ordres i famílies, encara que destaquen especialment dípters i formigues.

2. Els seus principals pol·linitzadors però, serien quatre espècies de dípters pertanyents a tres famílies diferents: *Eristalis tenax*, *Episyrphus balteatus* (Sirphidae), *Calliphora vomitoria* (Calliphoridae) i *Sarcophaga carnaria* (Sarcophagidae). Aquestes espècies transporten pol·len d'aquesta planta adherit al seu cos i, almenys dues d'elles (*E. tenax* i *C.vomitoria*) el dipositen als òrgans reproductors femenins.

3. A les zones envaïdes per la formiga argentina, desapareixen totes les espècies autòctones de formigues que s'enfilen a les inflorescències d'*E. characias*, *Euphorbia biumbellata* i *Cistus salviifolius*. Excepte una *Plagiolepis pygmaea*, probablement gràcies a la seva mida petita. A les zones envaïdes, doncs, hi ha una pèrdua de biodiversitat.

4. Les espècies vegetals estudiades són pol·linitzades necessàriament per insectes. En la majoria de casos, aquests pol·linitzadors serien espècies voladores. Només *E. characias* conserva un cert grau d'autogàmia i en la pol·linització d'*E. biumbellata* les formigues autòctones serien bones pol·linitzadores.

5. *Linepithema humile* sovint infesta les inflorescències d'*E. characias* i aprofita el nèctar d'aquesta planta de forma oportunista. Tot i que la majoria de formigues autòctones també exploten aquest nèctar de forma oportunista, algunes d'elles podrien ser pol·linitzadores més o menys importants d'algunes plantes (com, per exemple, *E.*

biumbellata). La formiga argentina al no transportar pol·len adherit al seu cos no podria substituir les formigues autòctones en la pol·linització d'aquestes espècies.

6. La formiga argentina té un efecte repel·lent en les inflorescències que infesta. Les inflorescències on és present reben menys visitants. Aquesta presència a les inflorescències no protegeix a la planta de la parasitació i la predació de granes (o, en cas que això sigui així, no ho fa millor que les formigues autòctones).

7. La producció de fruits en *E. characias* i de granes en *E. characias* i *E. biumbellata* és menor a les zones envaïdes per la formiga argentina. En les altres espècies estudiades no hi ha diferències entre zones. La invasió de la formiga argentina només afecta a aquestes dues espècies amb flors obertes i visitades freqüentment per la formiga argentina. La comunitat de pol·linitzadors en general, doncs, no estaria afectada per a la invasió. Els efectes negatius de la invasió, doncs, només es notarien en aquelles plantes que són infestades, a causa de l'efecte repel·lent, i en aquelles plantes pol·linitzades per formigues autòctones.

8. En la producció de fruits i granes la majoria d'espècies presenten variacions entre anys, segurament provocades per factors climàtics i ambientals.

BIBLIOGRAFIA



- ABROL, D. P. 1991. Path analysis of environmental factors influencing daily flight activity of *Apis dorsata*. *Acta Oecologica* 132: 819-824.
- ALLEN-WARDELL, G., P. BERNHARDT, R. BITNER, A. BURQUEZ, J. CANE, P. A. COX, V. DALTON, P. FEISINGER, M. INGRAM, D. INOUE, C. E. JONES, K. KENNEDY, P. KEVAN, H. KOPOWITZ, R. MEDELLIN, S. MEDELLIN-MORALES, & G. P. NABHAN. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology* 12: 8-17.
- ALMEIDA, A. M., & R. A. FIGUEIREDO. 2003. Ants visit nectaris of *Epidendrum denticulatum* (Orchidaceae) in a Brazilian rainforest: effects on herbivory and pollination. *Brazilian Journal of Biology* 64: 551-558.
- ARMBRUSTER, W. S., & K. E. STEINER. 1992. Pollination ecology of four *Dalechampia* species (Euphorbiaceae) in Northern Natal, South Africa. *American Journal of Botany* 79: 306-313.
- ARMBRUSTER, W. S., A. L. HERZIG, & T. P. CLAUSEN. 1992. Pollination of two sympatric species of *Delachampia* (Euphorbiaceae) in Suriname by male *Euglossine* bees. *American Journal of Botany* 79: 1374-1381.
- ARNOLD, R. M. 1982. Pollination, predation and seed set in *Linaria vulgaris* (Scrophulariaceae). *American Midland Naturalist* 107: 360-369.
- ARROYO, M. T. K., R. PRIMACK, & J. ARMESTO. 1982. Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of Central Chile. I. Pollination mechanism and altitudinal variation. *American Journal of Botany* 69: 82-97.
- ASHMAN, T., & M. STANTON. 1991. Seasonal variation in pollination dynamics of sexually dimorphic *Sidalcea oregana* spp. *spicata* (Malvaceae). *Ecology* 72: 993-1003.
- BACH, C. E. 1991. Direct and indirect interactions between ants (*Pheidole megacephala*), scales (*Coccus viridis*) and plants (*Pluchea indica*). *Oecologia* 87: 233-239.
- BARLETT, B. R. 1961. The influence of ants upon parasites, predators, and scale insects. *Annals of the Entomological Society of America* 54: 543-551.
- BAS, J. M. 2001. Frugivoria, dispersió i depredació de llavors en l'aladern (*Rhamnus alaternus* L.): paper dels ocells, rosegadors i formigues. Tesi Doctoral. Unversitat de Girona.

- BATRA, S. W. T. 1999. Native bees (Hymenoptera: Apoidea) in native trees: *Nyssa sylvatica* Marsh. (Cornaceae). *Proceedings of the Entomological Society of Washinton* 101: 449-157.
- BEATTIE, A. J., C. TURNBULL, R. B. KNOX, & E. G. WILLIAMS. 1984. Ant inhibition of pollen function: a possible reason why ant pollination is rare. *American Journal of Botany* 71: 421-426.
- BEGON, M., J. L. HARPER, & C. R. TOWNSEND. 1995. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. Omega.
- BERTIN, R. I. 1990. Effects of pollination intensity in *Campsis Radicans*. *American Journal of Botany* 77: 178-187.
- BERTIN, R. I., & O. D. SHOLES. 1993. Weather, pollination and the phenology of *Geranium maculatum*. *American Midland Naturalist* 129: 52-66.
- BLACKWELL, W. H., & M. H. POWELL. 1981. A preliminary on pollination in the Chenopodiaceae. *Annals of the Missouri Botanic Gardens* 68: 534-526.
- BLONDEL, J., & J. ARONSON. 1999. Biology and wildlife of the Mediterranean region. Oxford University Press.
- BOLGER, D. T., A. V. SUAREZ, K. R. CROOKS, A. M. SCOTT, & T. J. CASE. 2000. Arthropods in urban habitat fragments in Southern California: area, age, and edge effects. *Ecological Applications* 10: 1230-1248.
- BOLÒS, O. D., & J. VIGO. 1993. Flora Manual dels Països Catalans. Ed.Pòrtic S.A.
- BOND, W., & P. SLINGSBY. 1984. Collapse of an ant plant-mutualism: the argentine ant (*Iridomirmex humilis*) and myrmecochorus proteaceae. *Ecology* 65: 1031-1037.
- BOSCH, J. 1992. Floral biology and pollinators of three co-occurring *Cistus* Species (Cistaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 109: 39-55.
- BOSCH, J., J. RETANA, & X. CERDÀ. 1997. Flowering phenology, floral traits and pollinator composition in a herbaceous mediterranean plant community. *Oecologia* 109: 583-591.
- BRANTJES, N. B. M. 1981. Ant, bee and fly pollination in *Epipactis palustris* (L.) Crantz (Orchidaceae). *Acta Botanica Neerlandese* 30: 59-68.
- BRISTOW, C. M. 1991. Are ant-aphid associations a tritrophic interaction? Oleander aphids and Argentine ants. *Oecologia* 87: 514-521.
- BUYS, B. 1990. Relationships between Argentine ants and Honeybees in South Africa. In: *Applied Myrmecology: a world perspective*. R.K. Vander Meer, K Jaffe and A. Cedrano (eds). Westview Press. 519-524 p.

- CAMMELL, M. E., M. J. WAY, & P. R. PAIVA. 1996. Diversity and structure of ant communities associated with oak, pine, eucalyptus and arable habitats in Portugal. *Insectes Sociaux* 43: 37-46.
- CARPINTERO, S., J. REYES-LOPEZ, & L. ARIAS DE REINA. 2003. Impact of human dwellings on the distribution of the exotic argentine ant: a case study in the Doñana National Park, Spain. *Biological Conservation* 115: 279-289.
- CARPINTERO, S., J. REYES-LOPEZ, & L. ARIAS DE REINA. 2003. 2005. Impact of Argentine ants (*Linepithema humile*) on an arboreal ant community in Doñana National Park, Spain. *Biodiversity and Conservation* 14: 151-163.
- CASELLAS, D. 2004. Tasa de expansión de la hormiga argentina, *Linepithema humile* (Mayr 1868), (Hymenoptera, Dolichoderinae) en un área mediterránea. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 28.
- CASTAÑEDA, A., A. EQUIHUA, J. VALDEZ, A. F. BARRIENTOS, G. G. ISH-AM, & S. GAZIT. 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5: 129-136.
- CHAUHAN, E. 1979. Pollination by ants in *Coronopus didymus* (L.) Sm. *New Botanist* 6: 39-40.
- CHRISTIAN, C. E. 2001. Consequences of a biological invasion reveal the importance of mutualism for plant communities. *Nature* 413: 635-669.
- CLAVERO, M., & E. GARCÍA-BERTHOU. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. *Trends in Ecology and Evolution* 20: 110.
- COLE, F. R., A. MEDEIROS, & L. LOOPE. 1992. Effects of the argentine ant on arthropod fauna of Hawaiian high elevation shrubland. *Ecology* 77: 1313-1322.
- COMPTON, S. G., & H. G. ROBERTSON. 1988. Complex interactions between mutualisms: ants tending homopterans protect fig seeds and pollinators. *Ecology* 69: 1302-1305.
- CONNER, J. K., & S. RUSH. 1996. Effects of flower size and number on pollination visitation to wild radish, *Raphanus raphanistrum*. *Oecologia* 105: 509-516.
- COPLAND, B. J., & R. J. WHELAN. 1989. Seasonal variation in flowering intensity and pollination limitation of fruit set in four co-occurring *Banksia* species. *Journal of Ecology* 77: 509-523.
- CORBET, S. A., M. FUSSELL, R. AKE, A. FRASER, C. GUNSON, A. SAVAGE, & K. SMITH. 1993. Temperature and the pollinating activity of social bees. *Ecological Entomology* 18: 17-30.

- CRAIG, J. L. 1989. Seed set in *Phormium*: interactive effects of pollinator behaviour, pollen carryover and pollen source. *Oecologia* 81: 1-5.
- CROS, S., X. CERDA, & J. RETANA. 1997. Spatial and temporal variations in the activity patterns of Mediterranean ant communities. *Ecoscience* 4: 269-278.
- CRUDEN, R. W. 1977. Pollen-Ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31: 32-46.
- DAFNI, A. 1992. Pollination ecology. A practical approach. Oxford University Press.
- DAFNI, A., & C. A. O'TOOLE. 1994. Pollination syndromes in the Mediterranean: generalizations and peculiarities. In: *Plant-Animal Interactions in Mediterranean-type Ecosystems*. Arianoutsou, M. and Groves, R.H. (eds) Cluwer Academic Publ. Berlin. 125-135p.
- DALH, E., & E. HADAC. 1940. Maur som blomsterbestovere. *Nytt Magasin Naturvidensk* 81: 46-48.
- DEJEAN, A., T. BOURGOIN, & M. GIBERNAU. 1997. Ant species that protect figs against other ants: result of territoriality induced by a mutualistic homopteran. *Ecoscience* 4: 446-453.
- DONNELLY, D., & J. H. GILIOME. 1985. Community structure of epigaeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in fynbos vegetation in the Jonkershoek Valley. *Journal of Entomological Society of South Africa* 48: 247-257.
- DREISIG, H. 2000. Defense by exploitation in the Florida carpenter ant, *Camponotus floridanus*, at an extrafloral nectar resource. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 47: 274-279.
- DURR, H. J. R. 1952. The Argentine Ant, *Iridomyrmex humilis* Mayr. *Farming South Africa* 27: 381-384.
- EHRENFELD, J. 1976. Reproductive biology of three species of *Euphorbia* subgenus *chamaesyce* (Euphorbiaceae). *American Journal of Botany* 63: 406-413.
- EHRENFELD, J. 1979. Pollination of three species of *Euphorbia* subgenus *chamaesyce*, with special reference to bees. *American Midland Naturalist* 101: 87-98.
- ELTON, C. S. 1958. The ecology of invasion by animals and plants. Methuen.
- ESPADALER, X., & C. GÓMEZ. 1996. Seed production, predation and dispersal in the Mediterranean myrmecochore *Euphorbia characias* (Euphorbiaceae). *Ecography* 19: 7-15.
- ESPADALER, X., & A. COLLINGWOOD. 2000. Transferred ants in the Iberian Peninsula (Hymenoptera, formicidae). *Nouvelle Revue d'Entomologie* 17: 257-263.

- ESPADALER, X., & C. GÓMEZ. 2003. The Argentine ant, *Linepithema humile*, in the Iberian Peninsula. *Sociobiology* 42: 187-192.
- FAEGRI, K., & L. V. D. PJJL. 1971. The principles of pollination ecology. Pergamon, Press.
- FISHBEIN, M., & D. L. VENABLE. 1996. Diversity and temporal change in the effective pollinators of *Asclepias tuberosa*. *Ecology* 77: 1061-1073.
- FLEMING, P. A., & S. W. NICOLSON. 2003. Arthropod fauna of mammal-pollinated *Protea humiflora*: ants as an attractant for insectivore pollinators? *African Entomology* 11: 9-14.
- FOLCH, R. 1986. La vegetació dels Països Catalans. Ketres Ed.
- FUENTE, M. A. S. DE LA, & R. J. MARQUIS. 1999. The role of ant-tended extrafloral nectaries in the protection and benefit of a Neotropical rainforest tree. *Oecologia* 118: 192-202.
- FUENTES, E. R. 1991. Central Chile: how do introduced plants and animals fit into the landscape?. In: *Biogeography of Mediterranean Invasions*. Cambridge University Press. 43-49 p.
- GALEN, C. 1983. The effects of nectar thieving ants on seedset in floral scent morphs of *Polemonium viscosum*. *Oikos* 41: 245-249.
- GALEN, C., & P. G. KEVAN. 1980. Scent and color, floral polymorphisms and pollination biology in *Polemonium viscosum* Nutt. *American Midland Naturalist* 104: 281-289.
- GARCIA, M. B., R. J. ANTOR, & X. ESPADALER. 1995. Ant pollination of the paleoendemic dioecious *Borderea pyrenaica*. *Plant Systematics and Evolution* 198: 17-27.
- GHAZOU, J. 2001. Can floral repellents pre-empt potential ant-plant conflicts? *Ecological Letters* 4: 295-299.
- GILBERT, F. S. 1981. Foraging ecology of hoverflies: morphology of the mouthparts in relation to feeding on nectar and pollen in some common urban species. *Ecological Entomology* 6: 245-262.
- GILBERT, F. S. 1985. Diurnal activity patterns in hoverflies (Diptera, Syrphidae). *Ecological Entomology* 10: 385-392.
- GIRAUD, T., J. S. PEDERSEN, & L. KELLER. 2002. Evolution of supercolonies: the Argentine ants of southern Europe. *Proceedings of National Academy of Sciences* 99: 6075-6079.

- GÓMEZ, C., P. PONS, & J. M. BAS. 2003. Effects of the Argentine ant (*Linepithema humile* Mayr) on seed dispersal and seedling emergence of *Rhamnus Alaternus* L. (Rhamnaceae). *Ecography* 26: 532-538.
- GÓMEZ, J. M. 2000. Effectiveness of ants as pollinators of *Lobularia maritima*: effects on main sequential fitness components of the host plant. *Oecologia* 122: 90-97.
- GÓMEZ, J. M., & R. ZAMORA. 1999. Generalization vs. Specialization in the pollination system of *Hormatophylla spinosa* (Cruciferae). *Ecology* 80: 796-805.
- GÓMEZ, J. M., R. ZAMORA, J. A. HÓDAR, & D. GARCIA. 1996. Experimental study of pollination by ants in Mediterranean high mountain and arid habitats. *Oecologia* 105: 236-242.
- GRANJA, M. 2001. Pollination ecology of *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. and *T. Ochracea* (Cham.) Stnndl. (bignoniaceae) in Central Brazil cerrado vegetation. *Revista Brasileira de Botanica* 24: 225-261.
- GUTIÁN, J., P. GUTIÁN, & L. NAVARRO. 1996. Spatio-temporal variation in the interactions between *Cornus sanguinea* and its pollinators. *Acta Oecologica* 17: 285-295.
- HABER, W. A., G. W. FRANKIE, H. G. BAKER, I. BAKER, & S. KOPTUR. 1981. Ants like flower nectar. *Biotropica* 13: 211-214.
- HAGERUP, O. 1973. Myre-bestovning. *Botanisk Tidskrift* 46: 116-123.
- HARDER, L. D. 1990. Pollen removal by bumble bees and its implications for pollen dispersal. *Ecology* 71: 1110-1125.
- HARRIS, R. J. 2002. Potential impact of Argentine ant (*Linepithema humile*) in New Zealand and options for its control. *Science for Conservation* 196: 1-36.
- HASLETT, J. R. 1989. Interpreting patterns of resource utilization: randomness and selectivity in pollen feeding by adults hoverflies. *Oecologia* 78: 433-442.
- HERRERA, C. M. 1987. Components of pollinator "quality": comparative analysis of a diverse insect assemblage. *Oikos* 50: 79-90.
- HERRERA, C. M. 1988. Variation in mutualisms: the spatio-temporal mosaic of a pollinator assemblage. *Biological Journal of the Linnean Society* 35: 95-125.
- HERRERA, C. M. 1990. Daily patterns of pollinator activity, differential pollinating effectiveness, and floral resource availability, in a summer flowering Mediterranean shrub. *Oikos* 58: 277-288.
- HERRERA, C. M. 1991. Dissecting factors responsible for individual variation in plant fecundity. *Ecology* 72: 1436-1448.

- HERRERA, C. M. 1995. Microclimate and individual variation in pollinators: flowering plants are more than their flowers. *Ecology* 76: 1516-1524.
- HERRERA, C. M. 2000. Flowers to-seedling consequences of different pollination regimes in an insects-pollinated shrub. *Ecology* 81: 15-29.
- HERRERA, C. M., J. HERRERA, & X. ESPADALER. 1984. Nectar thievery by ants from southern Spanish insect-pollinated flowers. *Insectes Sociaux* 31: 142-154.
- HICKMAN, J. C. 1974. Pollination by ants: a low-energetic system. *Science* 184: 1290-1292.
- HOFFMANN, B. J., A. N. ANDERSEN, & G. J. E. HILL. 1999. Impact of an introduced ant on native rain forest invertebrates: *Pheidole megacephala* in monsoonal Australia. *Oecologia* 120: 595-604.
- HOLLOBLER, B., & H. ENGEL-SIEGEL. 1984. On the metapleural gland of ants. *Psyche* 91: 201-224.
- HOLLOBLER, B., & E. O. WILSON. 1990. *The Ants*. Harvard University Press.
- HOLWAY, D. A. 1999. Competitive mechanisms underlying the displacement of native ants by the invasive Argentine ant. *Ecology* 81: 238-251.
- HOLWAY, D. A. 2005. Edge effects of an invasive species across a natural ecological boundary. *Biological Conservation* 121: 561-567.
- HORVITZ, C. C., & D. W. SCHEMSKE. 1990. Spatiotemporal variation in insect mutualism of a Neotropical herb. *Ecology* 71: 1085-1097.
- HULL, D. A., & A. J. BEATTIE. 1988. Adverse effects on pollen exposed to *Atta texana* and other North American ants: implications for ant pollination. *Oecologia* 75: 153-155.
- HUMAN, K. G., & D. M. GORDON. 1996. Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia* 105: 405-412.
- HUMAN, K. G., & D. M. GORDON. 1997. Effects of Argentine ants on invertebrate biodiversity in Northern California. *Conservation Biology* 11: 1242-1248.
- HUXEL, G. R. 2000. The effect of the Argentine ant on the threatened valley elderberry longhorn beetle. *Biological Invasions* 2: 81-85.
- HUXLEY, C. R. 1991. Ants and plants: a diversity of interactions. In: *Ant-plant Interactions*. Huxley, C.R. and Cutler, D.F. (eds). Oxford Science Publications. 1-11 p.

- JENNERSTEN, O., L. BERG, & C. LEHMAN. 1988. Phenological differences in pollinator visitation, pollen deposition and seed set in the sticky catchfly, *Viscaria vulgaris*. *Journal of Ecology* 76: 1111-1132.
- JOSENS, R. B. 2002. Nectar feeding and body size in the ant *Camponotus mus*. *Insectes Sociaux* 49: 326-330.
- KAWAKITA, A., & M. KATO. 2002. Floral biology and unique pollination system of root holoparasites, *Balanophora kuroiwai* and *B. tobiracola* (Balanophoraceae). *American Journal of Botany* 89: 1164-1170.
- KEARNS, C. A. 1992. Anthophilous fly distribution across an elevation gradient. *American Midland Naturalist* 127: 172-182.
- KEARNS, C. A. 2001. North American dipteran pollinators: Assessing their value and Conservation Status. *Conservation Ecology* [online] www.consecol.org/vol15/iss1/art5.
- KEARNS, C. A., & D. W. INOUE. 1993. Techniques for pollination biologists. University Press of Colorado.
- KEARNS, C. A., & D. W. INOUE. 1994. Fly pollination of *Linum Lewesii* (Linaceae). *American Journal of Botany* 81: 1091-1095.
- KEARNS, C. A., & D. W. INOUE. 1997. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *Bioscience* 47: 297-307.
- KEARNS, C. A., D. W. INOUE, & N. M. WASER. 1998. Endangered Mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83-112.
- KEVAN, P. G., & H. G. BAKER. 1983. Insects as flower visitors and pollinators. *Annual Review of Entomology* 28: 407-453.
- KINCAID, T. 1963. The ant-plant, *Orthocarpus pusillus* Benth. *Transactions of the American Microscopical Society* 82: 157-164.
- KOPTUR, S. 1979. Facultative mutualism between weedy vetches bearing extrafloral nectaries and weedy ants in California. *American Journal of Botany* 66: 1016-1020.
- KRANNITZ, P. G., & M. A. MAUN. 1991. Insect visitors to the Guelder Rose, *Vivurnum opulus* var *opulus* (Caprifoliaceae), in London, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 104: 13-17.
- LAAKKONEN, J., R. N. FISHER, & T. J. CASE. 2001. Effect of land cover, habitat fragmentation and ant colonies on the distribution and abundance of shrews in southern California. *Journal of Animal Ecology* 70: 776.

- LACH, L. 2003. Invasive ants: unwanted partners in ant-plant interactions? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 90: 91-108.
- LARSON, B. M. H., P. G. KEVAN, & D. W. INOUE. 2001. Flies and flowers: taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *Canadian Entomologist* 133: 439-439.
- LIEBERBURG, I., P. M. KRANZ, & A. SEIP. 1975. Bermudian ants revisited: the status and interaction of *Pheidole megacephala* and *Iridomyrmax humilis*. *Ecology* 56: 473-478.
- LIPPOK, B., A. A. GARDINE, P. S. WILLIAMSON, & S. S. RENNER. 2000. Pollination by flies, bees, and beetles of *Nuphar ozarkana* and *N. advena* (Nymphaeaceae). *American Journal of Botany* 87: 898-902.
- LISTABARTH, C. 2001. Palm pollination by bees, beetles and flies: Why pollinator taxonomy does not matter. The case of *Hyospathe elegans* (Aracaceae, Arecoideae, Areceae, Euterpeinae). *Plant Species Biology* 16: 165-181.
- LODGE, D. M. 1993. Biological invasions: lessons for Ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 131-137.
- LUBIN, Y. D. 1984. Changes in the native fauna of the Galápagos Islands following invasion by little red fire ant, *Wasmania auropunctata*. *Biological Journal of the Linnean Society* 21: 229-242.
- LYONS, E. E., N. M. WASER, M. V. PRICE, J. ANTONOVICS, & A. F. MOTTEN. 1989. Sources of variation in plant reproductive success and implications for concepts of sexual selection. *American Naturalist* 134: 409-433.
- LYONS, K. G., & A. SCHWARTZ. 2001. Rare species loss alters ecosystem function-Invasive resistance. *Ecology Letters* 4: 358-365.
- MACHADO, I. C., & M. I. LOIOLA. 2000. Fly pollination and pollinator sharing in two synchronopatric species: *Cordia multispicata* (Boraginaceae) and *Borreria alata* (Rubiaceae). *Revista Brasileira de Botanica* 23: 305-311.
- MACK, R. N., D. SIMBERLOFF, W. M. LONSDALE, H. EVANS, M. CLOUT, & F. A. BAZZAZ. 2000. Biotic invasions: causes epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.
- MAJER, J. D. 1994. Spread of Argentine Ants (*Linepithema humile*), with special reference to Western Australia. In: *Exotic ants: Biology, impact, and control of introduced species*. Williams, D.F. (eds). Westview Press. 163-173 p.

- MARTÍNEZ, M. D., C. ORNOSA, & P. GAMARRA. 1997. *Linepithema humile* (Mayr 1868) (Hymenoptera: Formicidae) en las viviendas de Madrid. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 21: 275-276.
- MASALLES, R. M., J. CARRERAS, J. A. FARRÀS, & J. M. NIPOT. 1988. Plantes superiors. Historia Natural del Paísos Catalans, vol 6. Ed. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- MATSUMURA, C., & I. WASHITANI. 2000. Effects of population size and pollination limitation on seed-set of *Primula sieboldii* populations in a fragmented landscape. *Ecological Research* 15: 307-322.
- MAYER, E., & G. GOTTSBERGER. 2002. Die auswirkung von ameisen auf den reproduktionserfolg des quendelblättrigen sandkrautes (*Arenaria serpyllifolia*, Caryophyllaceae). *Botanische Jahrbucher* 124: 31-47.
- MCCALL, C., & R. B. PRIMACK. 1992. Influence of flower characteristics, weather, time of day, and season on insect visitation rates in three plant communities. *American Journal of Botany* 79: 434-442.
- MCKINEY, M. L., & J. L. LOCKWOOD. 1999. Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trends in Ecology and Evolution* 14: 450-453.
- MÉDAIL, F., & P. QUEZEL. 1997. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean basin: setting global conservation priorities. *Conservation Biology* 13: 1510-1513.
- MIGLIORATO, E. 1910. Sullimpollinazione di *Rhodea japonica* Roth per mezzo dell formiche. *Annali di Botanica* 8: 241-242.
- MONTALVO, A. M., & J. D. ACKERMAN. 1986. Relative pollinator effectiveness and evolution of floral traits in *Spathiphyllum friedrichsthalii* (Araceae). *American Journal of Botany* 73: 1665-1676.
- MORSE, D. H. 1981. Interactions Among syrphid flies and bumblebees on flowers. *Ecology* 62: 81-88.
- MOTTEN, A. F., D. R. CAMPBELL, D. E. ALEXANDER, & H. L. MILLER. 1981. Pollinator effectiveness of specialist and generalist visitors to North Carolina populations of *Claytonia virginica*. *Ecology* 65: 1278-1287.
- MYERS, N., R. A. MITTERMEIER, C. G. MITTERMEIER, G. A. B. D. FONSECA, & J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.

- NESS, J. H. 2003. *Catalpa bignonioides* alters extrafloral nectar production after herbivory and attracts ant bodyguards. *Oecologia* 134: 210-218.
- NUET, J., J. M. PANAREDA, & A. M. ROMO. 1991. La vegetació de Catalunya. Eumo editorial.
- OLDEN, J. D., & N. L. POFF. 2004. Clarifying biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 283-284.
- OLDEN, J. D., N. L. POFF, M. R. DOUGLAS, M. E. DOUGLAS, & K. D. FAUSCH. 2004. Ecological and evolutionary consequences of biotic homogenization. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 18-24.
- OLIVEIRA, P. S., A. F. D. SILVA, & A. B. MARTINS. 1987. Ant foraging on extrafloral nectaries of *Qualea grandiflora* (Vochysiaceae) in cerrado vegetation: ants as a potential antiherbivore agents. *Oecologia* 1987: 228-230.
- OLIVERAS, J. 2005. Efectes de la invasió de la formiga argentina, *Linepithema humile* (Mayr), sobre el procés de dispersió de llavors de plantes mediterrànies. Tesis Doctoral. Universitat de Girona.
- OLSEN, K. M. 1997. Pollination effectiveness and pollinator importance in a population of *Heterotheca subaxillaris* (Asteraceae). *Oecologia* 109: 114-121.
- ORR, M. R., & S. H. SEIKE. 1998. Parasitoids deter foraging by Argentine ants (*Linepithema humile*) in their native habitat in Brazil. *Oecologia* 117: 420-425.
- OSADA, N., S. SUGIURA, K. KAWAMURA, M. CHO, & H. TAKEDA. 2003. Community-level flowering phenology and fruit set: comparative study of 25 woody species in a secondary forest in Japan. *Ecological Research* 18: 711-723.
- PAIVA, M. R., M. J. WAY, & M. E. CAMELL. 1998. A formiga argentina *Linepithema (Iridomyrmex) humile* (Mayr)- Factores ecológicos restritivos da su expansão em Portugal continental. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Entomologia* VII-3: 17-25.
- PANT, D. D., D. D. NAUTIYAL, & S. K. CHARTURVEDI. 1982. Pollination ecology of some indian Asclepiads. *Phytomorphology* 32: 302-313.
- PATEL, J. S. 1938. The coconut, a monograph. *Government Press, Madras*.
- PEAKALL, R., S. N. HANDEL, & A. J. BEATTIE. 1991. The evidence for, and importance of, ant pollination. In: *Ant-plant Interactions*. Huxley, C.R. and Cutler, D.F. (eds). Oxford Science Publications. 421-429 p.
- PEAKALL, R. I., & A. J. BEATTIE. 1989. Pollination of the orchid *Microtis parviflora* by flightless worker ants. *Functional Ecology* 3: 515-552.

- PELLMYR, O., & J. N. THOMPSON. 1996. Sources of variation in pollinator contribution withing a guild: the effects of plant and pollinator factors. *Oecologia* 107: 595-604.
- PERCIVAL, M. 1974. Floral Ecology of coastal scrub in Southeast Jamaica. *Biotropica* 6: 104-129.
- PETANIDOU, T., & D. VOKOU. 1990. Pollination and pollen energetics in mediterranean ecosystems. *American Journal of Botany* 77: 986-992.
- PIMENTEL, D., L. LACH, R. ZUNIGA, & D. MORRISON. 2000. Enviromental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience* 50: 53-65.
- PORTER, S. D., & D. A. SAVIGNANO. 1990. Invasion of polygine fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. *Ecology* 71: 2095-2106.
- POSNETTE, A. F. 1942. Natural pollination of Cocoa. *Theobroma leiocarpa*, on the Gold Coast. *Tropical Agriculture* 19: 12-16.
- POTGIETER, J. T. 1937. The Argentine ant. *Farming South Africa* 12: 160.
- POTTS, S. G., B. VULLIAMY, A. DAFNI, G. NE'EMAN, C. O'TOOLE, S. ROBERTS, & P. WILLMER. 2003. Response of plant-pollinator communities to fire: changes in diversity, abundance and floral reward structure. *Oikos* 101: 103-112.
- PROCTOR, M., & P. YEO. 1973. The pollination of flowers. William Collins.
- PUTERBAUGH, M. N. 1998. The roles of ants as flower visitors experimental analysis in thee alpine plant species. *Oikos* 83: 36-46.
- RAJU, A. J., V. K. RAJU, P. VICTOR, & S. A. NAIDU. 2001. Floral ecology, breeding system and pollination in *Antigonon leptopus* L. (Polygonaceae). *Plant Species Biology* 16: 159-164.
- RAJU, A. J. S., & V. EZRADANAM. 2002. Pollination ecology and fruiting behaviour in a monoecious species, *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae). *Current Science* 83: 1395-1398.
- RAMSEY, M. 1995. Ant pollination of the perennial herb *Blandfordia grandiflora* (Liliaceae). *Oikos* 74: 265-272.
- RETANA, J., J. BOSCH, A. ALSINA, & X. CERDÀ. 1987. Foraging ecology of the nectarivorous ant *Camponotus foreli* (Hymenoptera, Formicidae) in a savanna-like grassland. *Miscel-lania Zoologica* 11: 187-193.
- RICO-GRAY, V. 1989. The imporance of floral and circum-floral nectar to ants inhabiting dry tropical lowlands. *Biological Journal of the Linnean Society* 38: 173-181.

- RICO-GRAY, V., & L. B. THIEN. 1989. Effect of different ant species on reproductive fitness of *Schomburgkia tibicinis* (Orchidaceae). *Oecologia* 81: 487-489.
- ROMERO, G. Q. 2002. Protection of *Vochysia elliptica* (Vochysiaceae) by a nectar-thieving ant. *Brazilian Journal of Biology* 62: 371-373.
- ROURA-PASCUAL, N., A. V. SUAREZ, C. GÓMEZ, P. PONS, Y. YOSHIFUMI, A. L. WILD, & T. PETERSON. 2004. Geographical potential of Argentine ants (*Linepithema humile*) in the face of global climate change. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 271 (1557): 2527-2535.
- SAKAI, A. K., F. W. ALLENDORF, J. S. HOLT, D. M. LODGE, J. MOLOFKY, K. A. WITH, S. BAUGMAN, R. J. CABIN, J. E. COHEN, N. C. ELLSTRAND, D. E. MCCAULEY, P. O'NEIL, I. M. PARKER, J. M. THOMPSON, & S. G. WELLER. 2001. The population biology of invasive species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32: 305-332.
- SALA, O. E., F. S. CHAPIN, J. J. ARMESTO, E. BERLOW, J. BLOOMFIELD, R. DIRZO, E. HUBER-SANWALD, L. F. HUENNEKE, R. B. JACKSON, A. KINZIG, R. LEEMANS, D. M. LODGE, H. A. MOONEY, M. OESTERHELD, N. L. POFF, M. T. SYKES, B. H. WALKER, M. WALKER, & D. H. WALL. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287: 1770-1774.
- SANDERS, N. J., N. J. GOTELLI, N. E. HELLER, & D. M. GORDON. 2003. Community disassembly by an invasive species. *Proceedings of National Academy of Sciences* 100: 2474-2477.
- SCHAFFER, W. M., D. W. ZEH, S. L. BUCHMANN, S. KLEINHANS, M. V. SCHAFFER, & J. ANTRIM. 1983. Competition for nectar between introduced honey bees and native north American bees and ants. *Ecology* 64: 564-577.
- SCHEMSKE, D. W. 1980. The evolutionary significance of extrafloral nectar production by *Costus woodsonii* (Zingiberaceae): an experimental analysis of ant protection. *Journal of Ecology* 68: 959-967.
- SCHILMAN, P. E., & F. ROCES. 2003. Assessment of nectar flow rate and memory for patch quality in the ant *Camponotus rufipes*. *Animal Behaviour* 66: 687-693.
- SCHÜRCH, S., M. PFUNDER, & B. A. ROY. 2000. Effects of ants on the reproductive success of *Euphorbia cyparissias* and associated pathogenic rust fungi. *Oikos* 88: 6-12.
- SOCKMAN, K. W. 1997. Variation in life-history traits and nest-site selection affects risk of nest predation in the California gnatcatcher. *Auk* 114: 324-332.

- STACHOWICZ, J. J., R. B. WHITLATCH, & R. W. OSMAN. 1999. Species diversity and invasion resistance in a marine ecosystem. *Science* 289: 1577-1579.
- STRASBURGER, E., F. NOLL, H. SCHENK, & A. F. W. SCHIMPER. 1994. Tratado de Botánica. Edición actualizada por P. Sitte, H. Ziegler, F. Ehrendorfer & A. Bresinsky. 8ª edición castellana. Ed. Omega, S.A.
- STRUCK, M. 1994. Flowers and their insect visitors in the arid winter rainfall region of southern Africa: observations on permanent plots. Insect visitation behaviour. *Journal of Arid Environments* 28: 51-74.
- SUAREZ, A. V., & T. J. CASE. 2002. Bottom-up effects on persistence of a specialist predator: ant invasions and horned lizards. *Ecological Applications* 12: 291-298.
- SUAREZ, A. V., D. A. HOLWAY, & T. J. CASE. 2001. Patterns of spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: insights from Argentine ant. *Proceedings of National Academy of Sciences* 2: 1095-1100.
- SUAREZ, A. V., N. D. TSUTSUI, D. A. HOLWAY, & T. J. CASE. 1999. Behavioral and genetic differentiation between native and introduced populations of the Argentine ants. *Biological Invasions* 1: 43-53.
- SUZUKI, N. 2000. Pollination limitation and resource limitation of seed production in the scotch broom, *Cytisus scoparius* (Leguminosae). *Plant Species Biology* 15: 187-193.
- SVENSSON, L. 1985. An estimate of pollen carryover by ants in a natural population of *Scleranthus perennis* L. (Caryophyllaceae). *Oecologia* 66: 373-377.
- TOUYAMA, Y., K. OGATA, & T. SUGIYAMA. 2003. The Argentine ant, *Linepithema humile*, in Japan: Assessment of impact on species diversity of ant communities in Urban Environments. *Entomological Science* 6: 57-62.
- TRAVESET, A., & E. SÁEZ. 1997. Pollination of *Euphorbia dendroides* by lizards and insects: spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. *Oecologia* 111: 241-248.
- TSUJI, K., A. HASYM, H. NAKAMURA, & K. NAKAMURA. 2004. Asian weaver ants, *Oecophylla smaragdina*, and their repelling of pollinators. *Ecological Research* 19: 669-673.
- TSUTSUI, N. D., A. V. SUAREZ, D. A. HOLWAY, & T. J. CASE. 2000. Reduced genetic variation and the success of an invasive species. *Proceedings of National Academy of Sciences* 97: 5948-5953.

- UICN. 2005. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. ISSG Global Invasive Species Database (<http://www.issg.org/database>).
- VEGA, S. J., & M. K. RUST. 2001. The Argentine ant -A significant invasive species in agricultural, urban and natural environments. *Sociobiology* 37: 3-25.
- VERMEIJ, G. J. 1991. When biotas meet: understanding biotic interchange. *Science* 253: 1099-1104.
- VISSER, D., M. G. WRIGTH, & J. H. GILIOME. 1996. The effect of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Mair) (Hymenoptera: Formicidae), on flower-visiting insects of *Protea nitida* Mill. (Proteaceae). *African Entomology* 4: 284-287.
- VITOUSEK, P. 1990. Biological invasions and ecosystem processes: towards and integration of population biology and ecosystem studies. *Oikos* 87: 7-13.
- VITOUSEK, P. M., C. M. D'ANTONIO, L. L. LOOPE, & R. WESTBROOKS. 1996. Biological invasions as global environmental change. *American Scientist* 84: 469-478.
- WAGNER, D., & A. KAY. 2002. Do extrafloral nectaries distract ants from visiting flowers? An experimental test of an overlooked hypothesis. *Evolutionary ecology Research* 4: 293-305.
- WARD, P. S. 1987. Distribution of the introduced Argentine ant (*Iridomyrmex humilis*) in natural habitats of the lower Sacramento Valley and its effects on the indigenous ant fauna. *Hilgardia* 55: 1-16.
- WAY, M. J., M. E. CAMMELL, & M. R. PAIVA. 1992. Studies on egg predation by ants (Hymenoptera: Formicidae) especially on the eucalyptus borer *Phoracantha semipunctata* (Coleoptera: Cerambycidae) in Portugal. *Bulletin of Entomological Research* 82: 425-432.
- WAY, M. J., M. E. CAMMELL, M. R. PAIVA, & C. A. COLLINGWOOD. 1997. Distribution and dynamics of the Argentine ant *Linepithema (Iridomyrmex) humile* (Mayr) in relation to vegetation, soil conditions, topography and native competitor ants in Portugal. *Insectes Sociaux* 44: 415-433.
- WHITE, P. S., & S. T. A. PICKETT (EDS.). 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press Orlando.
- WILCOCK, C., & R. NEILAND. 2002. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends in Plant Science* 7: 270-277.
- WILLIAMSON, M. 1993. Invaders, weeds and the risk from genetically modified organisms. *Experientia* 49: 219-224.
- WILLIAMSON, M. 1999. Invasions. *Ecography* 22: 5-12.

- WILLMER, P. G. 1983. Thermal constraints on activity patterns in nectar-feeding insects. *Ecological Entomology* 8: 455-469.
- WILMER, P. G., & G. N. STONE. 1997. How aggressive ant-guards assist seed-set in *Acacia* flowers. *Nature* 388: 165-167.
- WINDER, J. A. 1978. The role of nonindiptenous insects in the pollination of Cocoa in Brazil. *Bulletin of Entomological Research* 68.
- WITT, A. B. R., & J. H. GILLIOMEE. 2004. The impact of an invasive ant, *Linepithema humile* (Mayr), on the dispersal of *Phylica pubescens* Aiton seeds in South Africa. *African Entomology* 12: 179-185.
- WITT, A. B. R., H. GEERTSEMA, & J. H. GILLIOMEE. 2004. The impact of an invasive ant, *Linepithema humile* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae), on the dispersal of the elaiosome-bearing seeds of six plants species. *African Entomology* 12: 223-230.
- WOLDA, H. 1988. Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19: 1-18.
- WYATT, R. 1981. Ant-pollination of the granite outcrop endemic *Diamorpha smallii* (Crassulaceae). *American Journal of Botany* 98: 1212-1217.

ANNEXOS



Taula 9.1. Numero d'individus (N) corresponents a la taula 4.1 del primer capítol 1 (zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda).

	Espècie	zne	ze	zne	ze	zne	ze		
Dipters	Sirphidae	<i>Eristalis tenax</i>	31	31	24	23	10	2	
		<i>Episyrphus balteatus</i>	14	9	19	11	2	1	
	Calliphoridae	<i>Calliphora vomitoria</i>	126	102	90	110	27	12	
	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga Carnaria</i>	12	25	15	34	1	4	
		<i>Lucilia caesar</i>	1	2	11	4	1	1	
	Tachinidae	<i>Gonia divisa</i>	20	20	4	11	0	0	
	Muscidae	<i>Fannia</i> sp	17	8	7	8	7	1	
	Tipulidae	<i>Tipula</i> sp	0	0	0	1	0	0	
	Micropezidae	<i>Calobata ephippium</i>	8	2	2	7	1	4	
	Bibionidae	<i>Bibio marci</i>	0	0	1	2	1	0	
	Xylophagidae	Morfoespècie A	0	0	6	0	0	0	
	Himenòpters	Apiidae	<i>Apis mellifera</i>	7	3	7	4	5	4
			<i>Bombus leucorum</i>	4	0	0	0	0	0
Halictidae		<i>Lasioglossum</i> sp	0	4	12	9	2	0	
Antophoridae		<i>Antophora</i> sp	0	0	0	1	0	0	
		<i>Epeolus</i> sp	0	2	0	0	0	0	
Eumenidae		<i>Pterochelis phaleratus</i>	1	0	0	0	0	0	
Vespidae		<i>Dolichovespula</i> sp	4	1	1	5	0	1	
Formicidae		<i>Linepithema humile</i>	0	235	0	3776	0	362	
		<i>Camponotus cruentatus</i>	74	0	360	0	41	0	
		<i>Plagiolepis pygmaea</i>	15	18	2	3	0	0	
		<i>Lasius lasioides</i>	10	0	0	0	0	0	
	<i>Crematogaster scutellaris</i>	9	0	31	0	1	0		
	<i>Leptothorax nylanderii</i>	8	0	0	0	0	0		
Coleòpters	Melicidae	Morfoespècie B	0	0	1	2	0	0	
	Coccinellidae	<i>Coccinella 7-punctata</i>	0	1	0	1	0	0	
	Elateridae	Morfoespècie C	0	0	1	0	0	0	
	Cetoniidae	<i>Oxythirea funesta</i>	0	1	1	0	0	0	
	Cerambycidae	<i>Delius fungax</i>	0	2	0	0	0	2	
	Oemeridae	Morfoespècie D	11	5	0	0	0	0	
Hemipters	Pentatomidae	<i>Arma custos</i>	2	0	0	2	0	0	
Lepidòpters	Lycanidae	<i>Celastrina argiolus</i>	1	0	0	0	0	0	
	Leptoceridae	Morfoespècie E	0	1	0	0	0	0	
No identificats	9 tipus	20	11	17	9	8	2		

Taula 9.2. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.2a (Fruit-set *E. characias*) (zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Fruit-set	e.s.	Tukey
2002			74	0.337	0.034	
2003			76	0.356	0.037	
2004			67	0.312	0.034	
<hr/>						
	zne		111	0.364	0.029	
	ze		106	0.305	0.028	
<hr/>						
		Ctl	55	0.574	0.027	a
		Nvl	55	0.593	0.029	a
		Vol	54	0.105	0.016	b
		Tot	53	0.056	0.009	b
<hr/>						
2002	zne		35	0.390	0.050	
2002	ze		39	0.289	0.044	
2003	zne		36	0.412	0.058	
2003	ze		40	0.306	0.047	
2004	zne		40	0.300	0.044	
2004	ze		27	0.329	0.056	
<hr/>						
2002		Ctl	19	0.529	0.047	
2002		Nvl	19	0.604	0.046	
2002		Vol	19	0.120	0.031	
2002		Tot	17	0.064	0.017	
2003		Ctl	19	0.616	0.043	
2003		Nvl	19	0.645	0.061	
2003		Vol	19	0.108	0.023	
2003		Tot	19	0.055	0.016	
2004		Ctl	17	0.577	0.049	
2004		Nvl	17	0.523	0.040	
2004		Vol	16	0.083	0.028	
2004		Tot	17	0.050	0.012	
<hr/>						
	zne	Ctl	28	0.620	0.037	
	zne	Nvl	28	0.612	0.047	
	zne	Vol	28	0.139	0.026	
	zne	Tot	27	0.076	0.014	
	ze	Ctl	27	0.526	0.037	
	ze	Nvl	27	0.573	0.035	
	ze	Vol	26	0.068	0.014	
	ze	Tot	26	0.036	0.008	
<hr/>						
2002	zne	Ctl	9	0.584	0.065	
2002	zne	Nvl	9	0.682	0.052	
2002	zne	Vol	9	0.162	0.056	
2002	zne	Tot	8	0.099	0.028	
2002	ze	Ctl	10	0.480	0.067	
2002	ze	Nvl	10	0.535	0.069	
2002	ze	Vol	10	0.082	0.029	
2002	ze	Tot	9	0.033	0.013	
2003	zne	Ctl	9	0.726	0.046	
2003	zne	Nvl	9	0.673	0.116	
2003	zne	Vol	9	0.169	0.039	
2003	zne	Tot	9	0.079	0.027	
2003	ze	Ctl	10	0.517	0.056	
2003	ze	Nvl	10	0.620	0.059	
2003	ze	Vol	10	0.053	0.009	
2003	ze	Tot	10	0.033	0.016	
2004	zne	Ctl	10	0.557	0.071	
2004	zne	Nvl	10	0.496	0.059	
2004	zne	Vol	10	0.092	0.040	
2004	zne	Tot	10	0.054	0.018	
2004	ze	Ctl	7	0.605	0.068	
2004	ze	Nvl	7	0.561	0.049	
2004	ze	Vol	6	0.068	0.039	
2004	ze	Tot	7	0.045	0.014	

Taula 9.3. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.2b (Seed-set *E. characias*) (zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Seed-set	e.s.	Tukey
2002			5459	0.375	0.003	a
2003			7759	0.418	0.002	a
2004			5425	0.374	0.002	a
<hr/>						
	zne		9903	0.399	0.002	
	ze		8740	0.385	0.002	
<hr/>						
		Ctl	8337	0.397	0.002	a
		Nvl	8468	0.402	0.002	a
		Vol	1274	0.332	0.005	b
		Tot	564	0.324	0.008	b
<hr/>						
2002	zne		2948	0.403	0.004	bc
2002	ze		2511	0.342	0.004	e
2003	zne		4102	0.425	0.003	a
2003	ze		3657	0.410	0.003	b
2004	zne		2853	0.359	0.004	d
2004	ze		2572	0.392	0.003	c
<hr/>						
2002		Ctl	2160	0.376	0.004	bc
2002		Nvl	2650	0.384	0.004	b
2002		Vol	462	0.348	0.009	cd
2002		Tot	187	0.300	0.016	de
2003		Ctl	3395	0.433	0.003	a
2003		Nvl	3617	0.425	0.003	a
2003		Vol	530	0.310	0.008	e
2003		Tot	217	0.327	0.012	de
2004		Ctl	2782	0.371	0.003	bc
2004		Nvl	2201	0.385	0.004	b
2004		Vol	282	0.347	0.009	cde
2004		Tot	160	0.348	0.011	bcde
<hr/>						
	zne	Ctl	4458	0.402	0.003	b
	zne	Nvl	4188	0.413	0.003	a
	zne	Vol	862	0.342	0.006	cd
	zne	Tot	395	0.350	0.009	c
	ze	Ctl	3879	0.392	0.003	b
	ze	Nvl	4280	0.390	0.003	b
	ze	Vol	412	0.311	0.009	de
	ze	Tot	169	0.264	0.014	e
<hr/>						
2002	zne	Ctl	1131	0.393	0.006	de
2002	zne	Nvl	1383	0.423	0.005	abc
2002	zne	Vol	292	0.385	0.011	cdeg
2002	zne	Tot	142	0.330	0.017	fghij
2002	ze	Ctl	1029	0.357	0.006	fgi
2002	ze	Nvl	1267	0.342	0.006	fi
2002	ze	Vol	170	0.284	0.015	hjk
2002	ze	Tot	45	0.204	0.030	k
2003	zne	Ctl	1884	0.445	0.003	a
2003	zne	Nvl	1648	0.432	0.004	ab
2003	zne	Vol	415	0.322	0.009	hij
2003	zne	Tot	155	0.379	0.012	bcdefgi
2003	ze	Ctl	1511	0.417	0.004	bcd
2003	ze	Nvl	1969	0.419	0.004	bc
2003	ze	Vol	115	0.268	0.017	jk
2003	ze	Tot	62	0.199	0.022	k
2004	zne	Ctl	1443	0.352	0.005	fgi
2004	zne	Nvl	1157	0.376	0.006	eg
2004	zne	Vol	155	0.315	0.014	fghij
2004	zne	Tot	98	0.334	0.015	efghij
2004	ze	Ctl	1339	0.391	0.004	e
2004	ze	Nvl	1044	0.394	0.005	de
2004	ze	Vol	127	0.386	0.012	bcdefg
2004	ze	Tot	62	0.372	0.016	abcdefghi

Taula 9.4. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.3a (Fruit-set *E. biumbellata*) (zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Fruit-set	e.s.	Tukey
2003			71	0.477	0.054	
2004			75	0.196	0.023	
	zne		66	0.284	0.033	
	ze		80	0.372	0.049	
		Ctl	38	0.514	0.076	a
		Nvl	35	0.497	0.054	a
		Vol	37	0.257	0.047	b
		Tot	36	0.057	0.019	b
2003	zne		31	0.363	0.052	b
2003	ze		40	0.564	0.085	a
2004	zne		35	0.213	0.038	bc
2004	ze		40	0.180	0.027	c
2003		Ctl	18	0.743	0.142	
2003		Nvl	17	0.674	0.076	
2003		Vol	18	0.419	0.072	
2003		Tot	18	0.081	0.034	
2004		Ctl	20	0.308	0.025	
2004		Nvl	18	0.331	0.054	
2004		Vol	19	0.103	0.036	
2004		Tot	18	0.033	0.014	
	zne	Ctl	18	0.345	0.041	bc
	zne	Nvl	15	0.387	0.071	bc
	zne	Vol	17	0.336	0.081	bcd
	zne	Tot	16	0.063	0.026	de
	ze	Ctl	20	0.667	0.133	a
	ze	Nvl	20	0.581	0.075	ab
	ze	Vol	20	0.190	0.050	cde
	ze	Tot	20	0.052	0.027	e
2003	zne	Ctl	8	0.406	0.079	
2003	zne	Nvl	7	0.448	0.074	
2003	zne	Vol	8	0.522	0.128	
2003	zne	Tot	8	0.088	0.044	
2003	ze	Ctl	10	1.013	0.215	
2003	ze	Nvl	10	0.832	0.091	
2003	ze	Vol	10	0.337	0.074	
2003	ze	Tot	10	0.076	0.052	
2004	zne	Ctl	10	0.296	0.033	
2004	zne	Nvl	8	0.334	0.118	
2004	zne	Vol	9	0.170	0.068	
2004	zne	Tot	8	0.038	0.028	
2004	ze	Ctl	10	0.320	0.039	
2004	ze	Nvl	10	0.329	0.036	
2004	ze	Vol	10	0.043	0.017	
2004	ze	Tot	10	0.029	0.014	

Taula 9.5. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.3b (Seed-set *E. biumbellata*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Seed-set	e.s.	Tukey
2003			1824	0.457	0.003	
2004			3757	0.489	0.003	
<hr/>						
	zne		2374	0.486	0.003	
	ze		3207	0.472	0.003	
<hr/>						
		Ctl	2584	0.478	0.003	
		Nvl	2515	0.475	0.003	
		Vol	355	0.501	0.008	
		Tot	127	0.485	0.015	
<hr/>						
2003	zne		608	0.453	0.006	
2003	ze		1216	0.459	0.004	
2004	zne		1766	0.498	0.004	
2004	ze		1991	0.481	0.004	
<hr/>						
2003		Ctl	796	0.458	0.005	
2003		Nvl	967	0.451	0.005	
2003		Vol	14	0.494	0.039	
2003		Tot	47	0.548	0.019	
2004		Ctl	1788	0.487	0.004	
2004		Nvl	1548	0.490	0.004	
2004		Vol	341	0.501	0.008	
2004		Tot	80	0.448	0.019	
<hr/>						
	zne	Ctl	1061	0.470	0.005	bc
	zne	Nvl	966	0.486	0.005	bc
	zne	Vol	271	0.539	0.006	a
	zne	Tot	76	0.523	0.019	ab
	ze	Ctl	1523	0.483	0.004	bc
	ze	Nvl	1549	0.468	0.004	bc
	ze	Vol	84	0.377	0.020	d
	ze	Tot	51	0.429	0.020	cd
<hr/>						
2003	zne	Ctl	194	0.430	0.010	
2003	zne	Nvl	355	0.452	0.008	
2003	zne	Vol	12	0.501	0.042	
2003	zne	Tot	47	0.548	0.019	
2003	ze	Ctl	602	0.467	0.006	
2003	ze	Nvl	612	0.451	0.006	
2003	ze	Vol	2	0.452	0.151	
2004	zne	Ctl	867	0.479	0.006	
2004	zne	Nvl	611	0.506	0.006	
2004	zne	Vol	259	0.541	0.006	
2004	zne	Tot	29	0.482	0.039	
2004	ze	Ctl	921	0.494	0.005	
2004	ze	Nvl	937	0.479	0.006	
2004	ze	Vol	82	0.375	0.020	
2004	ze	Tot	51	0.429	0.020	

Taula 9.6. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.4a (Fruit-set *S. arboreus*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Fruit-set	e.s.	Tukey
2002			40	0.213	0.046	a
2003			62	0.132	0.024	b
2004			67	0.228	0.033	a
<hr/>						
	zne		96	0.196	0.026	
	ze		73	0.181	0.028	
<hr/>						
		Ctl	43	0.350	0.031	a
		Nvl	43	0.386	0.041	a
		Vol	41	0.002	0.002	b
		Tot	42	0.006	0.006	b
<hr/>						
2002	zne		24	0.210	0.061	
2002	ze		16	0.217	0.073	
2003	zne		32	0.154	0.038	
2003	ze		30	0.109	0.030	
2004	zne		40	0.220	0.043	
2004	ze		27	0.239	0.051	
<hr/>						
2002		Ctl	10	0.390	0.095	abc
2002		Nvl	10	0.462	0.085	ab
2002		Vol	10	0.000	0.000	de
2002		Tot	10	0.000	0.000	de
2003		Ctl	16	0.291	0.045	bc
2003		Nvl	16	0.217	0.055	cd
2003		Vol	14	0.005	0.005	e
2003		Tot	16	0.000	0.000	e
2004		Ctl	17	0.382	0.038	abc
2004		Nvl	17	0.501	0.059	a
2004		Vol	17	0.000	0.000	e
2004		Tot	16	0.016	0.016	b
<hr/>						
	zne	Ctl	24	0.386	0.042	
	zne	Nvl	24	0.394	0.057	
	zne	Vol	24	0.003	0.003	
	zne	Tot	24	0.000	0.000	
	ze	Ctl	19	0.305	0.047	
	ze	Nvl	19	0.376	0.061	
	ze	Vol	17	0.000	0.000	
	ze	Tot	18	0.014	0.014	
<hr/>						
2002	zne	Ctl	6	0.416	0.122	
2002	zne	Nvl	6	0.425	0.131	
2002	zne	Vol	6	0.000	0.000	
2002	zne	Tot	6	0.000	0.000	
2002	ze	Ctl	4	0.350	0.174	
2002	ze	Nvl	4	0.516	0.096	
2002	ze	Vol	4	0.000	0.000	
2002	ze	Tot	4	0.000	0.000	
2003	zne	Ctl	8	0.343	0.069	
2003	zne	Nvl	8	0.266	0.084	
2003	zne	Vol	8	0.008	0.008	
2003	zne	Tot	8	0.000	0.000	
2003	ze	Ctl	8	0.240	0.057	
2003	ze	Nvl	8	0.168	0.072	
2003	ze	Vol	6	0.000	0.000	
2003	ze	Tot	8	0.000	0.000	
2004	zne	Ctl	10	0.402	0.049	
2004	zne	Nvl	10	0.479	0.085	
2004	zne	Vol	10	0.000	0.000	
2004	zne	Tot	10	0.000	0.000	
2004	ze	Ctl	7	0.354	0.063	
2004	ze	Nvl	7	0.532	0.082	
2004	ze	Vol	7	0.000	0.000	
2004	ze	Tot	6	0.042	0.042	

Taula 9.7. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.4b (Seed-set *S. arboreus*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total).

Any	Zona	Tractament	N	Seed-set	e.s.
2002			85	0.793	0.261
2003			141	0.748	0.194
2004			223	0.712	0.230
	zne		278	0.726	0.235
	ze		171	0.759	0.213
		Ctl	219	0.732	0.219
		Nvl	228	0.745	0.235
		Vol	1	1.040	
		Tot	1	0.700	
2002	zne		50	0.757	0.273
2002	ze		35	0.844	0.238
2003	zne		94	0.754	0.191
2003	ze		47	0.736	0.202
2004	zne		134	0.695	0.245
2004	ze		89	0.738	0.202
2002		Ctl	41	0.752	0.234
2002		Nvl	44	0.831	0.281
2003		Ctl	75	0.733	0.195
2003		Nvl	65	0.762	0.191
2003		Vol	1	1.040	
2004		Ctl	103	0.723	0.230
2004		Nvl	119	0.704	0.231
2004		Tot	1	0.700	
	zne	Ctl	143	0.715	0.225
	zne	Nvl	134	0.736	0.245
	zne	Vol	1	1.040	
	ze	Ctl	76	0.762	0.206
	ze	Nvl	94	0.758	0.221
	ze	Tot	1	0.700	
2002	zne	Ctl	25	0.700	0.251
2002	zne	Nvl	25	0.814	0.287
2002	ze	Ctl	16	0.832	0.186
2002	ze	Nvl	19	0.854	0.279
2003	zne	Ctl	50	0.735	0.177
2003	zne	Nvl	43	0.770	0.204
2003	zne	Vol	1	1.040	
2003	ze	Ctl	25	0.727	0.231
2003	ze	Nvl	22	0.747	0.168
2004	zne	Ctl	68	0.706	0.247
2004	zne	Nvl	66	0.684	0.245
2004	ze	Ctl	35	0.755	0.193
2004	ze	Nvl	53	0.728	0.211
2004	ze	Tot	1	0.700	

Taula 9.8. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.5a (Fruit-set *G. monspessulana*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Fruit-set	e.s.	Tukey
2003			62	0.132	0.024	
2004			67	0.228	0.033	
	zne		72	0.191	0.029	
	ze		57	0.171	0.030	
		Ctl	33	0.338	0.030	a
		Nvl	33	0.363	0.047	a
		Vol	31	0.002	0.002	b
		Tot	32	0.008	0.008	b
2003	zne		32	0.154	0.038	
2003	ze		30	0.109	0.030	
2004	zne		40	0.220	0.043	
2004	ze		27	0.239	0.051	
2003		Ctl	16	0.291	0.045	bc
2003		Nvl	16	0.217	0.055	c
2003		Vol	14	0.005	0.005	d
2003		Tot	16	0.000	0.000	d
2004		Ctl	17	0.382	0.038	ab
2004		Nvl	17	0.501	0.059	a
2004		Vol	17	0.000	0.000	d
2004		Tot	16	0.016	0.016	d
	zne	Ctl	18	0.376	0.040	
	zne	Nvl	18	0.384	0.064	
	zne	Vol	18	0.004	0.004	
	zne	Tot	18	0.000	0.000	
	ze	Ctl	15	0.293	0.043	
	ze	Nvl	15	0.338	0.071	
	ze	Vol	13	0.000	0.000	
	ze	Tot	14	0.018	0.018	
2003	zne	Ctl	8	0.343	0.069	
2003	zne	Nvl	8	0.266	0.084	
2003	zne	Vol	8	0.008	0.008	
2003	zne	Tot	8	0.000	0.000	
2003	ze	Ctl	8	0.240	0.057	
2003	ze	Nvl	8	0.168	0.072	
2003	ze	Vol	6	0.000	0.000	
2003	ze	Tot	8	0.000	0.000	
2004	zne	Ctl	10	0.402	0.049	
2004	zne	Nvl	10	0.479	0.085	
2004	zne	Vol	10	0.000	0.000	
2004	zne	Tot	10	0.000	0.000	
2004	ze	Ctl	7	0.354	0.063	
2004	ze	Nvl	7	0.532	0.082	
2004	ze	Vol	7	0.000	0.000	
2004	ze	Tot	6	0.042	0.042	

Taula 9.10. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.5b (Seed-set *G. monspessulana*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tukey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Seed-set	e.s.	Tukey
2003			3844	0.580	0.003	
2004			1093	0.522	0.007	
<hr/>						
	zne		2751	0.604	0.003	
	ze		1379	0.548	0.006	
<hr/>						
		Ctl	2465	0.599	0.003	
		Nvl	1818	0.582	0.004	
		Vol	1945	0.580	0.004	
		Tot	31	0.565	0.042	
<hr/>						
2003	zne		50	0.533	0.023	c
2003	ze		591	0.475	0.011	b
2004	zne		502	0.576	0.008	a
2004	ze		788	0.602	0.005	a
<hr/>						
2003		Ctl	1963	0.604	0.003	
2003		Nvl	525	0.514	0.010	
2003		Vol	525	0.525	0.010	
2003		Tot	31	0.565	0.042	
2004		Ctl	12	0.572	0.073	
2004		Nvl	1293	0.610	0.004	
2004		Vol	1420	0.601	0.004	
2004		Tot	38	0.521	0.020	
<hr/>						
	zne	Ctl	652	0.551	0.008	
	zne	Nvl	707	0.545	0.008	
	zne	Vol	14	0.547	0.057	
	zne	Tot	6	0.502	0.063	
	ze	Ctl	1166	0.600	0.005	
	ze	Nvl	1238	0.600	0.005	
	ze	Vol	17	0.579	0.061	
	ze	Tot	44	0.537	0.025	
<hr/>						
2003	zne	Ctl	282	0.478	0.016	
2003	zne	Nvl	289	0.469	0.015	
2003	zne	Vol	14	0.547	0.057	
2003	zne	Tot	6	0.502	0.063	
2003	ze	Ctl	243	0.556	0.011	
2003	ze	Nvl	236	0.595	0.013	
2003	ze	Vol	17	0.579	0.061	
2003	ze	Tot	6	0.641	0.133	
2004	zne	Ctl	370	0.606	0.007	
2004	zne	Nvl	418	0.598	0.007	
2004	ze	Ctl	923	0.611	0.005	
2004	ze	Nvl	1002	0.601	0.005	
2004	ze	Tot	38	0.521	0.020	

Taula 9.11. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.6a (Fruit-set *L. stoechas*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Fruit-set	e.s.	Tukey
2002			76	0.239	0.027	a
2003			75	0.198	0.025	b
2004			68	0.253	0.033	a
<hr/>						
	zne		108	0.214	0.022	
	ze		111	0.245	0.024	
<hr/>						
		Ctl	55	0.442	0.024	a
		Nvl	55	0.431	0.020	a
		Vol	55	0.020	0.007	b
		Tot	54	0.020	0.009	b
<hr/>						
2002	zne		36	0.198	0.033	
2002	ze		40	0.276	0.042	
2003	zne		36	0.182	0.033	
2003	ze		39	0.213	0.039	
2004	zne		36	0.260	0.047	
2004	ze		32	0.245	0.047	
<hr/>						
2002		Ctl	19	0.481	0.041	
2002		Nvl	19	0.389	0.035	
2002		Vol	19	0.048	0.018	
2002		Tot	19	0.039	0.016	
2003		Ctl	19	0.352	0.041	
2003		Nvl	19	0.405	0.032	
2003		Vol	19	0.006	0.004	
2003		Tot	18	0.019	0.019	
2004		Ctl	17	0.500	0.034	
2004		Nvl	17	0.508	0.033	
2004		Vol	17	0.005	0.004	
2004		Tot	17	0.000	0.000	
<hr/>						
	zne	Ctl	27	0.387	0.033	
	zne	Nvl	27	0.426	0.028	
	zne	Vol	28	0.020	0.012	
	zne	Tot	26	0.021	0.013	
	ze	Ctl	28	0.496	0.032	
	ze	Nvl	28	0.437	0.030	
	ze	Vol	27	0.020	0.008	
	ze	Tot	28	0.019	0.011	
<hr/>						
2002	zne	Ctl	9	0.371	0.051	
2002	zne	Nvl	9	0.348	0.046	
2002	zne	Vol	9	0.053	0.034	
2002	zne	Tot	9	0.022	0.009	
2002	ze	Ctl	10	0.579	0.044	
2002	ze	Nvl	10	0.427	0.052	
2002	ze	Vol	10	0.043	0.017	
2002	ze	Tot	10	0.053	0.030	
2003	zne	Ctl	9	0.275	0.052	
2003	zne	Nvl	9	0.404	0.030	
2003	zne	Vol	10	0.009	0.007	
2003	zne	Tot	8	0.043	0.043	
2003	ze	Ctl	10	0.422	0.055	
2003	ze	Nvl	10	0.406	0.055	
2003	ze	Vol	9	0.001	0.001	
2003	ze	Tot	10	0.000	0.000	
2004	zne	Ctl	9	0.516	0.040	
2004	zne	Nvl	9	0.525	0.049	
2004	zne	Vol	9	0.000	0.000	
2004	zne	Tot	9	0.000	0.000	
2004	ze	Ctl	8	0.483	0.059	
2004	ze	Nvl	8	0.488	0.047	
2004	ze	Vol	8	0.011	0.008	
2004	ze	Tot	8	0.000	0.000	

Taula 9.12. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.6b (Seed-set *L. stoechas*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Seed-set	e.s.	Tukey
2002			2410	0.470	0.003	a
2003			1824	0.457	0.003	b
2004			2632	0.471	0.003	a
<hr/>						
	zne		2820	0.475	0.003	
	ze		4046	0.462	0.002	
<hr/>						
		Ctl	3315	0.466	0.002	a
		Nvl	3266	0.466	0.002	a
		Vol	144	0.475	0.012	b
		Tot	141	0.520	0.011	b
<hr/>						
2002	zne		939	0.461	0.005	c
2002	ze		1471	0.477	0.004	b
2003	zne		608	0.453	0.006	c
2003	ze		1216	0.459	0.004	c
2004	zne		1273	0.496	0.004	a
2004	ze		1359	0.448	0.004	c
<hr/>						
2002		Ctl	1212	0.466	0.004	bcd
2002		Nvl	979	0.471	0.004	bcd
2002		Vol	125	0.479	0.013	abcd
2002		Tot	94	0.507	0.014	ab
2003		Ctl	796	0.458	0.005	cd
2003		Nvl	967	0.451	0.005	d
2003		Vol	14	0.494	0.039	abcd
2003		Tot	47	0.548	0.019	a
2004		Ctl	1307	0.472	0.004	bc
2004		Nvl	1320	0.472	0.004	bc
2004		Vol	5	0.336	0.035	bcd
<hr/>						
	zne	Ctl	1248	0.466	0.004	bc
	zne	Nvl	1425	0.479	0.004	b
	zne	Vol	77	0.502	0.017	abc
	zne	Tot	70	0.536	0.017	a
	ze	Ctl	2067	0.467	0.003	bc
	ze	Nvl	1841	0.455	0.003	c
	ze	Vol	67	0.445	0.017	cd
	ze	Tot	71	0.505	0.015	abc
<hr/>						
2002	zne	Ctl	425	0.442	0.006	fg
2002	zne	Nvl	426	0.470	0.007	bcdefg
2002	zne	Vol	65	0.502	0.018	abcdef
2002	zne	Tot	23	0.511	0.032	abcdefg
2002	ze	Ctl	787	0.480	0.005	acde
2002	ze	Nvl	553	0.472	0.006	bcdef
2002	ze	Vol	60	0.454	0.018	abcdefg
2002	ze	Tot	71	0.505	0.015	abcde
2003	zne	Ctl	194	0.430	0.010	g
2003	zne	Nvl	355	0.452	0.008	befg
2003	zne	Vol	12	0.501	0.042	abcdef
2003	zne	Tot	47	0.548	0.019	a
2003	ze	Ctl	602	0.467	0.006	bdefg
2003	ze	Nvl	612	0.451	0.006	bfg
2003	ze	Vol	2	0.452	0.151	abcdefg
2004	zne	Ctl	629	0.493	0.006	acd
2004	zne	Nvl	644	0.500	0.006	ac
2004	ze	Ctl	678	0.452	0.005	bfg
2004	ze	Nvl	676	0.445	0.005	bfg
2004	ze	Vol	5	0.336	0.035	abcdefg

Taula 9.13. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.7a (Fruit-set *C. salviifolius*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Fruit-set	e.s.	Tukey
2002			80	0.230	0.033	
2003			56	0.205	0.044	
2004			72	0.229	0.033	
<hr/>						
	zne		112	0.212	0.026	
	ze		96	0.236	0.034	
<hr/>						
		Ctl	52	0.443	0.036	a
		Nvl	52	0.443	0.044	a
		Vol	52	0.004	0.004	b
		Tot	52	0.001	0.001	b
<hr/>						
2002	zne		40	0.202	0.037	ab
2002	ze		40	0.257	0.055	ab
2003	zne		32	0.262	0.065	ab
2003	ze		24	0.128	0.055	b
2004	zne		40	0.181	0.035	ab
2004	ze		32	0.290	0.059	a
<hr/>						
2002		Ctl	20	0.443	0.053	
2002		Nvl	20	0.466	0.071	
2002		Vol	20	0.010	0.010	
2002		Tot	20	0.000	0.000	
2003		Ctl	14	0.400	0.089	
2003		Nvl	14	0.418	0.113	
2003		Vol	14	0.000	0.000	
2003		Tot	14	0.000	0.000	
2004		Ctl	18	0.476	0.056	
2004		Nvl	18	0.437	0.055	
2004		Vol	18	0.000	0.000	
2004		Tot	18	0.003	0.003	
<hr/>						
	zne	Ctl	28	0.418	0.040	
	zne	Nvl	28	0.421	0.056	
	zne	Vol	28	0.007	0.007	
	zne	Tot	28	0.000	0.000	
	ze	Ctl	24	0.472	0.063	
	ze	Nvl	24	0.469	0.071	
	ze	Vol	24	0.000	0.000	
	ze	Tot	24	0.002	0.002	
<hr/>						
2002	zne	Ctl	10	0.415	0.053	
2002	zne	Nvl	10	0.375	0.068	
2002	zne	Vol	10	0.020	0.020	
2002	zne	Tot	10	0.000	0.000	
2002	ze	Ctl	10	0.472	0.094	
2002	ze	Nvl	10	0.558	0.121	
2002	ze	Vol	10	0.000	0.000	
2002	ze	Tot	10	0.000	0.000	
2003	zne	Ctl	8	0.493	0.098	
2003	zne	Nvl	8	0.555	0.161	
2003	zne	Vol	8	0.000	0.000	
2003	zne	Tot	8	0.000	0.000	
2003	ze	Ctl	6	0.276	0.157	
2003	ze	Nvl	6	0.236	0.131	
2003	ze	Vol	6	0.000	0.000	
2003	ze	Tot	6	0.000	0.000	
2004	zne	Ctl	10	0.362	0.064	
2004	zne	Nvl	10	0.361	0.056	
2004	zne	Vol	10	0.000	0.000	
2004	zne	Tot	10	0.000	0.000	
2004	ze	Ctl	8	0.619	0.071	
2004	ze	Nvl	8	0.532	0.097	
2004	ze	Vol	8	0.000	0.000	
2004	ze	Tot	8	0.007	0.007	

Taula 9.14. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.7b (Seed-set *C. salviifolius*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Seed-set	e.s.	Tukey
2002			144	1.389	0.031	b
2003			207	1.613	0.023	a
2004			144	1.565	0.024	a
	zne		307	1.507	0.021	
	ze		188	1.577	0.022	
		Ctl	246	1.520	0.021	
		Nvl	248	1.547	0.023	
		Vol	1	1.431		
2002	zne		82	1.269	0.039	b
2002	ze		62	1.547	0.042	a
2003	zne		162	1.623	0.025	a
2003	ze		45	1.577	0.053	a
2004	zne		63	1.521	0.044	a
2004	ze		81	1.600	0.026	a
2002		Ctl	64	1.381	0.046	
2002		Nvl	79	1.395	0.042	
2002		Vol	1	1.431		
2003		Ctl	103	1.566	0.031	
2003		Nvl	104	1.659	0.032	
2004		Ctl	79	1.574	0.032	
2004		Nvl	65	1.554	0.038	
	zne	Ctl	162	1.482	0.028	
	zne	Nvl	144	1.536	0.031	
	zne	Vol	1	1.431		
	ze	Ctl	84	1.595	0.028	
	ze	Nvl	104	1.563	0.032	
2002	zne	Ctl	40	1.269	0.055	
2002	zne	Nvl	41	1.265	0.057	
2002	zne	Vol	1	1.431		
2002	ze	Ctl	24	1.567	0.065	
2002	ze	Nvl	38	1.535	0.055	
2003	zne	Ctl	85	1.562	0.036	
2003	zne	Nvl	77	1.689	0.034	
2003	ze	Ctl	18	1.585	0.060	
2003	ze	Nvl	27	1.572	0.080	
2004	zne	Ctl	37	1.528	0.056	
2004	zne	Nvl	26	1.510	0.072	
2004	ze	Ctl	42	1.615	0.035	
2004	ze	Nvl	39	1.584	0.041	

Taula 9.15. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.8a (Fruit-set *C. monspeliensis*) (zne: zona no envaïda. ze: zona envaïda. ctl: tractament control. nvl: tractament exclusió no voladors. vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tuckey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Fruit-set	e.s.	Tukey
2003			80	0.332	0.043	
2004			79	0.223	0.034	
	zne		79	0.300	0.041	
	ze		80	0.256	0.037	
		Ctl	39	0.535	0.048	a
		Nvl	40	0.576	0.047	a
		Vol	40	0.007	0.007	b
		Tot	40	0.000	0.000	b
2003	zne		40	0.312	0.059	a
2003	ze		40	0.352	0.062	a
2004	zne		39	0.288	0.058	a
2004	ze		40	0.159	0.034	b
2003		Ctl	20	0.635	0.066	
2003		Nvl	20	0.679	0.059	
2003		Vol	20	0.014	0.014	
2003		Tot	20	0.000	0.000	
2004		Ctl	19	0.429	0.065	
2004		Nvl	20	0.472	0.068	
2004		Vol	20	0.000	0.000	
2004		Tot	20	0.000	0.000	
	zne	Ctl	19	0.584	0.071	
	zne	Nvl	20	0.617	0.066	
	zne	Vol	20	0.014	0.014	
	zne	Tot	20	0.000	0.000	
	ze	Ctl	20	0.488	0.066	
	ze	Nvl	20	0.535	0.068	
	ze	Vol	20	0.000	0.000	
	ze	Tot	20	0.000	0.000	
2003	zne	Ctl	10	0.586	0.109	
2003	zne	Nvl	10	0.633	0.087	
2003	zne	Vol	10	0.029	0.029	
2003	zne	Tot	10	0.000	0.000	
2003	ze	Ctl	10	0.684	0.077	
2003	ze	Nvl	10	0.725	0.081	
2003	ze	Vol	10	0.000	0.000	
2003	ze	Tot	10	0.000	0.000	
2004	zne	Ctl	9	0.582	0.095	
2004	zne	Nvl	10	0.600	0.104	
2004	zne	Vol	10	0.000	0.000	
2004	zne	Tot	10	0.000	0.000	
2004	ze	Ctl	10	0.292	0.065	
2004	ze	Nvl	10	0.344	0.070	
2004	ze	Vol	10	0.000	0.000	
2004	ze	Tot	10	0.000	0.000	

Taula 9.16. Numero (N) i mitjanes corresponents a la figura 7.8b (Seed-set *C. monspeliensis*) (zne: zona no envaïda, ze: zona envaïda, ctl: tractament control, nvl: tractament exclusió no voladors, vol: exclusió voladors i tot: tractament exclusió total. Tukey: subgrups homogenis, post-hoc DHS de Tukey, $p < 0.05$).

Any	Zona	Tractament	N	Seed-set	e.s.	Tukey
2003			1313	0.975	0.009	
2004			472	0.837	0.015	
	zne		969	0.916	0.011	
	ze		816	0.966	0.012	
		Ctl	833	0.942	0.012	a
		Nvl	948	0.936	0.011	a
		Vol	4	0.838	0.132	a
2003	zne		711	0.895	0.013	c
2003	ze		602	1.070	0.012	a
2004	zne		258	0.975	0.021	b
2004	ze		214	0.670	0.018	d
2003		Ctl	616	0.978	0.013	
2003		Nvl	693	0.973	0.013	
2003		Vol	4	0.838	0.132	
2004		Ctl	217	0.837	0.024	
2004		Nvl	255	0.836	0.020	
	zne	Ctl	457	0.922	0.015	
	zne	Nvl	508	0.910	0.016	
	zne	Vol	4	0.838	0.132	
	ze	Ctl	376	0.965	0.018	
	ze	Nvl	440	0.966	0.016	
2003	zne	Ctl	328	0.905	0.017	
2003	zne	Nvl	379	0.886	0.019	
2003	zne	Vol	4	0.838	0.132	
2003	ze	Ctl	288	1.061	0.018	
2003	ze	Nvl	314	1.079	0.016	
2004	zne	Ctl	129	0.966	0.030	
2004	zne	Nvl	129	0.983	0.028	
2004	ze	Ctl	88	0.648	0.027	
2004	ze	Nvl	126	0.686	0.023	

Correlacions**Taula 9.17.** Correlacions corresponents al capítol 4. Tots els resultats van ser no significatius ($p > 0.01$).

Espècie	Correlació	N	Spearman	t(N-2)	p
	Fruit-set amb Alçada inflorescència	54	0.25	1.88	0.066
<i>Euphorbia characias</i>	Fruit-set amb Diàmetre tija	50	0.24	1.69	0.097
	Seed-set amb Alçada inflorescència	54	0.06	0.40	0.687
	Seed-set amb Diàmetre tija	50	-0.00	-0.03	0.978
	Fruit-set amb Alçada inflorescència	37	0.27	1.66	0.105
<i>Euphorbia biumbellata</i>	Fruit-set amb Diàmetre tija	37	0.24	1.48	0.148
	Seed-set amb Alçada inflorescència	37	0.25	1.50	0.143
	Seed-set amb Diàmetre tija	37	0.08	0.49	0.628
	Fruit-set amb Alçada peu	43	0.01	0.07	0.944
<i>Sarothamnus arboreus</i>	Fruit-set amb Diàmetre tronc	41	-0.02	-0.12	0.907
	Seed-set amb Alçada peu	43	-0.23	-1.50	0.141
	Seed-set amb Diàmetre troc	41	-0.23	-1.80	0.079
	Fruit-set amb Alçada peu	37	0.30	1.87	0.070
<i>Genista monspesulana</i>	Fruit-set amb Diàmetre tronc	37	0.45	2.99	0.016
	Seed-set amb Alçada peu	36	0.15	0.88	0.383
	Seed-set amb Diàmetre troc	36	-0.12	-0.70	0.488
	Fruit-set amb Alçada peu	56	0.04	0.27	0.790
<i>Lavandula stoechas</i>	Fruit-set amb Diàmetre peu	56	0.29	2.22	0.031
	Seed-set amb Alçada peu	54	-0.01	-0.07	0.944
	Seed-set amb Diàmetre peu	54	0.20	1.44	0.156
	Fruit-set amb Alçada peu	52	-0.09	-0.64	0.528
<i>Cistus salvifolius</i>	Fruit-set amb Diàmetre peu	52	-0.06	-0.45	0.654
	Seed-set amb Alçada peu	50	-0.07	-0.48	0.635
	Seed-set amb Diàmetre peu	50	0.07	0.51	0.612
	Fruit-set amb Alçada peu	52	0.07	0.50	0.618
<i>Cistus monspeliensis</i>	Fruit-set amb Diàmetre peu	52	-0.12	-0.86	0.395
	Seed-set amb Alçada peu	52	-0.16	-1.17	0.247
	Seed-set amb Diàmetre peu	52	0.03	0.21	0.834

