



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

**Control natural de la vespeta del castanyer
a Catalunya *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu
(Hym., Cynipidae)**

**Evolució de la plaga a les castanyedes catalanes
i les seves repercussions sobre la comunitat d'espècies
autòctones que conformen el complex parasitoide**

Juan Luis Jara Chiquito



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- Compartigual 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - Compartigual 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0. Spain License.**

TESI DOCTORAL

CONTROL NATURAL DE LA VESPETA DEL CASTANYER A CATALUNYA

Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu
(HYM., CYNIPIDAE)

Evolució de la plaga a les castanyedes catalanes i les seves repercussions sobre la comunitat d'espècies autòctones que conformen el complex parasitoide.



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Juan Luis Jara Chiquito

Barcelona, 2022



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Programa de Doctorat en Biodiversitat

Facultat de Biologia

Dept. Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals

**CONTROL NATURAL DE LA VESPETA DEL
CASTANYER A CATALUNYA**
Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu
(HYM., CYNIPIDAE)

Evolució de la plaga a les castanyedes catalanes i les seves repercussions sobre la comunitat d'espècies autòctones que conformen el complex parasitoide.

Memòria de tesi doctoral presentada per

Juan Luis Jara Chiquito

per optar al grau de

Doctor per la Universitat de Barcelona

Doctorand:

Juan Luis Jara Chiquito

Director i tutor de la tesi:

Dr. Juli Pujade Villar

Catedràtic de la UB
Facultat de Biologia
Universitat de Barcelona

Als meus pares.
Als meus amics i familiars.

Amb estimació i una menció molt especial a la meva mare, Enriqueta Chiquito Orejón, comadrona diplomada a l'Hospital Universitari de Valdecilla de Santander i degana d'edat a l'aula d'extensió universitària per a la gent gran de la Universitat de Barcelona, des de l'evocació del seu poble natal de Sant Pantaleón de Aras a Cantàbria on, de petit, passàvem els estius i anàvem plegats a passejar sota les castanyedes que poblen els vessants de la Peña del Tarancón, entre la Casa Vieja i la Fuente del Churro, responent sempre les meves preguntes infantils amb coneixements que sembraren en mi les llavors de la curiositat científica per la natura.

Juan Luis Jara Chiquito
Barcelona, 2022

AGRAÏMENTS

Agraïments

Han passat més de set anys des de l'inici del procés d'investigació de la tesi i ja ha arribat l'hora de posar en negre sobre blanc tot un veritable allau de coneixements fascinants i alliberar així el geni d'una llàntia meravellosa en què hem romàs captius per la màgia dels castanyers hoste, els cinípids, les seves gales, els parasitoides i tot el seu microecosistema. Però abans vull deixar palesa l'expressió d'uns eters agraïments a les persones que sense la seva aportació no hagués pogut arribar fins aquí, tal com segueix.

Dr. Juli Pujade Villar, catedràtic de biologia de la Universitat de Barcelona, director de la tesi, mentor i guia al llarg de tot l'estudi. Només gràcies a la seva confiança i perseverant estímul ha estat possible mantenir el rumb d'aquesta singladura per, a la fi, arribar a port. Monumental en l'estimació per la docència, la ciència i el bon talant ens ha brindat fonamentalment i generosa l'amistat, consolidada sens dubte dia rere dia, fent tot aquest viatge molt més agradable i fàcil.

Jorge Heras Dolader, enginyer en cap de la secció de planificació forestal del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, camarada, còmplice en l'empreniment de la tesi, instigador intel·lectual contracorrent i activista davant les contingències i efectacons sobrevingudes als castanyers a causa de la vespeta, juntament amb l'estudiant de màster Javier García Fernández, Leonardo López de Hierro Selva col·laborador infatigable i expert operador forestal en la comesa dels treballs de camp i José Antonio Montiel Guardiola, Francisco García Gómez i Manuel Berrocal Calaco, recordats antics col·legues agents forestals.

Dr. Richard R. Askew, Dr. Bruno Garcia Ferreira i Dr. Rafael Álvarez Nogal, investigadors i coautors incomparables en distints manuscrits que nodreixen sengles capítols de la tesi i, amb ells, Dr. Francesc Oliva Cuyás, clarivident amb l'anàlisi estadística de les dades de mostreig; també, Dr. Miguel Carles-Tolrà Hjorth-Andersen, Dr. José Antonio Barrientos Alfageme i Dr. Xavier Espadaler Gelabert, professors portadors dels més savis i valuosos consells i, com no, Dra. Dolors Vinyoles Cartanyà, providencial per l'orientació i ajuda durant el rigor dels tràmits de matrícula i de dipòsit.

Ross Craigmile i William Richardson, entusiastes familiars i correctors lingüístics davant l'exigent publicació d'alguns manuscrits en llengua anglesa; a més, Alba Sala Nishikawa inestimable en les seves traduccions del japonès i Irene Lobato Vila i Víctor Cuesta Porta, companys investigadors sempre sol·lícits a brindar la seva col·laboració.

Clàudia Jara Boguñá, Paula Jara Boguñá, David Jara Boguñá, Gonzalo Jara Giral i Anna Busqué Moncunill, col·laborant des dels seus singulars àmbits de coneixement amb aportacions que s'han integrat al cos de la tesi, a saber, fotografies, dissenys, gràfiques, taules, informàtica, composició i molt més; Andy Jara Chiquito, Carmen Jara Chiquito, Luis Javier Sánchez Rodríguez, Margarita Tamargo Fernández i Manuel Moral Ráez, tots ells han fet gala de paciència i escalf, compartint tant les aventures com les cabòries de la tesi.

I Rocío Verdezoto León, que malgrat acabar rendida dia sí dia també per les lluites i les enfermetats, esgotada de tantes incerteses i de dubtar de tot, mai em va deixar de donar ànims per arribar, junts, a aquesta meta.

"La natura cal sentir-la; aquells que es dediquen només a observar-la arribant merament a abstraccions, poden passar-se la vida al bell mig dels ardents tròpics classificant plantes i animals tot creient-se que es troben descrivint la natura quan, en realitat, aquesta els ha estat eternament aliena."

CARTA A GOETHE
Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von Humboldt, 1810

Abstract

The chestnut wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) is a cecidogenic species native to eastern China, which attacks all trees of the genus *Castanea* (Fagaceae) being collected for the first time in Catalonia in 2012. Due to massive induction of galls, causes severe losses to a whole set of economic, social, cultural and ecological values contributed by chestnut trees. In this thesis, we have studied the histological reorganization suffered by chestnut leaves due to the presence of galls for the first time. In addition, we have carried out a critical review of phytosanitary treatments and pest control methods at present, indicating their advantages and disadvantages. We also propose a new silvicultural treatment, spring pollarding, which has turned out to be an efficient and economically viable cultural treatment to apply in certain cases. We have studied those parasitoids capable of exercising the natural control of *D. kuriphilus* at 12 locations in Catalonia, over a five-year period between 2013 and 2017. All parasitoid adults were obtained from the galls of the chestnut wasp throughout the recruitment process. The several parasitoid species obtained (Hymenoptera: Chalcidoidea) come mainly from the parasitoid complex of cynipids of the oaks, which constitute their reservoirs. Until 2017, a total 30 species of parasitoids had emerged from chestnut wasp galls: 29 native and one exotic *Torymus sinensis*. We have elaborated an illustrated key in order to identify all of them. The variations of the parasitoid species in the different localities and years have been studied, observing that year after year the diversity of species recruited is greater and the abundance of parasitoids as well. The release in Europe of the exotic species, also from China, *T. sinensis*, caused the natural introduction of this parasitoid from France to Catalonia, having been detected in 2016. The risks that this may entail for our ecosystems have been analysed. Finally, we have studied the variations of parasitoids populations during the annuities between 2014 and 2017 in Catalonia, using different statistical techniques to observe possible relationships between locations and their evolution over the years. The results have allowed us to conclude that the recruitment of parasitoid species by *D. kuriphilus* has occurred within a transition process in the community, in which the parasitoid species have gone through a substitution process and that the joint parasitological action between *T. notatus* and *T. sinensis* in recent years have managed to control the plague in Catalonia.

Resum

La vespeta del castanyer, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) és una espècie cedidògena originària de l'est de la Xina, que ataca tots els arbres del gènere *Castanea* (Fagaceae) col·lectant-se per primera vegada a Catalunya el 2012. Els seus danys per la inducció de gales perjudiquen tot un conjunt de valors econòmics, socials, culturals i ecològics aportats pels castanyers. En aquesta tesi s'ha abordat per primera vegada la reorganització histològica que pateixen les fulles de castanyer per la presència de les gales. A més, s'ha realitzat una revisió crítica dels tractaments fitosanitaris i mètodes de control contra la plaga actualment, indicant-ne els avantatges i els inconvenients. També s'ha proposat un tractament silvícola nou, la poda d'escarida primaveral, que ha resultat ser un tractament cultural eficient i viable econòmicament per aplicar en casos determinats. Pel que fa als enemics susceptibles d'exercir el control natural de *D. kuriphilus*, s'han avaluat 12 localitzacions a Catalunya, durant un període de 5 anys entre el 2013 i el 2017. S'han registrat les espècies parasitoides que s'obtenien de les gales de la vespeta del castanyer al llarg del procés de reclutament. Els parasitoides obtinguts (Hymenoptera: Chalcidoidea) provenen principalment del complex parasitoide dels cinípid dels roures, que es constitueixen com els seus reservoris. Fins al 2017, havien emergit de les gales de vespeta un total de 30 espècies de parasitoides: 29 natives i una exòtica, *Torymus sinensis*. De totes elles s'ha elaborat una clau il·lustrada per poder-les identificar. S'han estudiat les variacions de les espècies parasitoides a les diferents localitats i anualitats observant que any rere any la diversitat d'espècies reclutades és més gran i l'abundància de parasitoides també. L'alliberament a Europa de l'espècie exòtica també provinent de la Xina, *T. sinensis*, va provocar la introducció natural d'aquest parasitoide des de França a Catalunya havent-se detectat per nosaltres l'any 2016. S'han analitzat els riscos que aquest fet pot comportar pels nostres ecosistemes. Finalment, s'ha estudiat la variació poblacional de les anualitats compreses entre el 2014 i el 2017 a Catalunya, mitjançant diferents tècniques estadístiques per observar possibles relacions entre localitzacions i la seva evolució al llarg dels anys. Els resultats ens han permès concloure que el reclutament d'espècies parasitoides per *D. kuriphilus* s'ha donat dins un procés de transició a la comunitat, on les espècies parasitoides han passat per un procés de substitució i que l'acció parasitològica conjunta entre *T. notatus* i *T. sinensis* en les darreres anualitats ha aconseguit controlar la plaga a Catalunya.

Index

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓ..... | 9 |
| 1.1. Hymenoptera, Cynipoidea, Cynipidae | 11 |
| 1.2. Les gales | 13 |
| 1.3. Importància econòmica de les gales | 15 |
| 1.4. La tribu dels Cynipini | 16 |
| 1.5. Fauna de les gales | 19 |
| 1.6. El gènere <i>Dryocosmus</i> Giraud, 1859 | 23 |
| 1.7. La vespeta del castanyer | 24 |
| 1.8. Control de les poblacions | 29 |
| 1.9. <i>Torymus sinensis</i> Kamijo, 1982 (Hym., Torymidae) | 32 |
| 1.10. <i>Castanea</i> : l'hoste de la vespeta del castanyer | 37 |
| 1.11. L'hoste europeu: <i>Castanea sativa</i> Mill | 38 |
| 1.12. Silvicultura del castanyer | 41 |
| 1.13. Problemes sanitaris del castanyer | 44 |
| 1.13.1. Danys abiòtics del castanyer | 46 |
| 1.13.2. Malalties del castanyer | 46 |
| 1.13.3. Plagues del castanyer | 49 |
| 1.14. Danys de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> en <i>Castanea sativa</i> | 50 |
| 2. OBJECTIUS..... | 53 |
| 3. MATERIAL I MÈTODES..... | 57 |
| 3.1. Tasques i treballs de camp | 59 |
| 3.1.1. Àrea d'estudi, zones i punts de mostreig de gales de castanyer..... | 59 |
| 3.1.2. Mostreig de gales de roures | 62 |
| 3.1.3. Presa de mostres per l'estudi anatòmic de la gala de vespeta | 63 |

Index

| | |
|---|-----------|
| 3.1.4. Seguiment de la fenologia dels borrons del castanyer | 63 |
| 3.1.5. Tasques de camp sobre interaccions xancre-vespeta | 64 |
| 3.1.6. Tasques de camp sobre itineraris silvícoles pal·liatius | 64 |
| 3.2. Tasques de laboratori | 66 |
| 3.2.1. Processat de les gales de castanyer i cria dels adults | 66 |
| 3.2.2. Gales dels roures | 67 |
| 3.2.3. Observació i il·lustració del material estudiat | 68 |
| 3.2.4. Terminologia morfològica i abreviatures | 69 |
| 3.2.5. Determinació taxonòmica i del complex parasitoide | 69 |
| 3.2.6. Etiquetatge del material estudiat | 70 |
| 3.2.7. Institució dipositària | 70 |
| 3.2.8. Elaboració de les claus dicotòmiques | 70 |
| 3.2.9. Fase de laboratori de l'estudi anatómic de la gala | 70 |
| 3.2.10. Estudi fenològic dels borrons de castanyer | 71 |
| 3.2.11. Tasques de laboratori sobre interaccions xancre-vespeta | 71 |
| 3.2.12. Tractament i anàlisi de les dades | 72 |
| 3.2.13. Anàlisi multivariant de les dades | 73 |
| 4. RESULTATS..... | 77 |
| 4.1. Introducció als resultats | 79 |
| 4.2. Capítol 1. Implicacions morfo-fisiològiques i funcionals a <i>Castanea sativa</i> per la presència de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> , transformacions histològiques foliars i estructura de la gala | 83 |
| 4.2.1. Canvis histològics induïts per la vespeta del castanyer <i>Dryocosmus kuriphilus</i> (Hymenoptera: Cynipidae) a les fulles del castanyer <i>Castanea sativa</i> (Fagaceae): mecanismes en la formació de les gales que impacten contra el vigor de l'hoste | 87 |
| 4.3. Capítol 2. Itineraris silvícoles pal·liatius, podes sanitàries i revisió crítica dels mètodes de prevenció i control de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> existents | 101 |
| 4.3.1. La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats | 105 |

Index

| | |
|--|------------|
| 4.3.2. La vespeteta del castanyer a Catalunya: revisió dels mètodes de prevenció, control i cures pal·liatives | 119 |
| 4.4. Capítol 3. Control natural i reclutament del complex parasitoide autòcton de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> a Catalunya | 129 |
| 4.4.1. Dades preliminars sobre el reclutament d'himenòpters parasitoides autòctons per <i>Dryocosmus kuriphilus</i> Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) a Catalunya | 133 |
| 4.4.2. Irrupció de <i>Torymus sinensis</i> Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae) primera cita del parasitoide exòtic a Espanya | 143 |
| 4.4.3. La plaga de la vespeteta del castanyer <i>Dryocosmus kuriphilus</i> (Hymenoptera: Cynipidae) a Espanya: reclutament de parasitoides autòctons i associació amb inductors de gales a Catalunya | 147 |
| 4.5. Capítol 4. Determinació, descripció i elucidació de les diverses qüestions taxonòmiques, biològiques i de seguiment de la plaga de la vespeteta del castanyer | 159 |
| 4.5.1. Evolució de la plaga de la vespeteta del castanyer a Catalunya any 2020 | 163 |
| 4.5.2. Determinació de les espècies de parasitoides de la vespeteta del castanyer a Catalunya (Hym.: Chalcidoidea) i comentaris de la seva evolució en el control de <i>Dryocosmus kuriphilus</i> (Hym., Cynipini) | 169 |
| 4.6. Capítol 5. Anàlisi estadística de les dades de mostreig obtingudes i trets principals sobre l'evolució de la plaga de la vespeteta del castanyer a Catalunya | 191 |
| 4.6.1. Anàlisi estadística de les dades de mostreig de vespeteta del castanyer a Catalunya a les anualitats compreses entre 2013 i 2019 | 195 |
| 5. DISCUSSIÓ..... | 217 |
| 5.1. Aparició de la plaga de la vespeteta del castanyer a Catalunya..... | 219 |
| 5.2. Distribució, dispersió i dinàmica de les poblacions del cinípid..... | 220 |
| 5.3. Reclutament de parasitoides des de les comunitats autòctones..... | 225 |
| 5.4. Variacions de les poblacions de parasitoides..... | 230 |
| 5.5. Transició específica i funcional en el complex parasitoide..... | 235 |
| 5.6. Repercussions ecosistèmiques sobre el control del cinípid..... | 242 |

Index

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.7. | Itineraris silvícoles: la poda d'escarida primaveral..... | 249 |
| 5.8. | Paper del parasitooide exòtic <i>T. sinensis</i> : control biològic clàssic..... | 251 |
| 5.9. | Paper del complex parasitooide autòcton: control natural | 253 |
| 5.10. | Factors de control de la plaga de la vespeta del castanyer..... | 254 |
| 6. | CONCLUSIONS | 257 |
| 7. | INFORME DEL SUPERVISOR SOBRE ELS TREBALLS PUBLICATS I PRESENTATS | 261 |
| 8. | BIBLIOGRAFIA | 267 |

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Hymenoptera, Cynipoidea, Cynipidae

L'ordre Hymenoptera (vespes, abelles, borinots i formigues, entre d'altres), juntament amb els Coleoptera, Lepidoptera i Diptera, és un dels ordres d'insectes denominats 'hiperdivers'. Inclou prop de 200.000 espècies (Pujade-Villar & Fernández-Gayubo, 2004; 2015; Nieves-Aldrey & Fontal-Cazalla, 1999) però estudis fets a regions tropicals humides suggereixen que encara hi ha una gran quantitat d'espècies no descrites, especialment dins de 'Parasitica'. Així, s'estima que, per exemple, els Chalcidoidea (representats avui per unes 22.000 espècies) en realitat el seu nombre d'espècies existents estaria entre 60.000 i 100.000 (Gordh, 1979; Noyes, 1990) tot i que alguns autors afirmen que haurien de superar les 500.000 espècies (Heraty *et al.*, 2013), que la família Ichneumonidae representats avui per 24.281 espècies (Yu *et al.*, 2012) el seu valor estimat estaria al voltant de les 100.000 espècies, que la família Braconidae amb 17.000 espècies reconegudes el seu valor real estaria entre 30.873 i 50.886 (Jones *et al.*, 2009), que a la subfamília Eucilinae (Figitidae) les 1.400 espècies descrites representen entre el 5%-20% de les espècies (Nordlander, 1984), etc. Això fa considerar que la seva diversitat podria superar les 500.000 d'espècies i segur que supera les 250.000 (Gaston, 1991).

Els 'Parasitica' inclou un total de 10 superfamílies, de les quals la Sp.F. Cynipoidea està caracteritzada morfològicament per tenir una venació alar reduïda molt característica, en la que destaca la cel·la radial (Fig. 1). Inclou aproximadament 3.000 espècies distribuïdes en cinc famílies no extintes (Ronquist, 1999; Pujade-Villar, 2019; Buffington *et al.* 2020): Austrocynipidae, Cynipidae, Figitidae, Ibaïidae i Liopteridae. Totes elles són parasitoides de larves de diferents insectes (principalment Diptera) a excepció dels Cynipidae que es caracteritzen per ser fitòfags (produint unes estructures deformants als vegetals anomenades gales) o per ser inquilins d'aquestes gales (Fergusson, 1990, 1995; Ronquist, 1999; Ronquist *et al.*, 2015; Nieves-Aldrey, 2001; Csóka *et al.*, 2005, Pujade-Villar, 2019, entre molts d'altres). Els Figitidae i Cynipidae, han estat anomenats 'microcinipoideus' (Ronquist, 1999), per la seva petita grandària (1-5mm) en contraposició a la resta de famílies, anomenades 'macrocinipoideus', amb adults de major grandària (4,0–15,0 mm).

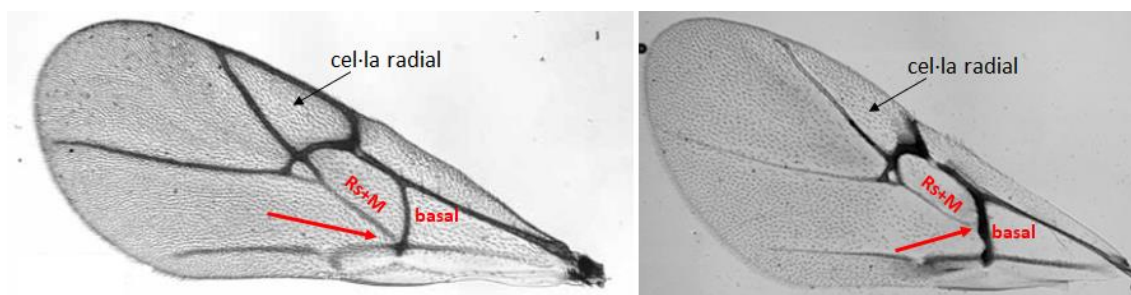


Figura 1. Ales de dues famílies de Cynipidae assenyalant la diferència morfològica que separa les dues famílies de microcinipoideus: Figitidae (esquerra) i Cynipidae (dreta).

Els Cynipidae representen una radiació important d'herbívoros altament especialitzats, així com el grup més divers d'insectes productors de gales després dels Cecidomyiidae (Diptera) (Ronquist, 1999; Csóka *et al.*, 2005; Ronquist *et al.*, 2015). Agrupa unes 1.400 espècies descrites i més de 75 gèneres (Liljeblad & Ronquist, 1998, 2001; Ronquist, 1999; Nieves-Aldrey, 2001; Melika, 2002; Melika & Abrahamson, 2002; Ronquist *et al.*, 2015), la gran majoria de les quals es troben a l'hemisferi nord temperat. Els cinípids es

divideixen en dos grups tròfics: els cecidògens i els inquilins. Els cecidògens (amb més de 1.000 espècies descrites) indueixen la formació de gales en diferents plantes hostes, mentre que els inquilins (unes 200 espècies descrites) són incapaços d'iniciar gales *ex-novo* i les seves larves es desenvolupen de manera comensal a l'interior de les gales iniciades principalment per altres Cynipidae (Liljeblad & Ronquist, 1998; Ronquist, 1994, 1999; Ronquist & Liljeblad, 2001; Pujade-Villar *et al.*, 2003; Csóka *et al.*, 2005; Péntzes *et al.*, 2009; Bozsó, 2015; Ronquist *et al.*, 2015; Schwéger *et al.*, 2015a, 2015b, entre d'altres).

Taula 1. Tribus de Cynipidae indicant algunes característiques. AT: afrotropical, HO: holàrtic, NT: neotropical, OR: oriental, PA: paleàrtic.

| Tribus | Distribució | gèneres | espècies | Biologia | Hostes |
|---------------|-------------|---------|----------|-------------------------------|---|
| Aulacideini | HO | 9 | 75 | cecidògen | Asteraceae, Lamiaceae, Valerianaceae i la tribu Fumarioideae (Papaveraceae). |
| Aylacini | PA | 3 | 5 | cecidògen | <i>Papaver</i> spp. (Papaveraceae) |
| Ceroptresini | HO | 2 | 21 | inquilins | <i>Quercus</i> spp. (Fagaceae) |
| Cynipini | HO, NT,OR | 34 | 1000 | cecidògen | Fagaceae |
| Diastrophini | HO, NT | 4 | 32 | cecidògen(2) inquilins (2) | <i>Rubus</i> spp. i <i>Potentilla</i> spp. (Rosaceae), rarament a <i>Smilax</i> (Smilacaceae) |
| Diplolepidini | HO | 2 | 58 | cecidògen | <i>Rosa</i> spp. (Rosaceae) |
| Eschatocerini | NT | 1 | 3 | cecidògen | <i>Prosopis</i> spp. i <i>Acacia</i> spp. (Fabaceae) |
| Paraulacini, | NT (sud) | 2 | 6 | inquilí | Gales de Pteromalidae (Hym: Chalcidoidea) sobre <i>Nothofagus</i> spp. (Nothofagaceae) |
| Pediaspidini | PA | 2 | 2 | cecidògen | <i>Acer</i> spp (Sapindaceae) |
| Phanacidini | PA | 4 | 40 | cecidògen | Asteraceae, rarament a <i>Phlomis</i> (Lamiaceae) i <i>Eryngium</i> (Apiaceae) |
| Qwaqwaiini | AT | 1 | 1 | cecidògen | <i>Scolopia</i> spp. (Salicaceae) |
| Rhoophilini | AT | 1 | 1 | inquilins | Cecidosidae (Lepidoptera)galls on <i>Rhus</i> spp. (Anacardiaceae); |
| Synergini | HO, NT,OR | 6 | 134 | inquilins | <i>Quercus</i> spp. (Fagaceae) |

Durant molts anys, la família Cynipidae estava dividida en 6 tribus (Pujade-Villar, 2019): (i) Aylacini que provocaven gales en plantes herbàcies, principalment compostes (Asteraceae); (ii) Eschatocerini, cecidògens Neotropicals sobre *Acacia* Mill. i *Prosopis* L. (Fabaceae); (iii) Diplolepidini, cecidògens sobre el gènere *Rosa* L. (Rosaceae); (iv) Pediaspidini, cecidògens sobre *Acer* L. (Sapindaceae); (v) Cynipini amb gales a Fagaceae, principalment en el gènere *Quercus* L.; i (vi) Synergini, els inquilins de gales de Cynipini i Diplolepidini. Diversos intents de establir una ordenació filogenètica de la família, formant grups naturals, no biològics (segons l'hoste on es troba la gala), van fer que es descrivíssim dues tribus noves: Paraulacini, presumiblement inquilins de gales de Chalcidoidea (Hymenoptera) al Neotròpic sobre *Nothofagus* Blume (Nothofagaceae) i la tribu Qwaqwaiini, cecidògens sobre *Scolopia* Schreb. (Salicaceae) a sud Àfrica (Nieves-Aldrey *et al.*, 2009 i Liljeblad *et al.*, 2011, respectivament. Ronquist *et al.* (2015) escindeixen els Aylacini i Synergini en diferents tribus: Aylacini *s. str.*, Diasprophini,

Aulacideini, Phanacidini, Synergini s. str. i Ceroptresini. Un resum històric dels canvis macrotaxonòmics dels Cynipoidea en general, i de Cynipidae en particular, es troba a Pujade-Villar (2019). Finalment, Lobato-Vila *et al.* (2022) separa dels Synergini el gènere *Rhoophilus* Mayr descrivint la tribu Rhoophilini, per la qual cosa en l'actualitat la família Cynipidae s'agrupa en 13 tribus (Taula 1).

1.2. Les gales

Les gales poden ser definides col·loquialment com un 'càncer vegetal' (Pujade-Villar, 1896) produït per la presència, sota l'acció nutricia o de posta, de virus, bacteris, algues, fongs, protozous, rotífers, nematodes, àcars i insectes (Pujade-Villar, 1986). Una definició més estricta és considerar les gales com a estructures anormals de parts de teixits o d'òrgans de plantes que es desenvolupen per la reacció específica a la presència o activitat d'un organisme inductor (Meyer, 1987; Shorthouse & Rohfritsch, 1992). A les gales coexisteixen dos fenòmens que les diferencien d'altres estructures deformants que es poden detectar als vegetals (Fig. 2): la hipertròfia (creixement anormal de cèl·lules) i la hiperplàsia (multiplicació anormal de cèl·lules), la qual cosa comporta una reorganització cel·lular. En les gales més complexes, com són les gales dels Cynipidae, apareix un tercer procés anomenat neoplàsia en el què apareix un teixit nou que mai es trobaria a la planta sense la presència de l'inductor: el teixit nutritiu. L'aliment és proporcionat exclusivament per la capa de teixit més interna que envolta a la larva, que representa generalment una part molt petita del volum total de la gala. Per això, les modificacions resultat de l'acció dels organismes formadors d'escombres de bruixa, dels minadors de fulles o dels enrotlladors de fulles, per exemple, no poden ser considerats com a gales malgrat ser o semblar estructures deformants vegetals, ja que manquen els fenòmens esmentats. Les gales poden trobar-se en qualsevol òrgan vegetal (flors, fulles, fruits, borrons, tiges o arrels) però són les fulles i els borrons els òrgans que suporten més gales en els Cynipini.

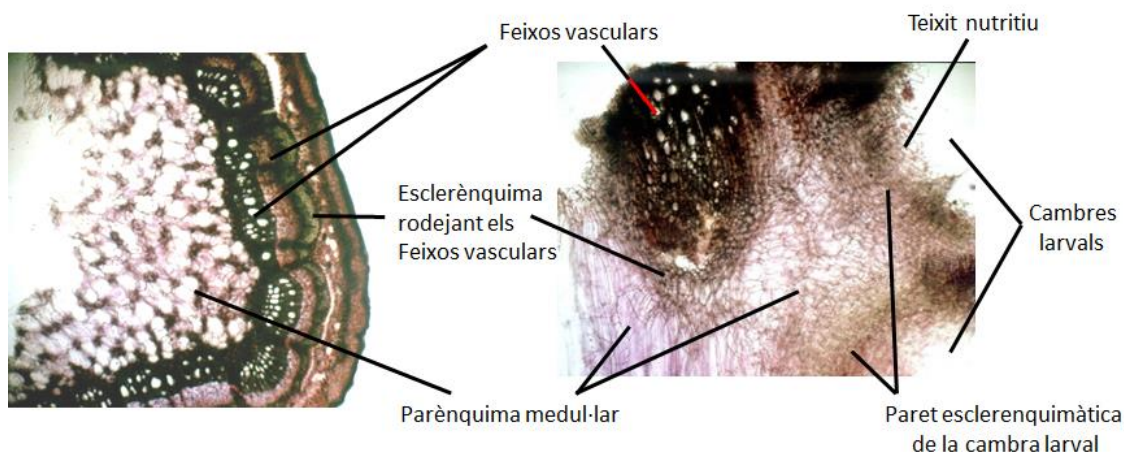


Figura 2. Secció transversal d'una tija de *Rubus* (esquerra) i reorganització tissular d'una gala de *Diastrophus rubi* a nivell de les cambres larvals (dreta) en la que es pot observar: la hiperplàsia dels vasos conductors, la hipertròfia del parènquima medul·lar i la neoplàsia del teixit nutritiu (segons Pujade-Villar, 1987).

Qualsevol espècie vegetal és susceptible de tenir gales, malgrat això, la major part es troba en angiospermes i més concretament en les dicotiledònies (Dreger-Jauifret & Shorthouse, 1992). Qualsevol part vegetal és també susceptible de tenir gales, però les fulles tenen preferència en el còmput global (Mani, 1964) si exceptuem els lepidòpters que prefereixen les tiges i els borrons. Un tret característic dels insectes cecidògens és la seva especificitat enfront del gènere o espècie de planta hoste i la part atacada de la planta, de manera que una determinada espècie cecidògena està associada únicament amb una espècie o un grup d'espècies botàniques filogenèticament properes i indueix les seves gales de manera constant i exclusiva sobre un únic òrgan de la planta.

Més de 13.000 espècies d'insectes són capaces de produir gales. Les gales sorgeixen com un procés de coevolució de gran èxit entre la planta i l'inductor, per la qual cosa han de tenir un valor adaptatiu tant per a l'hoste com per al fitòfag (Price *et al.*, 1986; 1987). Per a la planta hi pot haver un doble benefici; en primer lloc, la formació de la gala localitza l'inductor a l'espai i en el temps neutralitzant així els efectes tòxics del causant de la gala sobre la planta; en segon lloc, la presència de tanins en moltes gales afavoreix que les plantes que posseeixen un gran nombre de gales no siguin atacades pels grans herbívors (Margalef, 1974) ja que els tanins produeixen trastorns digestius inactivant alguns enzims digestius. Per a l'inductor, la gala augmenta les disponibilitats d'aliment i aquesta li proporciona protecció davant del medi abiòtic i davant dels enemics naturals.

Tots els Cynipidae són paràsits obligats de les plantes (Stone *et al.*, 2002). Són organismes endofitòfags; les larves creixen dins (alimentant-se del teixit nutritiu) i fan la metamorfosi dins de les gales també. La importància adaptativa de la inducció d'aquestes estructures deformants ha estat àmpliament debatuda, i s'han proposat tres hipòtesis mútuament compatibles (Stone *et al.*, 2002): (i) la hipòtesi nutricional, que estableix que els insectes cecidògens regulen el valor nutritiu dels teixits vegetals en el seu propi benefici; (ii) la hipòtesi microambiental, que estableix que el gala actua com a barrera protectora en front les fluctuacions externes del microclima; (iii) la hipòtesi enemiga, que estableix que les gales redueixen la mortalitat imposada al cecidògen pels parasitoides.

Tot i que els mecanismes subjacents a la inducció de la gala segueixen sent molt poc coneguts (Folliot, 1977; Pujade-Villar, 1986; Nieves-Aldrey, 1998; Hearn *et al.*, 2019), podem dividir el seu desenvolupament en tres etapes principals: iniciació, creixement i maduració (Shorthouse & Rohfritsch, 1992; LeBlanc & Lacroix, 2001; Stone *et al.*, 2002; Csóka *et al.*, 2005; Hearn *et al.*, 2019).

La iniciació comença amb l'oviposició per part de les femelles que ponen un o més ous dins del teixit vegetal de l'hoste seleccionat. Hi ha una bona evidència en que els cinípids han desenvolupat preferències específiques d'oviposició, tant per als teixits vegetals com per a les plantes hoste, per evitar la competència intra i interespecífica (Stone *et al.*, 2002). Quan la primera larva de vespa inductora (Cynipini) eclosiona de l'ou, les cèl·lules vegetals circumdants es desintegren i/o inhibeixen la seva diferenciació per produir una petita cambra on es desenvoluparà la larva; un cop dins la cambra, la larva controla tota la diferenciació tissular posterior (Hearn *et al.*, 2019). Una gala pot incloure una sola cambra (unilocular) o múltiples cambres (multilocular) depenent del nombre d'ous que la femella pon en el teixit vegetal, la qual cosa depèn de cada espècie cecidògena. La larva (L1) en aquest procés de transformació de teixits sol estar molt poc activa, fins i tot quiescent.

El creixement de la gala té lloc normalment quan la larva és encara molt petita (L1). Durant l'etapa inicial, la cambra larvària està completament revestida d'una capa de cèl·lules nutritives altament especialitzades, que representen l'única font d'aliment per a la larva durant tot el seu desenvolupament (L2); la cambra larval està revestida per una fina paret d'esclerènquima que separa el teixit nutritiu intern dels teixits externs no nutritius (Fig. 2-3). En l'etapa de creixement, les cèl·lules nutritives es multipliquen (hiperplàsia) i augmenten de tamany (hipertròfia), es tornen multinucleades i acumulen diferents nutrients, mentre que els teixits externs del parènquima de la gala creixen ràpidament (Hearn *et al.*, 2019) i es reorganitzen. Les variacions en el desenvolupament de les capes més externes del parènquima de la gala són l'origen de la gran varietat de morfologies de gales existents.

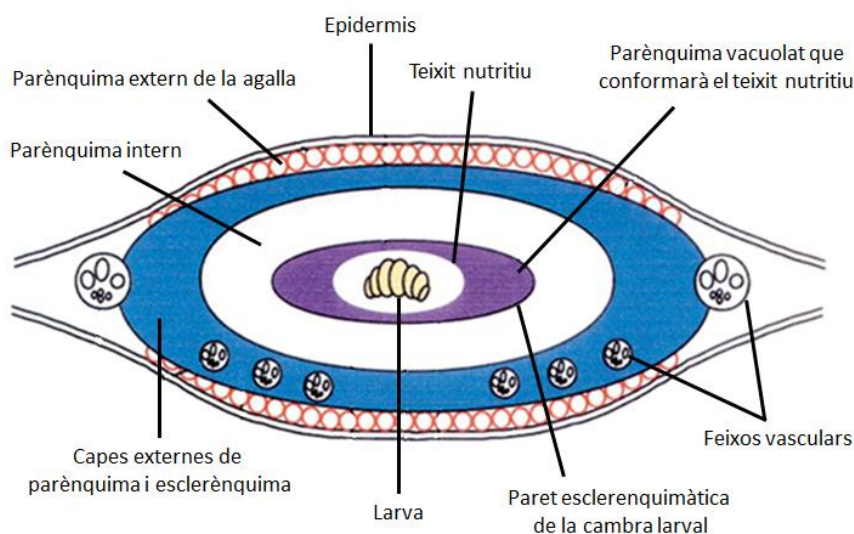


Figura 3. Secció transversal esquemàtica d'una gala induïda en una fulla de rosa per *Diplolepis rosaefolii* (segons Stone & Schönrogge, 2003).

Finalment, en l'etapa de maduració (L3-L5) les taxes de divisió cel·lular s'aturen i la larva s'alimenta de les cèl·lules nutritives que omplen completament la cambra larval. L'acció alimentària s'atura quan la larva arriba a la paret de l'esclerènquima que envolta la cambra larvària, moment en el qual pupa. Després de la pupació, l'adult ha de mastegar els teixits vegetals de la gala per fabricar un túnel de sortida. En moltes gales de roure (Cynipini), les capes de teixit exterior es lignifiquen mentre que la mort d'altres certs teixits dona lloc a espais interns d'aire. La lignificació, controlada per la larva, fa la gala inaccessible a altres herbívors i té una gran importància per a les espècies hivernants.

1.3. Importància econòmica de les gales

Els insectes cecidògens ataquen una gran varietat de plantes d'interès agrícola i forestal i, en alguns casos, poden causar seriosos problemes de producció de plagues (Fernandes, 1987; Nieves Aldrey, 1998) la qual cosa ocasiona greus pèrdues econòmiques. És el cas per exemple dels Cecidomyiidae (Diptera): *Orseolia oryzae* Wood-Mason, 1889 (afecten fortament la producció d'arròs al sud-est asiàtic), *Mayetiola destructor* (Say, 1817) al mig-oest americà o *Haplodiplosis marginata* (Roser, 1840) a Europa (indueixen gales a

les tiges del blat i altres cereals avortant-los o provocant la detenció del seu creixement); també, els Heteroptera de la família Adelgidae (fan malbé diverses coníferes, especialment de la família Abietaceae) i els Lepidoptera de la família Tortricidae com *Petrova resinella* (Linnaeus, 1758) (ataquen coníferes especialment *Pinus sylvestris* L.).

Les espècies de cinípid, en general no interaccionen negativament amb els seus hostes, però un escàs nombre poden ser espècies potencialment perjudicials (Pujade-Villar *et al.*, 2012a; 2012b; 2014, 2017, 2010). Aquestes, les podem dividir en dos grans grups, les que parasiten els fruits i les que ataquen les branques, que poden ser perjudicials quan es produeixen explosions poblacionals. En el cas d'atacs a fruits, la incidència resideix en la baixa producció de fruits afectant la regeneració dels boscos. Els gèneres *Andricus* Hartig, 1840, *Callirhytis* Förster, 1869, *Plagiotrochus* Mayr, 1881 i *Zapatella* Pujade-Villar & Melika, 2012 poden causar danys a les branques de diferents espècies de *Quercus* i en alguns casos la mort dels arbres (Pujade-Villar *et al.*, 2012b). La presència de les cambres larvals en el interior de les branques obtura en diferent grau el transport de saba ocasionant en aquests casos la mort de la branca o la seva disminució en longitud, afectant l'arquitectura típica de l'arbre (Pujade-Villar *et al.*, 2014, 2017).

1.4. La tribu dels Cynipini

L'organisme que estudiarem és *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Cynipidae: Cynipini). Aquesta tribu presenta certes característiques que han de ser comentades abans d'abordar l'espècie mencionada.

La tribu Cynipini és amb diferència, el grup de Cynipidae més ric en espècies, amb unes 1.000 espècies conegudes en 51 gèneres a tot el món (Stone *et al.* 2002, Melika & Abrahamson 2002, Cuesta-Porta, *et al.*, 2020, 2022; Medianero & Nieves Aldrey, 2013; Medianero *et al.*, 2021; Melika & Nicholls, 2021; Melika *et al.*, 2010, 2013, 2021; Nicholls *et al.*, 2018; Pujade-Villar & Ferrer-Suay, 2015; Pujade-Villar & Melika, 2014; Pujade-Villar *et al.*, 2010, 2012c, 2012d, 2013, 2014b, 2017b, 2018; Tang *et al.*, 2011; Zimmerman, 2018, Fang *et al.* 2020). La major part d'espècies està associada al gènere *Quercus* L. tot i que també han estat citades en altres Fagaceae com *Castanea* Miller, *Castanopsis* (D. Don) i *Lithocarpus* Blume al Paleàrtic oriental, a més de *Chrysolepis* Hjelmq. i *Notholithocarpus* Manos, Cannon & S.H. Oh a Amèrica del Nord (Csóka *et al.* 2005, Govaerts & Frodin 1998, Penzès *et al.*, 2018; Denk *et al.* 2017).

Pel que fa a les gales la diversitat és extraordinària (Fig. 4) encara que predominen les gales esfèriques, ovals, cilíndriques, lenticulars, fusiformes o més o menys pedunculades; rarament són críptiques amb cel·les larvals incloses dins tiges o fruits sense que la seva presència produeixi deformacions o hipertròfies visibles. Habitualment, les gales són fàcilment separables dels teixits de la planta hoste, encara que hi ha excepcions. Es formen en qualsevol òrgan vegetal, podent ser tant aèries com subterrànies, però la gran majoria es troba a les fulles o als borrons. La superfície de les mateixes també és molt variable havent-hi gales proveïdes de pilositat, d'espines o gales recobertes de substàncies enganxoses que són usades com un mecanisme de defensa; altres mecanismes de defensa contra l'atac dels parasitoides són la presència de cambres buides a l'interior de les gales o la grandària del tamany de la gala, per exemple. Tenim gales uniloculars i pluriloculars

(o multiloculars). En aquest darrer cas també això és un sistema de defensa ja que les cambres més internes, de fet, rarament s'arriben a parasitar.



Figura 4. Alguns exemples de diversitat de gales de roures col·lectades a Santa Fe (Mèxic). Font: Barrera-Ruiz *et al.* (2021).

Els adults (Fig. 5) es poden separar de la resta d'espècies de les altres tribus pel següent conjunt de caràcters diagnòstics (Ronquist *et al.*, 2015): front, entre les fossetes antenals, sense una forta carena longitudinal; galtes sense carenes verticals; occipuci sense carina occipital, a vegades amb algunes arrugues paral·leles; antena de les femelles filiforme o lleugerament eixamplada cap a l'apex amb 10–11 flagelòmers, rarament més; antena del mascle filiforme no modificada o només amb F1 modificat, normalment amb un segment més que a les femelles; pronot molt estret medialment, 1/7 o menys de la longitud del marge lateral exterior; placa pronotal absent o petita i molt reduïda medialment; depressions admedianes del pronot que s'uneixen medialment, formant una impressió transversal anteriorment al pronot; notaules gairebé sempre presents; fossetes escutelars generalment ben diferenciades i profundes, de vegades confluent i formant una depressió transversal; zona dorso-axil·lar situada en un pla diferent respecte al mesoscutel; mesopleura llisa o esculpada, sense impressió longitudinal transversal; carenes laterals del propodeu habitualment presents; profemur no inflat; ala anterior amb cel·la radial oberta, venes R1 i Rs no gaire separades del marge de l'ala, vena basal present; ungles dels tarses simples o dentats; primer segment metasomal llis en forma de pestanya, segon i tercer segments metasomals mai fusionats, on el segon és més gran que el tercer; hipopigi mai en forma d'arada, proveït d'una espina ventral més o menys diferenciada, allargada i semblant a una agulla, amb setes subapicals que rarament formen un floc dens.

Introducció

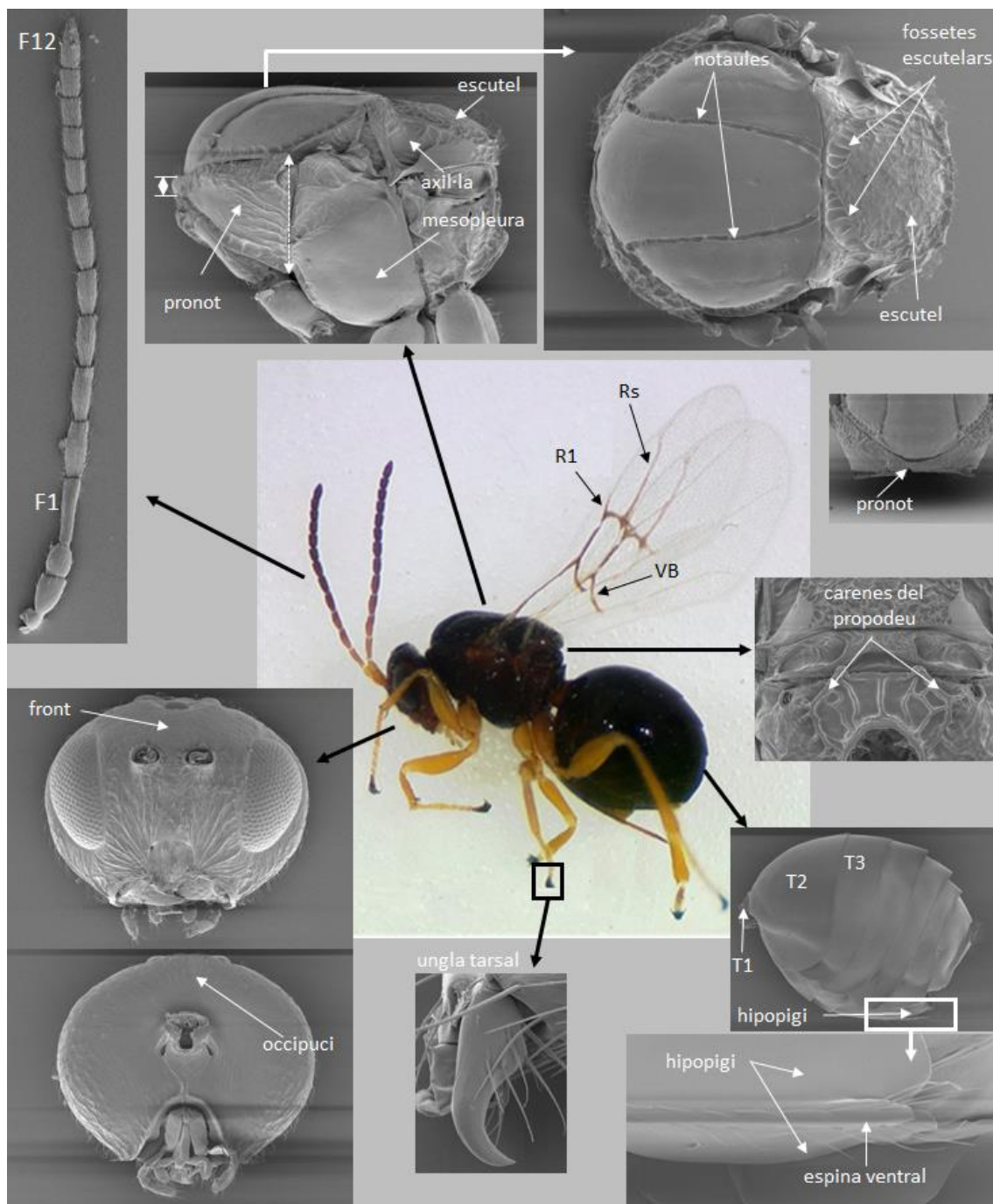


Figura 5. Caràcters diagnòstics de la tribu Cynipini utilitzant com a model *Dryocosmus kuriphilus* (explicacions en el text). [F=flagel·lòmer, VB=vena basal, T=tergita metasomal]. Figures del microscopi electrònic obtingudes de morphbank.

Pel que fa a la biologia (Fig. 6), la major part d'espècies presenten cicle alternant presentant dues generacions, la sexual (on les femelles i els mascles surten de les gales) i l'asexual (on només les femelles, produïdes per partenogènesi, surten de les gales) (Pujade- Villar *et al.*, 2001). Les gales produïdes per cada generació són diferents i els adults sexuals i asexuals solen ser també morfològicament diferents. Aquest fet ha portat com a conseqüència que moltes espècies hagin estat descrites com dues espècies diferents (corresponents a cadascuna de les generacions) fins i tot en gèneres diferents fins que s'ha aconseguit tancar el cicle. A més, atenent al tipus de roures de cada generació, podem

diferenciar dos models diferents de cicles: els heterogònics (quan les dues generacions produeixen gales a arbres hoste de la mateixa secció de *Quercus*) i els heteroècics (quan els arbres hoste pertanyen a diferents seccions de *Quercus* per a cada generació del cinípid). Encara que la majoria dels cicles coneguts són anuals, hi ha espècies en què la forma asexual pot endarrerir la sortida dels seus adults diversos anys. Com a excepcions a aquesta norma trobem: una espècie que presenta dos generacions sexuals consecutives (*Neuroterus quercusrileyi* (Bassett, 1880); *N. contortus* (Weld, 1921) que consta de dos generacions a l'any però on la que correspondria a la forma agàmica presenta mascles no funcionals; una única espècie que ha perdut la forma asexual (*Dryocosmus zhui* Liu & Zhu, 2015) per la qual cosa es reproduïx només sexualment (una generació a l'any); i finalment un petit grup d'espècies que ha perdut la forma sexual de manera que es reproduïxen per agàmia indefinida (entre elles *D. kuriphilus*, una generació a l'any).

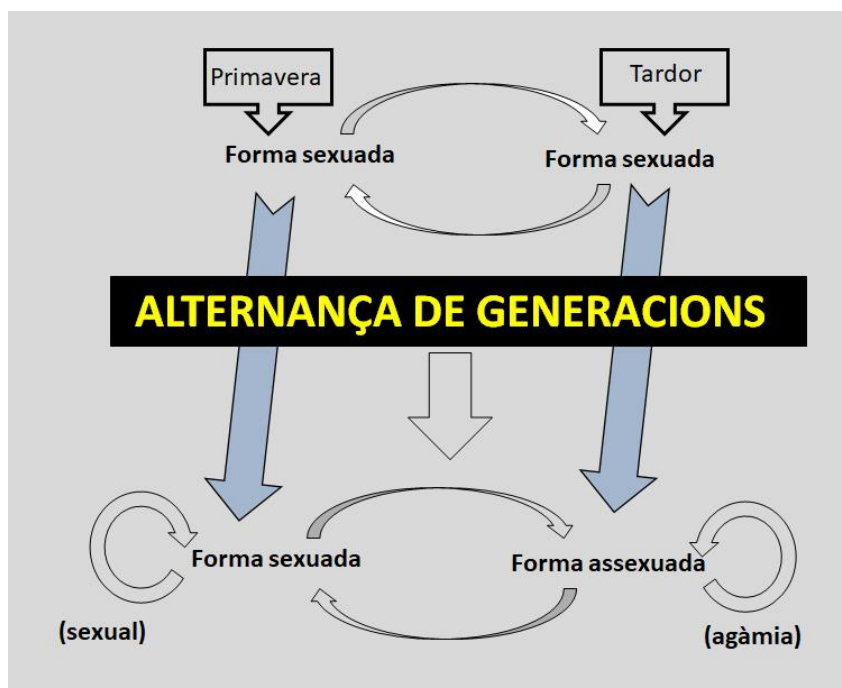


Figura 6. Models de cicles biològics en els Cynipini.

1.5. Fauna de les gales

Pel que fa a l'estructura externa podem diferenciar tres fases (Pujade-Villar, 2013): la fase de formació, la d'estabilitat i la de degeneració. La fase de formació inclou les tres etapes d'iniciació, creixement i maduració de la gala mencionades anteriorment (veure l'apartat 'Les gales'). Correspon a l'espai de temps en el que podem trobar la fauna primària (directament relacionada amb la gala o amb els seus habitants per una relació obligatòriament tròfica: inductors, inquilins o parasitoides). La fase d'estabilitat és aquella en què la fauna primària ha abandonat la gala, la qual és ocupada per la fauna secundària (constituïda per organismes que usen les gales sense cap relació tròfica o sense una rigidesa tròfica, utilitzant la gala com a refugi o com a font d'aliment, cecidòfags). Finalment la fase de degeneració és aquella en la que la gala cau a terra, és ocupada pels organismes epigeus, i la gala finalment es degrada (desapareix). De fet, les gales dels

artròpodes suporten una rica comunitat associada d'organismes que hi troben acomodament, recer i disponibilitats alimentàries. És per això que són considerades com a “punts calents” ecològics (Askew, 1980, 1984), especialment les dels cinípid i cedidòmids a causa de la seva major complexitat.

La **fauna primària**, a més dels inductors, està constituïda pels parasitoides i els inquilins. Els inquilins són aquells cinípid que viuen a costa dels teixits de la gala que ha format l'inductor. Són incapaços de produir gales per sí mateixos, encara que de vegades poden avortar-ne el creixement, modificar-ne la forma típica o induir la formació de noves estructures tissulars internes. La presència de l'inquilí pot provocar de forma directa (en competir per la font d'aliment) o indirecta (en col·lapsar la cambra larval a causa del gran nombre de larves presents) la mort de l'inductor de la gala. En altres ocasions la presència d'inquilins no perjudica de cap manera l'inductor, per la qual cosa hi ha una perfecta cohabitació; en aquest cas, l'inquilí és capaç d'instal·lar-se al teixit perifèric de la gala i crear un teixit alimentari propi. Morfològicament els podem diferenciar dels inductors perquè presenten les tergites metasomals II+III fusionades en un sol segment o bé, si estan separats, la T2 és molt més petita que la T3.

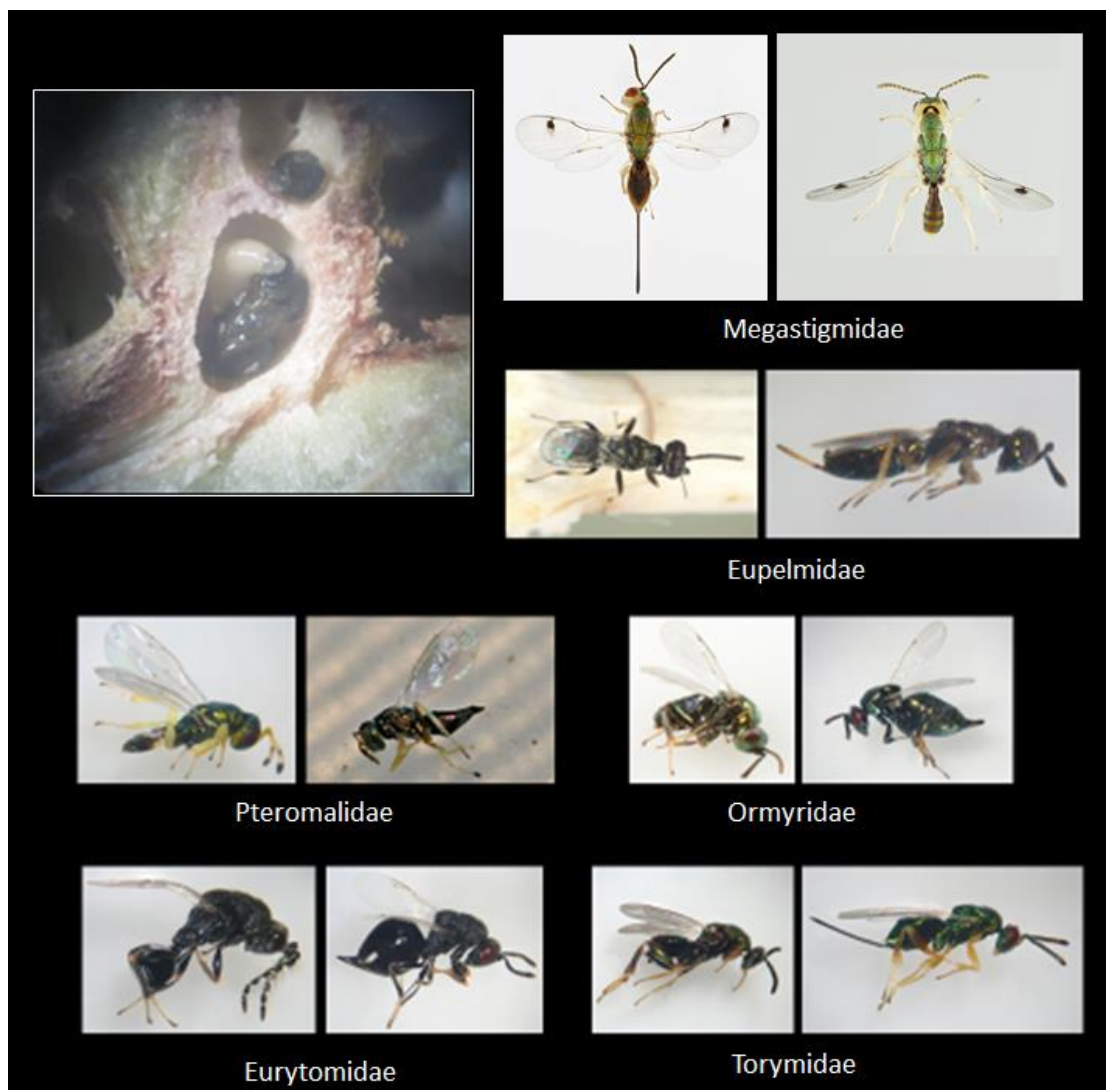


Figura 7. Famílies parasitoides de gales de Cynipini (fotos Antoni Ribes†) i larva de *Torymus flavipes* (Walker, 1833) parasitant una pupa de *Dryocosmus kuriphilus* (foto autor).

Introducció

Els parasitoides són aquells organismes que en la seva fase larvària s'alimenten directament dels habitants de la gala ocasionant-los la mort, sent els adults de vida lliure. Els parasitoides de les larves de Cynipidae són ectoparasitoides i poden atacar tant larves com pupes (Fig. 7). Els parasitoides, seran primaris, quan ataquin directament l'inductor o els inquilins de les gales, i secundaris, terciaris, etc., segons ataquin un altre parasitoide o el parasitoide d'un altre parasitoide, etc. Complexes xarxes tròfiques s'han establert en múltiples gales que relacionen inductors, inquilins, parasitoides i hiperparasitoides. Tots els parasitoides dels Cynipini corresponen a representants de diverses famílies d'himenòpters de la superfamília Chalcidoidea (Fig. 7): Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae, Megastigminae, Ormyridae, Pteromalidae i Torymidae. Cada espècie inductora té associada un determinat grup de parasitoides i inquilins (Fig. 8), els quals contribueixen al control de la població del cecidògen constituint una veritable xarxa tròfica (Askew, 1961a).

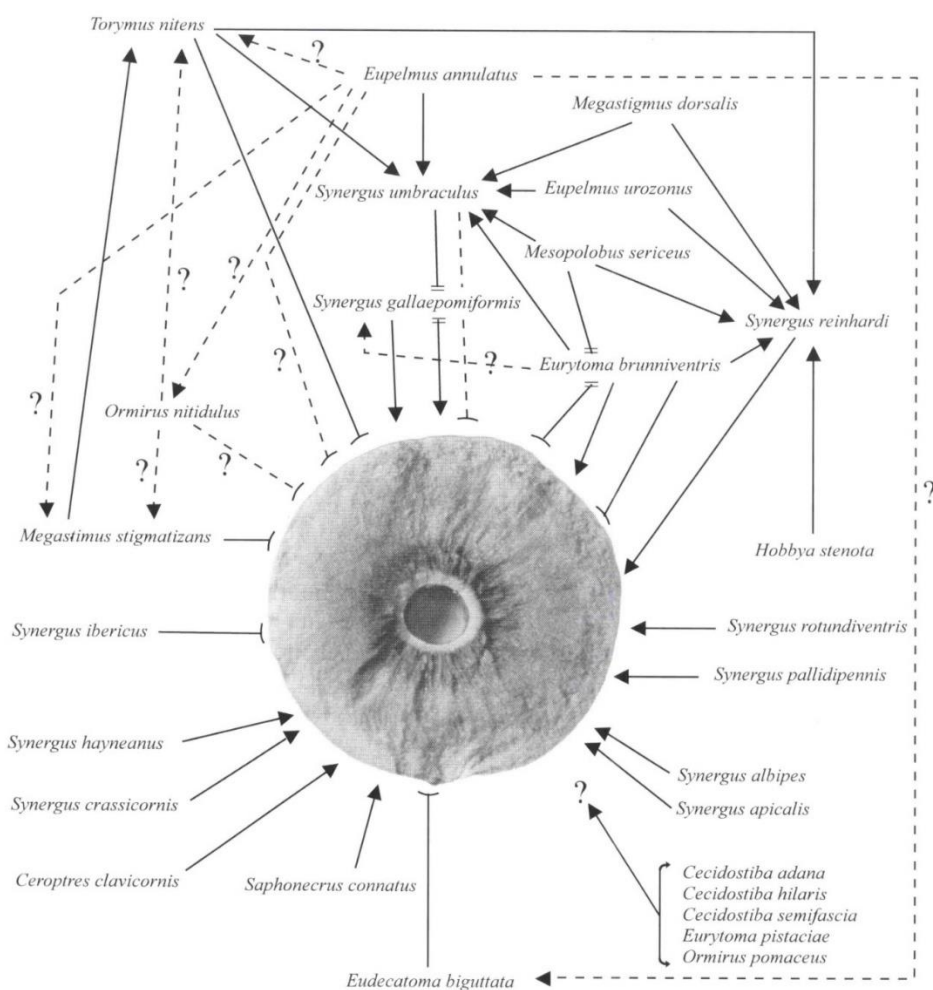


Figura 8. Xarxa tròfica de la gala d'*Andricus hispanicus* (Hartig, 1856) segons Ros Farré & Pujade-Villar (1998). En aquesta gala intervenen a més de l'inductor un total de 28 espècies pertanyents a 12 gèneres: 12 espècies d'inquilins (*Synergus* i *Saphonecerus*), 2 espècies d'Eupelmidae (*Eupelmus*), 1 espècie de Torymidae (*Torymus*), 1 espècie de Megastigminae (*Megastigmus*, actualment *Bootanomyia*), 5 espècies de Pteromalidae (*Cecidostiba* i *Hobbya*), 3 espècies d'Eurytomidae (*Eurytoma* i *Sycophila* = *Eudecatoma*) i 2 espècies d'Ormyridae (*Ormyrus*). Les fletxes mostren l'organisme al que ataquen (si es dirigeixen a la gala ataquen el cinípid inductor) i les línies acabades en parèntesi indiquen que les cambres larvals es troben en el teixit perifèric.

La **fauna secundària** està constituïda per la resta d'organismes associats (els cecidòfags i els successors). Els cecidòfags són els organismes que utilitzen les gales per alimentar-se dels seus teixits. Algunes larves utilitzen els teixits de les gales com a font d'aliment, és el cas d'insectes xilòfags (Coleoptera o Lepidoptera); en aquest cas es poden obtenir de forma molt esporàdica parasitoides d'aquests insectes. També, els fongs saprofítics els hem de considerar com a cecidòfags; participen a la degradació de l'estructura deformant.

Els successors corresponen a tota aquella fauna que habita les gales un cop els inductors i la resta de fauna primària l'han abandonada. Els canals, cambres, escates, setositat, etc., proporcionen una gran varietat de recers i acomodatament per a multitud d'artròpodes. No només les formes juvenils s'aprofiten d'aquests refugis sinó que també són utilitzats per alguns artròpodes hivernants. Dins dels successors trobem representants de molts ordres d'artròpodes (Torossian, 1971) com aranyes, pseudoescorpins, àcars pel que fa als queliceromorfs; tisanòpters, psocòpters, àfids, còccids mirmecòfils, lepidòpters, coleòpters, himenòpters, etc., (en referència als insectes). De tots ells destaquen, per la seva importància, les formigues nidificants en gales abandonades podent qualificar-se a aquesta interacció com a habitual. Generalment corresponen a gales grans i llenyoses. Algunes espècies ocupen la gala de manera aïllada o amb poques (1-10) obreres; representen les fases inicials de la colònia (fundacions). Altres vegades la femella està envoltada de desenes d'obreres pel què constitueix una colònia en miniatura. La presència de fundacions a les gales facilita la dispersió de l'espècie.

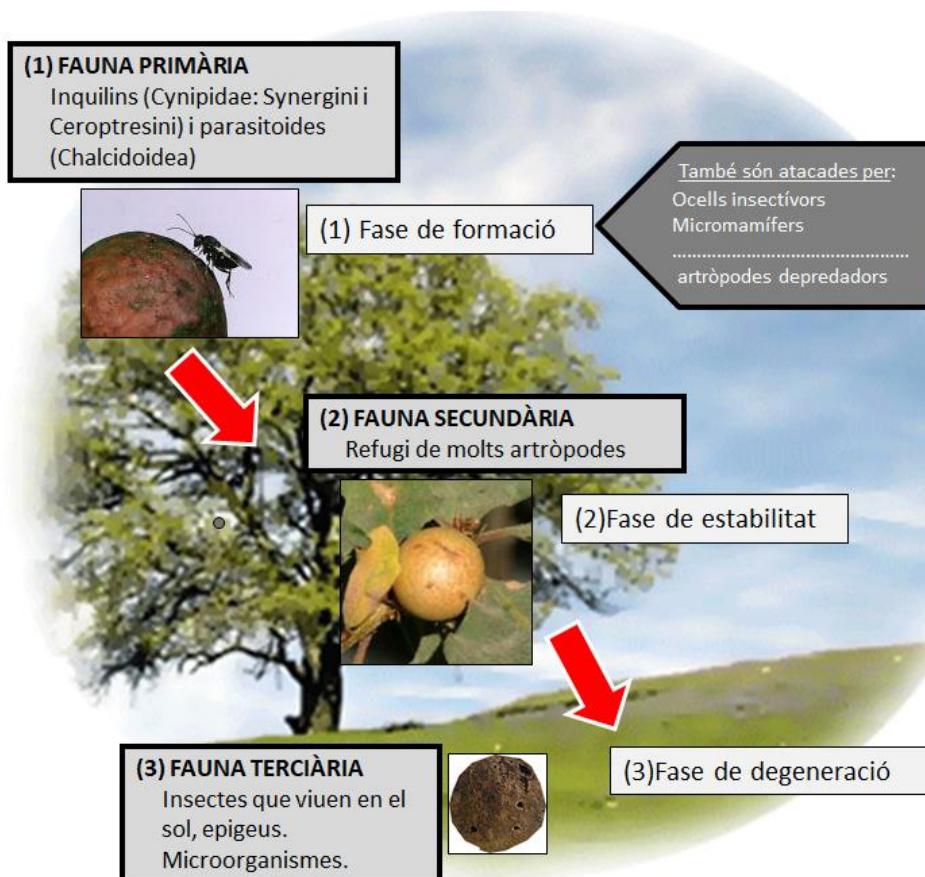


Figura 9. Fauna associada a les gales de Cynipini en cadascuna de les fases de desenvolupament de la gala.

La **fauna terciària** apareix quan la gala cau a terra, moment en el qual es poden trobar tot un altre tipus d'organismes que aprofiten les gales buides, els epigeus, fauna que està molt poc estudiada.

Alguns ocells i micromamífers utilitzen aquestes fonts d'aliment (faunes primàries i secundàries, principalment) sobretot en períodes de recursos escassos. Per tot això podem dir que les gales són uns microecosistemes: veritables ecosistemes en miniatura (Fig. 9).

1.6. El gènere *Dryocosmus* GIRAUD, 1859

Dryocosmus agrupa un total de 50 espècies: 18 del Neàrtic, 8 del Paleàrtic Occidental i 24 el Paleàrtic Oriental + regió Oriental (Burks, 1979; Buffington & Morita, 2009; Tang *et al.*, 2016; Péntzes *et al.*, 2018). Aquest gènere és polifilètic (Ács *et al.*, 2007; Nieves-Aldrey *et al.*, 2021); les espècies americanes necessiten ser revisades (Melika *et al.*, 2010).

Com passa amb molts gèneres de Cynipini (Liljeblat *et al.*, 2008), *Dryocosmus* presenta pocs o cap caràcter diagnòstic apomòrfic que el defineixi, per la qual cosa es defineixen per la presència de un conjunt de caràcters que en el seu conjunt no presenten els altres gèneres de Cynipini. Això fa que tinguin un gran nombre de caràcters plesiomòrfics que l'apropen a *Plagiotrochus* i *Chilaspis* al paleàrtic (Ács *et al.*, 2007; Melika *et al.*, 2010, 2011) o bé a *Kokkocynips* al Neàrtic (Nieves-Aldrey *et al.*, 2021), per exemple. Morfològicament el podem diferenciar dels gèneres Paleàrtics propers segons els caràcters següents (Melika *et al.*, 2010):

1. Mesoscut coriàci, rugós o reticulat; mesopleura coriàcia, alutacea o feblement reticulada, generalment formant una banda transversal; zona propodeal central amb carina longitudinal mitjana; espina ventral de l'hipopigi amb setes escasses que no formen un floc apical truncat. ***Plagiotrochus***

-- Mesoscut llis o molt delicadament alutaci; mesopleura llisa o uniformement molt delicadament esculpida; zona propodeal central sense o rarament amb carina longitudinal mitjana; espina ventral de l'hipopigi amb setes escasses formant un floc apical truncat més o menys visible. 2

2. Estries que irradien des del clipi estenent-se fins al marge interior de l'ull compost, fins a la meitat de la cara inferior o estenent-se fins les fossetes antenals; vèrtex i occipuci amb escultura, de vegades coriàci o rugós; fòvees escutelars separades o no per una carina mitjana feble; espina ventral de l'hipopigi amb un floc de setes curt i escàs. ***Dryocosmus***

-- Estries indistintes i febles que irradien des del clipi estenent-se per l'espai malar i només a la meitat inferior de la cara inferior; vèrtex i occipuci llis o molt delicadament coriàci; mesoscutel uniformement llis o dèbilment esculpit a la part central i de vegades amb algunes arrugues al llarg de la carina marginal; fòvees escutelars separades per una carina mitjana ben diferenciada; espina ventral de l'hipopigi amb un floc de setes més llarg i dens. ***Chilaspis***

A banda, *Dryocosmus* agrupa espècies que es caracteritzen per presentar (Fig. 5): la cara inferior amb estries que irradien des del clipi fins al marge interior de l'ull; solc malar absent; antenes amb 11-12 flagel·lòmers a les femelles, 13 als mascles; F1 dels mascles excavat i clarament eixamplat distalment; mesoscut llis; articulació transcutal present; fòvees escutelars definides, no sempre delimitades per una carena medial; carenes laterals del propodeu diferenciades, corbades cap a l'exterior, delimitant l'àrea central brillant, generalment rugosa i amb una carena mitjana; laterals del propodeu rugós; alats, amb el

marge ciliat; metasoma fortament comprimit lateralment; i espina ventral de l'hipopigi curta (menys de 3,5 vegades més llarga que ampla), en forma d'agulla amb un floc distal truncat se setes més o menys visible. Ungles tarsals simples.

Pel que fa als hostes vegetals, *Dryocosmus* es capaç de produir gales a *Castanea*, *Castanopsis* i *Quercus* (subgèneres *Cerris* i *Cyclobalanopsis*). A *Castanea* dues espècies són conegudes originàries del Paleàrtic oriental: *D. kuriphilus* (sense forma sexuada) i *D. zhuii* (mancat de forma agàmica). Ambdues espècies presenten gales idèntiques i biològicament s'ha demostrat que són espècies diferents (Zhu *et al.*, 2015).

Per altre banda, la agàmia indefinida de *D. kuriphilus* sembla no estar causada per la presència de *Wolbachia* Hertig, 1936 (Zhu *et al.*, 2007) com ja s'ha vist que passa també en altres Cynipini a diferència del que succeeix en Cynipidae que ataquen plantes herbàcies i rosers (Plantard *et al.*, 1998a, 1998b, 1999) o en altres espècies d'insectes (Rokas *et al.*, 2001; Melika, 2006). Aquests bacteris endosimbiòtics (Rickettsiales: Anaplasmataceae) s'hereten per les femelles i tenen una sèrie d'efectes fenotípics en els seus hostes (Cook & Butcher, 1999). En molts himenòpters, la infecció per *Wolbachia* indueix la duplicació de gàmetes després de la meiosi, de manera que tots els descendents són homozigots i diploides (Plantard *et al.*, 1998c). A causa del mecanisme de determinació del sexe haplo-diploide present a les vespes cecidògenes (i la majoria dels altres himenòpters), aquests descendents només podran ser femelles (Cook & Butcher, 1999). Sembla que *Wolbachia* disminueix la proporció de mascles en les espècies que presenten una generació sexual, però no causa la forma agàmica de les espècies amb alternança de generacions (Rokas *et al.*, 2001). Si tenim en compte que *D. kuriphilus* ha de provenir, per ser un Cynipini, d'una forma ancestral amb alternança de generacions, de la que es perd la forma sexuada, semblava lògic suposar, pel que s'ha comentat, que la forma agàmica de *D. kuriphilus* no estaria causada per la presència de *Wolbachia*, tal com van concloure Zhu *et al.* (2007). Tampoc es pot utilitzar, en conseqüència, *Wolbachia* com a agent per controlar les poblacions, com sí s'està fent amb altres insectes (Hancock *et al.*, 2011; per exemple).

1.7. La vespeta del castanyer

La vespeta del castanyer, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hym., Cynipidae), (Figs. 5 & 10) és un petit himenòpter de la família Cynipidae. És una de les plagues més importants que afecten a *Castanea* spp (Fagales: Fagaceae) i als seus ecosistemes (Aebi *et al.*, 2006). Coneguda internacionalment com a ACGW (Asian Chestnut Gall Wasp) es va introduir per primera vegada a Europa l'any 2002 via Itàlia i des de l'any 2012 es troba present, com a espècie exòtica invasora a Catalunya (Pujade-Villar *et al.*, 2013). L'expansió d'aquesta vespeta es produeix principalment pel comerç de material vegetal infectat a planters i aforestacions, seguida de dispersió natural per les masses forestals dels seus hostes naturals.

Originària de la Xina, on parasita diferents espècies orientals de castanyers, en poques dècades ha protagonitzat una inexorable expansió abastant noves àrees de distribució d'arreu on es troba el gènere *Castanea* tant en zones on el castanyer és autòcton com en àrees de plantacions/reforestacions (Fig. 11).



Figura 10. Vespeta del castanyer, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu.

Dryocosmus kuriphilus va ser descrita formalment el 1951 del Japó (Yasumatsu, 1951) sobre *Castanea crenata* Siebold & Zucc. (castanyer japonès) encara que anteriorment Fukuda (1949) ja la va catalogar com a una nova plaga per al país nipó. Malgrat aquestes dades, es va observar per primera vegada a la Xina el 1929 (Murakami, 1980) sobre *Castanea mollissima* Blume (castanyer xinès). Murakami (1980) va concloure que aquesta vespeta era indígena de la Xina i que es va introduir accidentalment al Japó, on es va ser citada per primer cop a la prefectura d'Okayama l'any 1941 (Shirakami, 1951; Yasumatsu, 1951), segon s'indica a 岡山農試 (= Prova Agrícola d'Okayama) del 1947 (Murakami, 1980); de fet, Murakami (1980) esmenta: (i) que hi va haver 3 grans plagues a la Xina de *D. kuriphilus*, on una d'elles va ser el 1941, però que en el moment d'escriure el seu treball els agricultors recordaven que n'hi havia hagut altres plagues anteriorment, (ii) el primer cop que es va trobar *D. kuriphilus* al Japó coincideix amb la plaga de la Xina del 1941 per la qual cosa suposa que, quan van importar el castanyer xinès al Japó, també va entrar *D. kuriphilus* involuntàriament i (iii) finalment esmenta que un avi de 70 anys recordava haver vist gales de *D. kuriphilus* el 1929 a la Xina a la província d'Hebei. Per tots aquests fets Murakami (1980) afirma que l'origen de *D. kuriphilus* és casi segur de la Xina. Tamura (1962) va informar de la seva presència a Corea des del 1958 sobre *Castanea mollissima*, i Murakami (1997) va inferir que la població coreana era originària del Japó. Més tard, Ueno (2006) esmenta que el 1999 s'havia detectat al Nepal en 7 de 21 horts de castanyers cultivats, tant sobre castanyer japonès com sobre castanyer xinès, no trobant-se fins aleshores en cap de les espècies autòctones de castanyers dels boscos muntanyosos del Nepal (Ueno, 2006; Abe *et al.*, 2007). A Taiwan ha estat citat recentment (Tang *et al.* 2015). La primera cita fora del continent asiàtic és del 1974 als Estats Units (Payne *et al.*, 1975) sobre *Castanea dentata* Marshall.

Introduïda accidentalment a Europa sobre plantes *Castanea sativa* Mill. infestades, el procés de dispersió pels diferents països europeus va anar com segueix: l'any 2002 s'enregistra a la regió del Piemont la primera afectació a Itàlia (Brussino *et al.*, 2002), més tard el 2005 es detectà a França (Aebi *et al.*, 2006; Boutte, 2009) i Eslovènia (Jaksa, 2006; Knapič *et al.*, 2009), a continuació successivament el 2009 a Suïssa (Forster *et al.*, 2009) i Hongria (Csóka *et al.*, 2009), el 2010 a Croàcia (Matošević *et al.*, 2010) i Països Baixos (EPPO, 2010), el 2011 a Àustria (Kessler, M. & Krehan, H., 2011) i el 2012 a Txèquia (Borowiec *et al.*, 2014), Eslovàquia (Pástor *et al.*, 2017), Alemanya (EPPO,

2012) i Espanya (Pujade-Villar *et al.*, 2013), el 2014 a Portugal (Bento, 2014; EPPO, 2014), Grècia (Michaelakis *et al.* 2016) i Turquia (Çetgdot *et al.*, 2014) i posteriorment el 2015 és citada a Gran Bretanya (Malumphy, 2015), Bèlgica (EPPO, 2016), Romania (Radócz *et al.*, 2016) i Bòsnia i Herzegovina (Delalic, Z. 2019).

A Catalunya va ser confirmada la seva presència el 2012 (DOGC, 2012; Pujade-Villar *et al.*, 2013) a prop de Tapís, a la comarca de l'Alt Empordà, tot i que després d'una detallada prospecció es va constatar que pràcticament, amb algunes excepcions, es trobava ja colonitzant la majoria de les masses de castanyer del país (Pujade-Villar *et al.*, 2013). Seguidament, *D. kuriphilus* es va estendre per diferents comunitats autònomes d'Espanya localitzant-se l'any 2013 a Cantàbria (BOC, 2013; EPPO, 2015) i País Basc (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019), el 2014 a Astúries (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019), Galícia (Pérez-Otero & Mansilla, 2014) i Andalusia (Wong *et al.*, 2015) i últimament el 2018 a Castella i Lleó

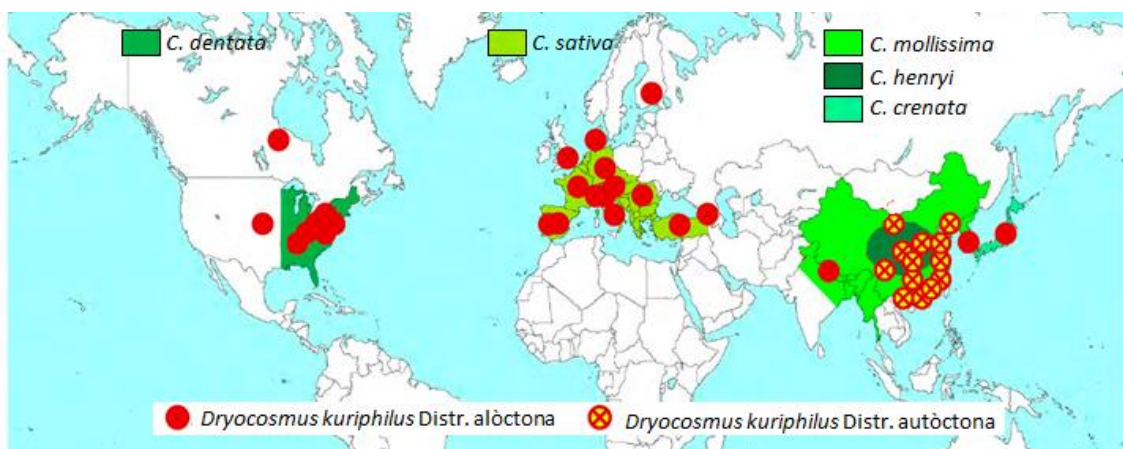


Figura 11. Distribució mundial de *Dryocosmus kuriphilus*, indicant les espècies més abundants de *Castanea*. [Modificat de Nieves-Aldrey & Gil-Tapetado (Biocastanea-2015: <https://digital.csic.es/handle/10261/127622>, data de consulta: 14 de maig de 2022), a partir de Lang *et al.*, 2007 i CABI, 2015].

Els greus danys d'aquesta plaga repercuteixen directament al món rural en comportar dràstiques pèrdues econòmiques. A Europa i els Estats Units resulten especialment perjudicials ja que, en atacs massius, condiciona negativament la producció del fruit del castanyer assolint valors de pèrdua de producció compresos entre el 70 i el 80% de les collites en fruit (Brussino *et al.*, 2002).

Aquests danys deriven d'una formació massiva de zoocecidis o gales, cosa que comporta una forta reducció de la brotada floral amb la consegüent frustració de la fructificació de la castanya juntament amb una severa reducció de l'àrea fotosintètica en fullatge, notables malformacions a les branques i arquitectura de les capçades que deprecien les qualitats de la producció de fusta, i un increment del risc de contraure també altres plagues i malalties que, com el xancre, arriben a ocasionar la claudicació del propi vigor de l'arbre que, especialment en els casos més aguts quan es combina amb aquests altres agents de producció d'estrès fisiològic o de decaïment del bosc, pot acabar amb la mort de l'arbre hoste (Payne *et al.*, 1975).

Donada la seva perillositat com a plaga forestal, el 2003 l'EPPO va incloure aquest organisme al seu llistat d'alerta A2-List. Després, el 2006 la Comissió Europea va

disposar l'establiment de mesures provisionals urgents (Decisió 2006/464/EC) per prevenir la seva introducció i propagació a la Unió Europea. També la Generalitat emeté l'Ordre AAM/355 l'any 2012 per la qual es va establir una sèrie de zones de delimitació, infestades, d'observació i de barrera. Tot i així, la propagació imparable de *D. kuriphilus* per tota l'UE va palesar que totes aquelles mesures mai van arribar a ser eficaces, per la qual cosa van derogar-se posteriorment (Decisió 2014/690/EU). No obstant, el seu alt risc segueix sent vigent i ben notori.

Per altra banda, la castanyeda és assimilable ecològicament a un bosc caducifoli autòcton, per la qual cosa aquest tipus de masses forestals es trobarien incloses a l'annex I de la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservació dels hàbitats naturals i la flora i fauna silvestres (tipus d'hàbitat 9260 "Bosc de *Castanea sativa*") i consegüentment a la seva importància ecològica, també a l'annex I de la Llei 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat.

La femella de *D. kuriphilus* es caracteritza (Fig. 5) per tenir una longitud de 2,5-3 mm, coloració del cos negra; potes, escap i pedicel de les antenes, àpex de clipi i mandíbules de color marró groguenc; cap finament esculturat, amb carenes irradiants des del clipi dirigint-se cap a els ulls compostos, solc malar absent; antenes amb 12 flagelòmers, tots els artells d'un gruix semblant excepte el F1 que és més estret; pronot amb carenes longitudinals laterals; mesoscut, mesopleura i metasoma llisos i brillants; notaules ben definits i complets, sense solc mig; escutel rugós lateralment, amb carena circumescutelar; fossetes escutelars definides, amb carenes longitudinals; carenes del propodeu fortament corbades lateralment, amb carena mitjana, delimitant una àrea carenada-rugosa; metasoma fortament comprimit, amb les tergites micropunctuades; espina ventral curta proveïda d'un floc de setes discals escasses; cel·la radial d'ala anterior oberta, tres vegades més llarga que ampla; ungles tarsals simples.

Pel que fa a la seva biologia, *D. kuriphilus* és una espècie univoltina (una generació a l'any) i telitoca no causada per la infecció de *Wolbachia* (Kato & Hijii, 1993; Abe *et al.*, 2007; Zhu, *et al.* 2007) que, amb pèrdua de la forma sexuada, es reproduïx per agàmia indefinida. La posta de femelles no fecundades dona lloc únicament a descendència femenina. Aquest fet comporta una descendència gairebé clònica (sense recombinació genètica) on la variabilitat genètica serà molt baixa (Bonal *et al.*, 2018). A més té assegurada la descendència ja que les femelles presenten ous fèrtils sense la intervenció de mascles, la qual cosa facilita la seva dispersió, més encara quan una femella pot ovipositar centenars d'ous i on mesures com les feromones no tindran cap efecte. La població acaba sent 100% infectiva. Aquest èxit a més es veu incrementat per la facilitat de dispersió que presenta *D. kuriphilus* (aspecte esmentat més avall).

El seu cicle vital (Fig. 12) comença quan les femelles adultes realitzen la posta d'ous en petits grups a l'interior dels borrons de l'arbre hoste. Cada femella pot arribar a pondre entre 100-150 ous en grups de 3 a 5 en cada posta. Els borrons, a la seva vegada, poden reunir les postes de diverses femelles, per la qual cosa és possible trobar algun borro amb 20-30 ous al seu interior.

Els ous eclosionen en uns 40 dies, però el desenvolupament de les larves de primer estadi (L1) és extremadament lent, romanent durant tots els mesos de tardor i hivern a l'interior dels borrons del castanyer hivernant (Fig. 12). Quan la temperatura augmenta, a l'arribada de la primavera següent, abans però que s'hagi iniciat l'activitat vegetativa del

Introducció

castanyer, les larves, encara d'una coloració blanca, reprenen la seva activitat desenvolupant-se simultàniament als borrons de la posta, tot induint aleshores la formació de les gales i l'aparició del segon estadi larvari (L2). El tercer estadi (L3) és el darrer, molt fàcil de reconèixer per presentar unes bandes ventrals de color marró (Fig. 12) com succeeix (Gómez *et al.*, 2008) en totes les larves de l'antic grup 'Syntomaspis'.

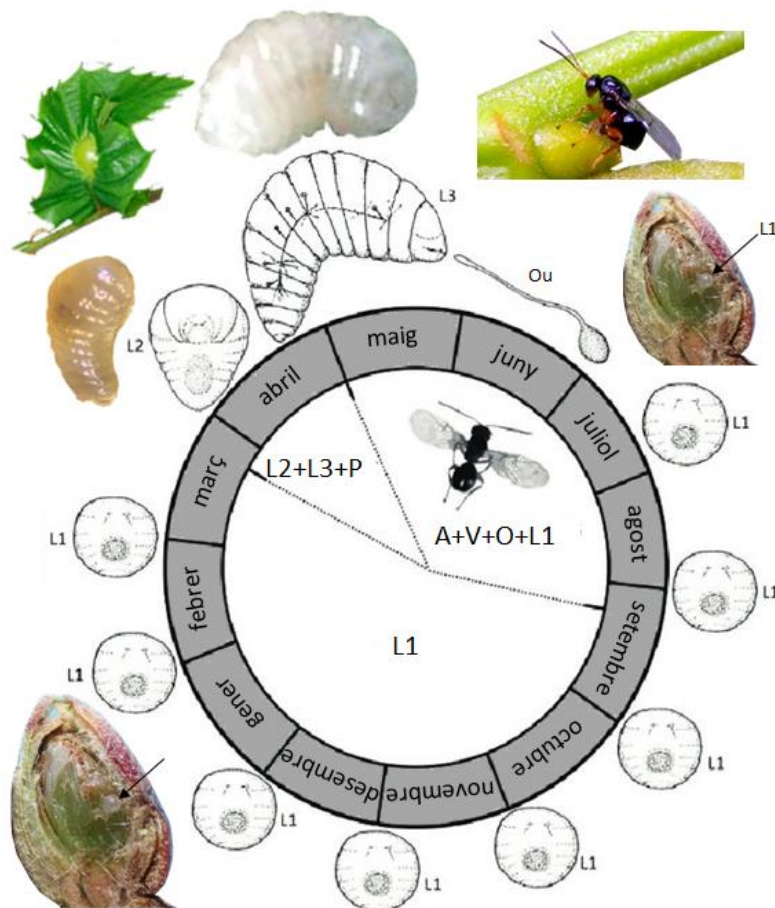


Figura 12. Cicle biològic de *D. kuriphilus* modificat a partir de Colombari & İpekdağ (2016) accessible a <https://www.researchgate.net/publication/314726645>. Estadis larvaris (L1, L2, L3), P (pupa), A (adult), V (vol, dispersió), O (oviposició).

[Fotos: gala de Michel Renou (<https://www.naturalista.mx/taxa/357839-Dryocosmus-kuriphilus>), L1 de G. Bosio, Servizio Fitosanitario Regione Piemonte, Torino (IT) (EPPO Gallery. <http://photos.eppo.org/index.php/image/2435-drycku-07/images/383-dryocosmus-kuriphilus-drycku>), L2 de Kahraman İpekdağ (<https://gd.eppo.int/taxon/DRYCKU/photos>), L3 de <http://www.eppo.org>, adult ovipositant de Guido Bissanti (<https://antropocene.it/es/2020/06/18/dryocosmus-kuriphilus/>)]

Les larves (L2-L3) s'alimenten durant un període de 20-30 dies fins que, coincidint amb el moment de la floració masculina, entre mitjans de maig i mitjans de juliol depenent de la localitat (latitud, altitud, exposició) i la precocitat varietal de castanyer, formen la pupa, de coloració fosca. La pupació dura uns 15 dies. Al cap d'aquest període, entre finals de maig fins a finals d'agost, però principalment entre juny i juliol, emergeixen els adults i viuen uns 10 dies, durant els quals té lloc la nova posta d'ous que tanca el cicle.

Des de que les larves hivernants comencen a formar les gales fins que d'elles emergeixen els adults passen entre 30-70 dies. L'emergència es pot perllongar entre 1-2 mesos en funció de les condicions de la zona i l'any.

Tant els ous com els primers estadis larvaris que es troben a l'interior dels borrons són força difícils de detectar per inspecció ocular. En canvi, l'aparició de les gales en l'arbre constitueix el símptoma més característic i fàcil d'observar de la plaga. Cada gala consisteix en un característic inflament dels teixits vegetals d'entre 5-40 mm de diàmetre, de color verd a vermellós, solent localitzar-se en branquillons joves, brots florals, pecíols y nervi central de les fulles (Fig. 13 esquerra). Després de l'emergència dels adults, les gales queden seques i adherides a l'arbre per un llarg període, de fins a dos anys (Fig. 13 dreta).



Fig. 13. Gales primaverals (esquerra) i gales post-hivernals (dreta).

Dryocosmus kuriphilus pot dispersar-se de forma natural mitjançant els seus vols i amb l'ajuda del vent (Graziosi & Rieske, 2012) on la direcció de dispersió preferent es correspon amb la dels vents predominants a la zona. Petites brises de 0,5-1,6 km/h indueixen els adults a iniciar el vol amb l'ajut dels corrents. Amb velocitats superiors als 2,6 km/h la seva activitat de vol cessa, però amb vents més forts a partir dels 7,7 km/h, els insectes són literalment arrossegats dels arbres (EFSA, 2010; MAPA 2020). Al seu torn, s'ha detectat transport passiu d'adults a vehicles, a més del què es pugui produir mitjançant moviment comercial de material vegetal de castanyer infestat (Quacchia *et al.*, 2008; Gilioli *et al.*, 2013). El fet que es pugui fundar una població a partir d'un sol individu, junt amb la seva gran capacitat reproductiva, provoca una dispersió molt ràpida de les infestacions.

Avui és sabut que l'alta fecunditat que comporta la reproducció partenogenètica del cinípid i l'insuficient control sobre la circulació de material vegetal infestat, unit als retards a l'hora d'implementar protocols de detecció precoç per comprovar la presència de l'organisme a nivell de borrons hivernals, han estat, entre altres, els factors que més han contribuït a la ràpida expansió d'aquesta plaga a Europa.

1.8. Control de les poblacions

El conjunt de factors biòtics i abiòtics que mantenen regulades totes les poblacions animals i vegetals constitueixen el 'control natural', el qual és el responsable de l'equilibri natural (Madrigal, 2001). Aquests factors poden dividir-se en factors depenent de la densitat, els quals poden ser físics (temperatura, humitat relativa, pH del sòl, velocitat del moviment de l'aire, etc.) o biològics (adaptació a l'hoste, qualitat i disponibilitat d'aliment, etc.) i factors independents de la densitat, que poden ser no recíprocs (espai,

alguns aliments, competència territorial, etc.) o recíprocs (parasitoides, predadors, patògens, herbívors, algunes fonts d'alimentació, superpoblació, etc.) (Van den Bosch *et al.*, 1982).

Podem definir el **control biològic** com l'acció de parasitoides, predadors o patògens per mantenir la densitat de població d'un altre organisme a una mitjana més baixa que la que existiria a la seva absència (De Bach, 1981). Essencialment, donat que la diferència entre control biològic i control natural radica en la intervenció o no de l'home, podria definir-se el control biològic com el maneig per l'home d'aquells factors biòtics de mortalitat per reduir o mantenir per sota del nivell econòmic de dany les poblacions d'un organisme danyí. Entre aquests agents de control biològics destaquen especialment els parasitoides (insectes que es desenvolupen a expenses d'un altre anomenat hoste, a dintre (endoparasitoide) o a sobre d'ell (exoparasitoide), els quals sempre causen la mort de l'hoste). Un parasitoide requereix d'un sol individu de l'insecte hoste però inclús varis parasitoides poden créixer sobre un sol hoste (Askew, 1971). Els parasitoides són paràsits protèlics (que els seus estadis immadurs són parasítics) que ataquen artròpodes (ous, larves, pupes, nimfes, adults, o múltiples combinacions de les anteriors). La complexitat de la interdependència tròfica dóna lloc als conceptes de parasitoide primari: el que parasita a un artròpode, parasitoide secundari: el que parasita a un parasitoide primari, parasitoide terciari: el que parasita a un parasitoide secundari, i seguint aquesta pauta amb les successives combinacions possibles. Els hiperparasitoides agrupen els parasitoides secundaris, terciaris, etc.

Entre els insectes que poden exercir el **control biològic natural** de *D. kuriphilus* existeixen diferents parasitoides. En el nostre cas, els parasitoides que ataquen les larves i pupes de la vespeta a l'interior de les seves gales, els trobem entre els himenòpters calcidoïdeus. Aquests, segons s'ha pogut observar des del moment de la introducció de la plaga a Europa, són en la seva majoria espècies autòctones que parasiten cinípid de gales dels roures, que per reclutament esdevenen controladors naturals per a aquest nou cinípid del castanyer (veure apartat 'Fauna de les gales'). A Europa, fins avui, han estat citades un total de 45 espècies, de les quals 41 ataquen també gales de roures (Aebi *et al.*, 2007; Matošević & Melika, 2013; Panzavolta *et al.*, 2013, 2018; Quacchia *et al.*, 2013; Szabo *et al.*, 2014; Francati *et al.*, 2015; Kos *et al.*, 2015; Jara-Chiquito, *et al.*, 2016, 2020; Pérez-Otero *et al.*, 2017; Dorado *et al.*, 2020; Jennings & Askew, 2020; Soares Cardoso, 2020; Gil-Tapetado *et al.*, 2021; Muru *et al.*, 2021; entre d'altres). Any rere any el nombre d'espècies de parasitoides ha anat augmentant paulatinament i, si tenim en compte que el total de parasitoides descrits a Europa en gales de roures és de 101 (Askew *et al.*, 2013; Noyes, 2019), és possible que hi hagi altres espècies més que siguin capaces d'atacar gales de *D. kuriphilus*.

El **control biològic clàssic** es fonamenta en el fet que un organisme exòtic danyí, intencional o accidentalment introduït a un país o regió on no existia, normalment arriba sense els enemics naturals que el mantien regulat a la seva regió d'origen i per tant si les condicions ambientals i les fonts d'aliment que troba als seus nous hàbitats li resulten acceptables, podrà incrementar explosivament les seves poblacions i constituir-se en una plaga més o menys limitant segons la importància econòmica de les fonts d'aliment que aquell organisme que ataca (Madrigal, 2001). Així, es pot definir el control biològic clàssic com a la forma de control biològic aplicat que comprèn el descobriment, importació i establiment d'enemics originaris amb el fi de regular la població d'una plaga

introduïda en una regió determinada (De Bach & Rossen, 1991). Llavors el què es pretén, després de conèixer el lloc d'origen de la plaga, és fer una cerca exhaustiva dels seus enemics naturals a aquella seva regió originària, avaluar el seu potencial biològic i ecològic i introduir algú d'ells a les regions colonitzades per l'insecte plaga, pel seu control.

En la implementació d'aquests programes de control biològic clàssic, que implica investigació bàsica, revisions de literatura, exploracions a diferents països, introducció d'organismes que no existeixen en el país i alts costos econòmics, són molts els aspectes que és necessari analitzar per incrementar les probabilitats d'èxit i minimitzar els riscos que pugui implicar això. Aquest tipus de control només es justifica quan la cerca d'enemics originaris naturals nadius de la regió on la plaga introduïda està causant el problema no ha estat exitosa i els demés tractaments de control disponibles han estat ineficients o inviables (Waage & Mills, 1992).

El **control químic** no és aconsellable per dues raons, la primera és que en ser una espècie on la forma larvària es troba protegida dins dels teixits vegetals, els productes químics tòxics haurien d'entrar dins d'aquests teixits, la qual cosa sempre és difícil i podria comprometre al qualitat dels fruits pel consum humà (EFSA, 2010); i la segona és que només seria factible utilitzar el control químic quan la vespeta és adulta, però aleshores podríem danyar també la fauna nativa (Aebi *et al.* 2007). A més, la concurrència fenològica de la floració amb un vol dels adults desaconsella també l'ús d'insecticides per tal de protegir les abelles i altres pol·linitzadors, i la pròpia emergència dels parasitoides autòctons que també parcialment es solapa amb l'emergència dels cinípid adults (Aebi *et al.*, 2011).

Finalment, també en el cas dels castanyers per a producció fustera, la pròpia alçària dels peus amb capçades mai situades a menys de 6 m, els elevats pendents on es situen usualment les perxades dificultarien enormement les maniobres dels operaris. Per altre banda, no hi ha tractaments químics autoritzats pel seu ús com a insecticides compatibles amb la conservació de la biodiversitat en masses forestals autòctones (DOUE, 2009; Directiva 2009/128/CE).

L'estudi de **varietats resistents** o híbrids resistents és una altra possibilitat que ha estat valorada. En les varietats resistents el cinípid té dificultats per induir la gala o fins i tot és incapaç d'induir-la. De fet, Dini *et al.* (2012) esmenta que l'híbrid *C. sativa* x *C. crenata*, cultivat al sud de França i anomenat "Bouche de Bétizac", és resistent a la plaga ja que encapsula els ous de *D. kuriphilus* provocant la seva mort, però les seves castanyes no tenen la mateixa qualitat alimentària per la qual cosa els productors de castanyes no contempen aquesta possibilitat de control. És més, qualsevol estratègia pel control genètic de la plaga hauria de considerar les respostes naturals diferencials també entre varietats de castanyer per tal d'afavorir les plantacions de cultivars menys susceptibles que poguessin controlar la plaga amb efectivitat (Panzavolta *et al.*, 2012). A tall d'exemple, han estat descrites com a resistents, per exemple, els cultivars japonesos "Tsukuba", "Tanzawa" i "Ginyose" de *Castanea crenata* Siebold & Zucc. (Park, *et al.*, 1983) i, en aquesta mateixa línia, han estat també desenvolupats uns altres programes de millora genètica per a *Castanea dentata* Marshall (Anagostakis *et al.*, 2009).

Tots aquests estudis presenten un gran inconvenient, el temps; els resultats són a llarg termini, i la substitució de *C. sativa* per varietats resistents implicaria grans pèrdues

econòmiques durant aquest procés de transició. A més, s'hauria de veure, la qual cosa representa més temps encara, quina és la seva adaptabilitat al medi i la qualitat dels seus fruits, en el cas dels productors de castanya, i de la fusta, en el cas dels silvicultors. Així, la utilització de peus de castanyer resistents actualment a Catalunya es limita a contades varietats de les diferents espècies de castanyer, varietats menys susceptibles i plantacions fruïteres amb varietats locals, línies actualment encara en estudi (Aletà & Garcia, 2014; Abel *et al.*, 2021). Per altra banda, no podem desestimar que les varietats resistents a *D. kuriphilus* podrien també ser sensibles a altres malalties com el xancre, per exemple, que és un greu problema en els nostres castanyers i que tractarem a la part final de la introducció.

1.9. *Torymus sinensis* KAMIJO, 1982 (Hym., Torymidae)

El gènere *Torymus* Dalman, 1820 (= *Callimome* Spinola, 1811) ha experimentat molts canvis taxonòmics i nomenclaturals al llarg de la història. Per començar, encara que el nom més antic era *Callimome*, el nom vàlid actual és *Torymus*. Això és degut a que el 1944 el Comitè Internacional de Nomenclatura Zoològica (ICZN, 1944) va establir que *Torymus* havia de tenir la condició de '*nomum protectum*' enfront de *Callimome* ja que en aquell moment *Torymus* era el nom més utilitzat pels taxònoms. D'altra banda, Foerster (1856) va descriure el gènere *Syntomaspis* Foerster, 1856, per a aquelles espècies del gènere *Torymus* que presentaven una sutura mesoscutelar anomenada frenum. Huber (1927) no considerà aquest caràcter com a diagnòstic perquè a la zona Neàrtica la seva identificació era confusa per a algunes espècies, per la qual cosa sinonimitzà el gènere *Syntomaspis* amb *Callimome* Spinola 1811. Per a la fauna Paleàrtica aquest caràcter frenal era indiscutible pels taxònoms europeus, els quals van ser molt reticents a sinonimitzar tots dos gèneres. Grissell (1976), estudiant també la fauna Neàrtica, arriba a la mateixa conclusió que Huber, però van haver de passar uns quants anys més (Grissell 1995) per què fos acceptada finalment la sinonímia entre *Torymus* i *Syntomaspis*. D'aquesta manera, el gènere *Syntomaspis* va ser eliminat com a gènere vàlid, encara que alguns autors van seguir classificant aquestes espècies amb solc frenal sota el nom *Syntomaspis* uns quants anys més; actualment, ningú considera *Syntomaspis* com a vàlid. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae), és precisament una espècie amb solc frenal.

Morfològicament podem definir *T. sinensis* per presentar l'escap antenal de la femella de color marró o groguenc, sense coloració metàl·lica i el funicle antenal amb una filera de sensílies placoïdals (Fig. 14d); en el mascle, l'escap es metàl·lic, els artells del funicle són clarament més llargs que amples i presenten 3-4 fileres de sensílies placoïdals (Fig. 14a); les escrobes antenals són poc profundes i curtes (Fig. 14c); el front és lleugerament més ample que l'alçada d'un ull compost (Fig. 14c); els ocells posteriors estan separats del marge intern de l'ull compost per una distància més gran a la del seu diàmetre (Fig. 14b); el mesoscut presenta una escultura lineal transversa (Fig. 14f); amb solc frenal i amb l'àrea frenal és completament llisa (Fig. 14f); les carenes laterals del propodeu estan ben definides, sense carena mitjana, delimitant una àrea mitjana llisa; les tíbies anteriors i mitjanes presenten un color més fosc o són metàl·liques (Fig. 15); el tercer parell de coxes presenta una carena dorsal (Fig. 14e); l'ovipositor és més curt que la longitud de la resta del cos; i les ales (Figs. 14e & 15) són hialines amb un estigma ni eixamplat ni envoltat d'una infuscació.

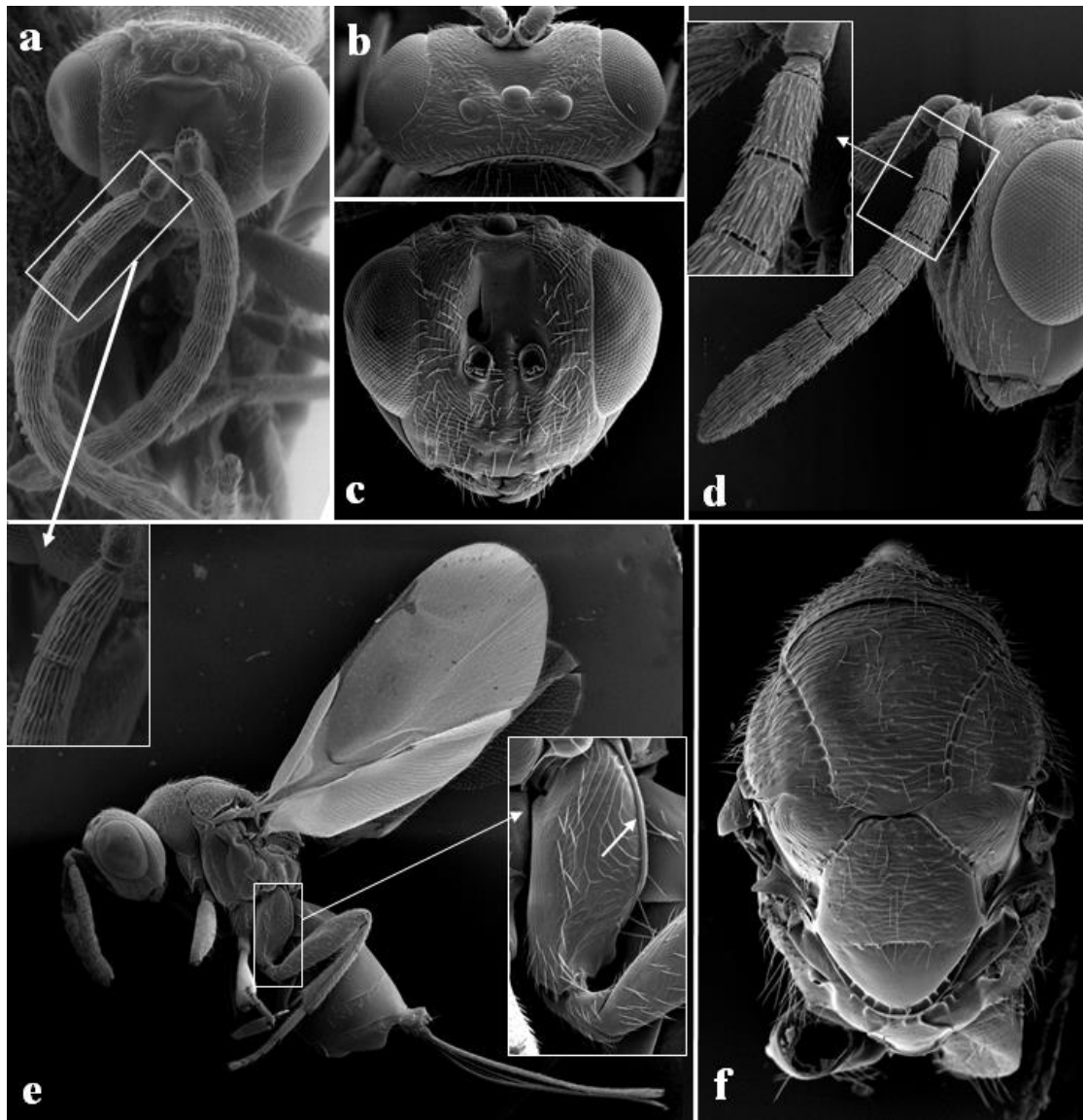


Figura 14. Fotografies SEM de *Torymus sinensis*; (a) cap frontal i antena del mascle incloent detall del F1+F2 (a), (b) cap dorsal de la femella, (c) cap frenal de la femella, (d) cap lateral i antena de la femella incloent detall del F1+F2, (e) hàbitus de la femella i detall de la tercera coxa indicant la carena dorsal, (f) mesoscut dorsal.



Figura 15. Exemples adults de *Torymus sinensis*: mascle (esquerra) i femella (dreta)

La lluita biològica clàssica ja disposava d'experiència sobre la utilització contra la vespeta del castanyer d'un enemic originari de la seva mateixa regió d'origen a la Xina. Es tracta de *Torymus sinensis*, un parasitoide (Fig. 15) també exòtic que ataca específicament *D. kuriphilus* en la seva zona d'origen, el qual va ser emprat amb relatiu èxit com a agent de control biològic clàssic al Japó i als Estats Units. La causa primordial per la qual es va obrir la porta a la seva introducció controlada a aquests països es fonamentava en les característiques del seu cycle biològic, que impliquen un acoblament amb la vespeta com a hoste diana (també és univoltí) i una perfecta sincronització amb la fenologia d'aquesta (Moriya *et al.*, 2003).

Torymus sinensis s'ha utilitzat a Europa, on els primers alliberaments van tenir lloc a Itàlia en 2005 (Quacchia *et al.*, 2008; Gibbs *et al.*, 2011) enregistrant-se en pocs anys reduccions a nivells d'infestació de les poblacions de *D. kuriphilus* inferiors al 30% (Matošević *et al.*, 2015), fet que animà països veïns com, entre altres, França (Borowiec *et al.*, 2014), Hongria (Szabo, *et al.* 2014), Croàcia (Matošević *et al.* 2014) i Eslovènia (Matošević *et al.*, 2015) a prendre també aquesta mateixa iniciativa. També han estat realitzats alliberaments a la península Ibèrica, especialment a Galícia i Portugal (Pérez-Otero *et al.* 2017). No així a Catalunya, on no ha estat autoritzat cap alliberament del parasitoide exòtic per part de l'administració de la Generalitat fins a la data.

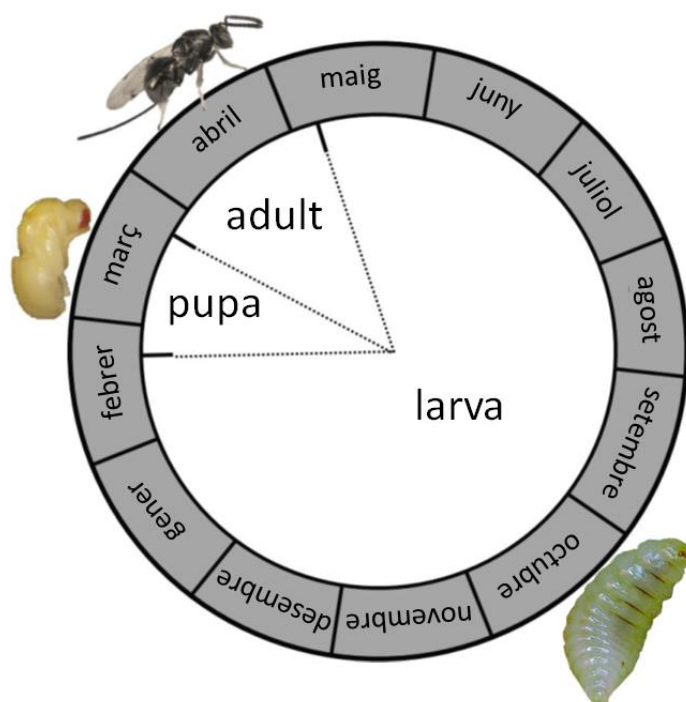


Figura 16. Cicle biològic de *T. sinensis* modificat a partir de Colombari & Ipekdal (2016).
[Foto L3 de Szilvia Orosz].

Torymus sinensis és un parasitoide univoltí (Fig. 16), haplodiploide; els seus ous fèrtils produeixen femelles diploides en tant que els no fertilitzats desenvolupen mascles haploides. En la seva zona oriünda ataca exclusivament larves de *Dryocosmus kuriphilus*, emergint els adults a principis de primavera just quan les gales de *D. kuriphilus* estan en el període de formació (Fig. 17); en el laboratori l'emergència es produeix mesos abans que a la natura (*obs. pers.*). La femella fa la posta sobre gales noves en formació de *D.*

kuriphilus. Segons Gil-Tapetado *et al.* (2021) aquest parasitisme primerenc fa que *T. sinensis* tingui un major èxit en la parasitació ja que en atacar gales de *D. kuriphilus* encara petites el gruix de la paret de la gala no impedeix de cap manera l'entrada de l'ovipositor a la cambra larval. A l'estiu, la larva atura la seva alimentació, no pupant fins a l'hivern i emergint l'adult a la primavera següent (Fig. 16) rosegant els teixits lignificats de la gala seca per un canal de sortida. Un reduït percentatge de les pupes entrarà en una diàpauza perllongada durant un any més per emergir a la primavera del posterior segon any (Quacchia *et al.*, 2014).

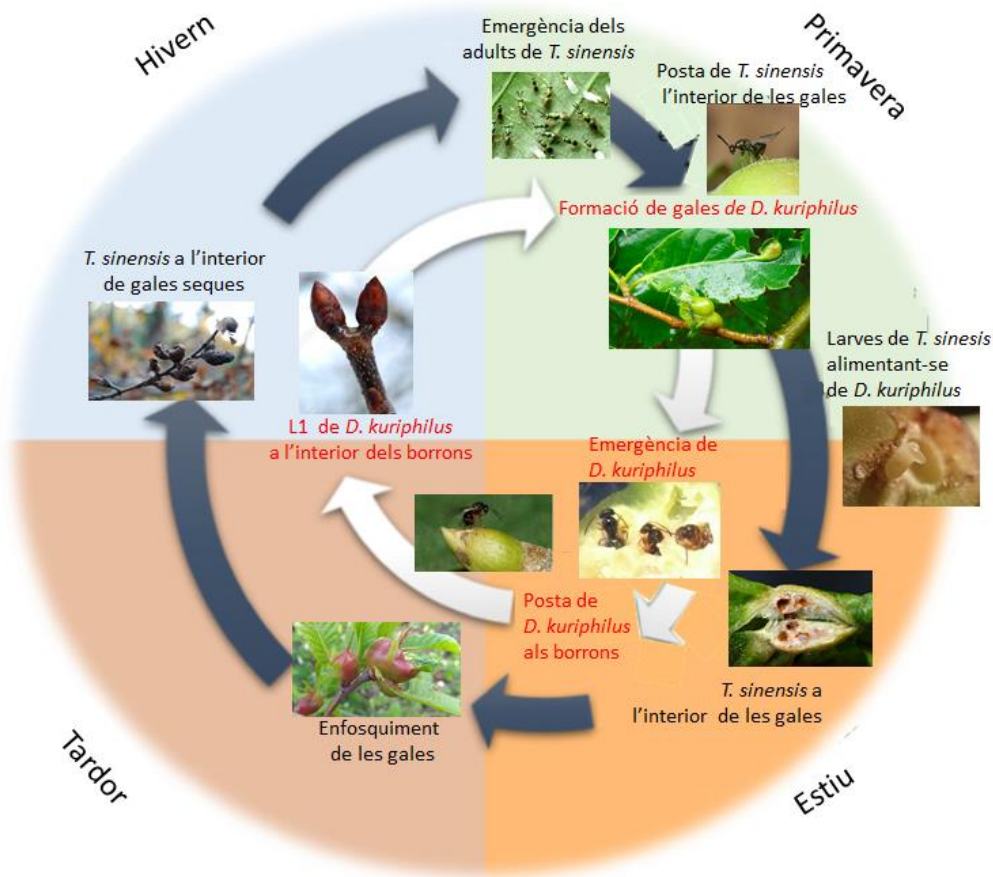


Figura 17. Cicles biològics de *D. kuriphilus* i *T. sinensis* modificat a partir Balsa *et al.* (2021).

[Fotos: emergència *T. sinensis* de <https://www.sietediasmarbella.com/costa-del-sol/articulo/798/suelta-experimental-del-torymus-sinensis-para-combatir-la-avispa-del-castano-en-la-sierra-de-las-nieves.html>, *T. sinensis* ovipositant de https://ileon.eldiario.es/actualidad/el_bierzo/117452/cuarto-ano-de-sueltas-del-parasitoide-torymus-sinensis-contra-la-avispa-del-castano-en-la-comarca-del-bierzo, parasitisme larvari de https://www.google.cat/search?q=Torymus+sinensis+larva&gs_lcp=CgNpbWcQAzoECAAQEzoGCAAQHhATOggIABAFEB4QEzoECAAQHj oGCAAQBRAeUOgGWMAPYLkhaABwAHgBgAHSAYgBhweSAQUwLjYuMZgBAKABAAoBC2d3cy13aXotaW1nwAEB&scl ient=img&ei=wm2CYpKYCsbAa4bXnWg&bih=899&biw=1920#imgrc=TQD_mhViYM_GNM, *T. sinensis* a l'interior de gales de [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parasito%C3%AFd_of_Dryocosmus_kuriphilus_\(31765898760\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parasito%C3%AFd_of_Dryocosmus_kuriphilus_(31765898760).jpg), gales enfosquides de [https://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/Dryocosmus-kuriphilus-\(agallas\)-img878846.html](https://www.biodiversidadvirtual.org/insectarium/Dryocosmus-kuriphilus-(agallas)-img878846.html), borrons de *Castanea sativa* de https://3.bp.blogspot.com/_Ne3bhx2j74s/Sxlq9WRWbCI/AAAAAAABpY/TV0RZPMX0XE/s1600-h/sweet+chestnut+budsIMGP1885_edited-1.jpg, gales joves de https://ornitologiadesdelaventana.files.wordpress.com/2017/06/2017616_agalla_castac3b1o_belate8t_03.jpg, emergència de *D. kuriphilus* de <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/organismos-nocivos/Dryocosmus-kuriphilus/>]

Torymus sinensis mostra una alta capacitat d'expansió, propagant-se a distàncies curtes mitjançant vol actiu i a distàncies llargues amb ajuda del vent, sent capaç de cobrir en conseqüència entre 8 fins a uns 70 km anuals (Colombari & Battisti, 2015; Nieves-Aldrey *et al.*, 2019). Un cop deixat anar, aquest organisme no només ocupa l'àrea on s'allibera sinó que es dispersa, consolidant-se a àrees noves, degut a aquesta seva alta mobilitat. Així ha succeït a diversos països com Suïssa (Aebi *et al.*, 2011), Bòsnia i Hercegovina (Matošević *et al.*, 2017) i Anglaterra (Bartlett, 2016), on ha estat citada l'aparició de *T. sinensis* sense que s'haguessin fet, in situ, alliberaments previs. L'any 2016 es va detectar aquest parasitoide exòtic a les comarques de La Garrotxa (Can Jordà), El Gironès (Sant Miquel de Celrà) i La Selva (Coll de Sant Marçal) provinent dels alliberaments fets a França (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018).

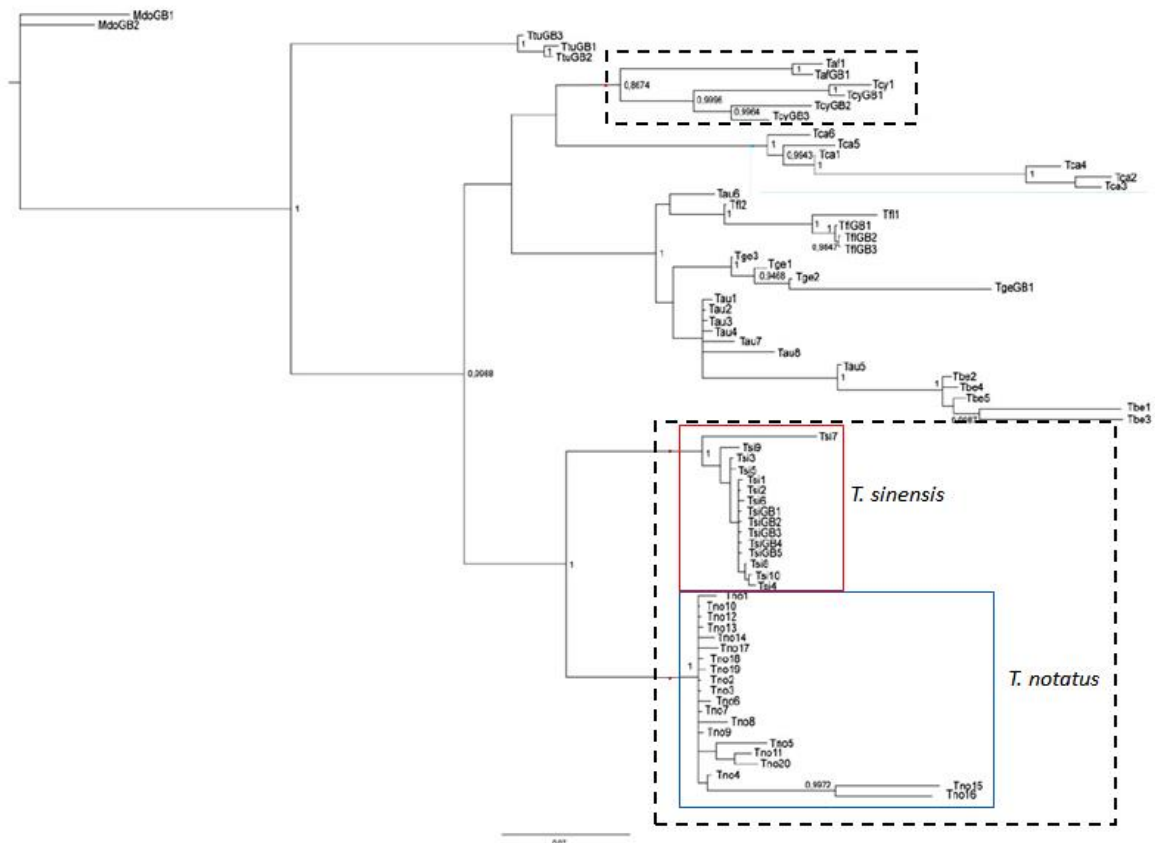


Figura 18. Resultats de les anàlisi moleculars de les espècies de *Torymus* realitzades mitjançant Inferència Bayesiana per els marcadors del citocrom oxidasa I i l'espaiador transcrit intern (ITS), fent servir els models GTR+G+I i SYM+G+I respectivament, establint l'anàlisi a 10 milions de generacions indicant les espècies pertanyents als antics gèneres "*Syntomaspis*" i "*Diomorus*". El suport dels nodes va ser estimat mitjançant probabilitat posterior (s'indiquen els nodes amb valors ≥ 0.80). Les espècies emmarcades amb línies discontinues corresponen al mateix grup morfològic (l'antic *Syntomaspis*) per presentar frenum escutelar. Font: Pogolotti *et al.* (2019).

La introducció voluntària d'un organisme exòtic pel control de una plaga ha de contemplar abans de d'alliberar-lo estudis molt detallats de la seva biologia i comportament ja que qualsevol introducció presenta tres riscos fonamentals: (i) la competència interespecífica amb espècies de parasitoides natives, (ii) l'associació tròfica del parasitoide amb altres espècies natives que no són hoste objectiu, i (iii) la possible hibridació amb espècies natives del mateix gènere. Les moltes presses per intentar controlar la plaga a Europa, segurament afegit a un nou interès econòmic a tenir en

compte com és la producció comercial i venda d'exemplars de *T. sinensis*, ha pogut propiciar que no es tingués cap cura en atendre aquests aspectes (Gavira & Figueroa, 2017). Se sabia que *T. sinensis* era capaç de desplaçar *T. beneficus* Yasumatsu & Kamijo, 1979 al Japó (Yara *et al.*, 2007, 2012), i de desplaçar *Ormyrus labotus* Walker, 1843, als EEUU (Cooper & Rieske, 2011), aleshores era del tot esperable la possibilitat de què pogués desplaçar alguna espècie de *Torymus* a Europa. S'afirmava que degut a ser un parasitoide específic de *D. kuriphilus* sobre *Castanea*, *T. sinensis* no tindria la capacitat de canviar i passar a ser un parasitoide de gales de cinípids en roures, però: (i) les espècies parasitoides dels roures ja han estat capaces d'atacar gales de *D. kuriphilus* al castanyer (Aebi *et al.*, 2007; Matošević & Melika, 2013; Panzavolta *et al.*, 2013, 2018; Quacchia *et al.*, 2013; Szabo *et al.*, 2014; Francati *et al.*, 2015; Kos *et al.*, 2015; Jara-Chiquito, *et al.*, 2016, 2020; Pérez-Otero *et al.*, 2017; Dorado *et al.*, 2020; Jennings & Askew, 2020; Soares Cardoso, 2020; Gil-Tapetado *et al.*, 2021; Muru *et al.*, 2021) i (ii) en poc temps a Itàlia es va trobar aquesta espècie exòtica en gales dels roures (Ferracini *et al.*, 2015, 2018). Finalment se sabia que *T. sinensis* s'havia hibridat al Japó amb *T. beneficus* (Yara, 2014; Yara *et al.*, 2000) i aquí a Europa teníem un candidat perfecte per què succeís també això: *T. notatus*. En efecte, la proximitat filogenètica entre aquestes dues espècies és molt gran (Pogolotti *et al.*, 2019; Fig. 18), i la seva morfologia es molt semblant. Doncs bé, malgrat tots aquests riscos i totes aquestes evidències, la introducció de *T. sinensis* a Europa va ser autoritzada. Els riscos en el nostre ecosistema seran avaluats al llarg de diferents parts d'aquesta memòria.

1.10. *Castanea*: l'hoste de la vespeta del castanyer

El gènere *Castanea* Mill. pertany a la família Fagaceae, aspecte aquest molt important ja que implica una estreta relació amb la distribució mundial dels cinípids i les seves gales (Fig. 19). Les fagàcies estan extensament distribuïdes als boscos temperats del nord del Neàrtic i el Paleàrtic Occidental i Oriental (Manos & Stanford, 2001). Inclou in total de set gèneres (Fig. 19): *Castanea* Mill., *Castanopsis* (D. Don) Spach, *Chrysolepis* Hjelmq., *Fagus* L., *Lithocarpus* Blume, *Quercus* L. i *Trigonobalanus* Forman.

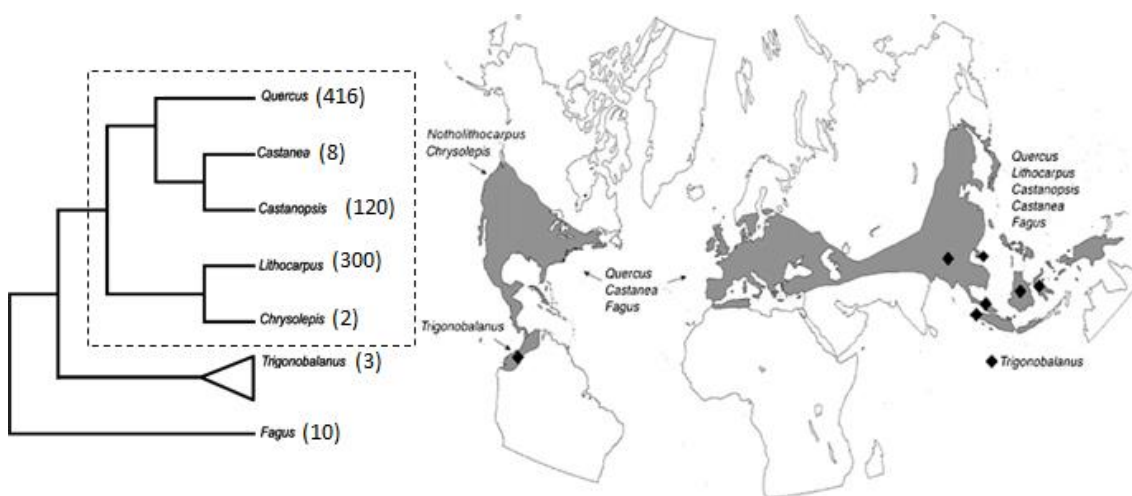


Figura 19. Filogenia dels gèneres i espècies (entre parèntesi) de Fagaceae (modificat a partir de Manos *et al.*, 2008) encerclant els gèneres en els que es troben gales de Cynipini, i la seva distribució (Manos & Stanford, 2001).



Figura 20. Distribució nativa del gènere *Castanea* (segons Lang *et al.*, 2016) amb les principals espècies.

En concret, *Castanea* es distribueix de forma natural per tota la regió paleàrtica occidental, especialment a Europa, així com en algunes regions d'Àsia Oriental i Amèrica del Nord (Mellano *et al.*, 2012). De les vuit espècies del gènere existents aquestes regions temperades de l'hemisferi nord (<https://treesandshrubsonline.org/articles/castanea/>), només *C. sativa* Mill. és present a Europa (Fig. 20).

La resta es reparteix a raó de quatre espècies a Àsia Oriental (*C. crenata* Siebold & Zucc., *C. henryi* (Skan) Rehder & E.H. Wilson, *C. mollissima* Blume, i *C. sequinii* Dode = *C. davidii* Dode) i tres a Amèrica del Nord (*C. dentata* (Marshall) Borkh., *C. pumila* (L.) Mill. var. *pumila* i *C. pumila* var. *ozarkensis* Ashe = *C. ashei* (Sudw.) Sudw. ex Ashe = *C. floridiana* (Sarg.) Ashe. = *C. paucispina* Ashe = *C. alnifolia* Nutt.) tot i que, encara en discussió algunes d'elles així com alguns dels seus sinònims (Lang *et al.*, 2006, 2007). La majoria d'espècies de castanyers són arbres caducifolis de grans dimensions, de 20 a 40 metres d'alçària, però també trobem alguns exemples que són de port arbustiu com ara *C. sequinii* i *C. pumila* (Fig. 20).

1.11. L'hoste europeu: *Castanea sativa* MILL.

L'espècie europea, *Castanea sativa* Mill., presenta actualment un àrea natural de distribució (Fig. 21) que comprèn a grans trets les regions atlàntica oriental, mediterrània central i septentrional, centreeuropea, diverses localitzacions als Balcans, Anatòlia arribant fins al Caucas i alguna altra localització aïllada al nord d'Àfrica (Ruiz de la Torre, 2006; Vannacci & Bellini, 2010). Amb una longevitat entorn als cinc-cents anys acostuma a tenir un tronc buit en la vellesa (Fig. 22), que pot passar dels 2 metres de diàmetre (Ruiz de la Torre, 2006).

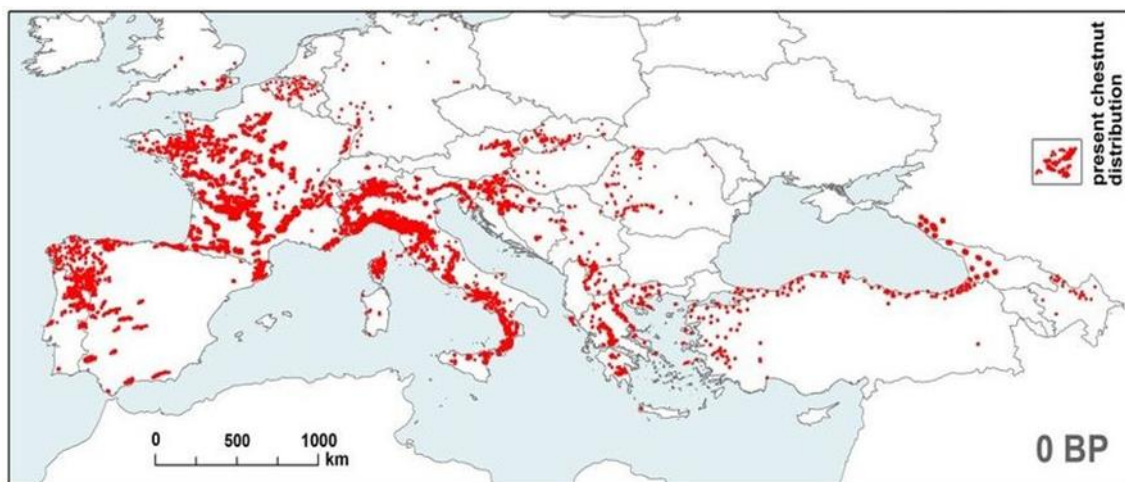


Figura 21. Distribució europea del castanyer *Castanea sativa* Mill. (segons Vannacci & Bellini, 2010).

Malgrat el seu pretès origen caucàsic, introduïda i conreada per l'Imperi Romà durant els segles III i V (Zohary & Hopf, 1988), avui es pot considerar el castanyer com a autòcton a Catalunya ja que estudis paleobotànics moderns el situen al Prepirineu oriental des d'on va poder irradiar després de l'últim període glacial (Krebs *et al.*, 2004). Una visió diferent, també analitzant el pol·len fòssil, ha estat donat recentment per Rocés-Díaz *et al.*, 2018, concloent que les poblacions de *C. sativa* del nord i centre i centre peninsular són autòctones de la península Ibèrica, mentre que les catalanes i de sud peninsular són cultivades i naturalitzades. Sigui quin sigui el seu vertader origen, ha pogut difondre's i asilvestrar-se en ser plantat, ja en períodes històrics, especialment durant les èpoques romana i medieval (Conedera *et al.*, 2004) donat que és un arbre del qual, a més de la fusta, se n'aprofiten els fruits, les castanyes.

Tot i que es poden trobar llocs on el castanyer vegeta en condicions seminatural, actualment les castanyedes catalanes procedeixen majoritàriament de plantació, on el castanyer actua com a arbre forestal dominant a unes 13 000 ha, representant les formacions pures prop de 9 000 ha, mentre que les masses mixtes dominades pel castanyer sumen prop de 4 000 ha (CHC, 2014).

Quant a la seva distribució a Catalunya, segons dades del Mapa Forestal d'Espanya (DGCN, 2001) és l'onzena espècie forestal pel nombre de peus (20,6 milions), concentrats sobretot a les comarques de la Selva i Osona, principalment a les Guillerries, però també hi ha enclavaments importants a la resta de les comarques gironines, especialment a zones de la Garrotxa, l'Albera-Salines i les Gavarres, d'altra banda el trobem a les comarques barcelonines del Vallès Oriental al Montseny i del Maresme al Montnegre i el Corredor i per últim a masses localitzades del Baix Camp a les muntanyes de Prades, on es poden veure castanyedes dedicades a la producció de fruits que recorden força als "soutos" gallecs.

Des de l'òptica del seu tipus d'estació ecològica, les castanyedes ocupen sobretot el domini de l'alzinar muntanyenc (Folch i Guillén, 1986) i acostumen a créixer entre el nivell del mar i els 1200 metres d'altitud, tot i que òptimament es situen entre els 600 i els 1000 metres (Bosch, 2012). Viuen en climes submediterranis, és a dir, més frescos i més plujosos que els de la terra baixa. Aquests arbres requereixen un clima suau amb una humitat adequada pel seu creixement i la producció de les castanyes. Són sensibles a les

fortes sequeres estivals i a les grans gelades hivernals, perjudicant-los les tardanes de primavera i els gebrats precoços de la tardor.

El castanyer és una espècie termòfila, necessita llum o semi-ombra i disponibilitat d'aigua a la tardor. A hàbitats boscosos pot tolerar una ombra lleugera pel què es troba bé en vessants de muntanya una mica frescos però calents durant l'estiu, que és quan es formen els seus fruits. És un arbre silicícola, requereix sòls de reacció àcida mentre que no tolera bé els terrenys calcaris (Ceballos & Ruiz de la Torre, 1997).



Figura 22. *Castanea sativa* Mill. al Parc Natural del Montseny (esquerra) i detalls identificatius (Font: Enciclopèdia lliure, a partir de <https://ca.wikipedia.org/wiki/Castanyer>).

La seva escorça és llisa i d'un marró clar fins als 15-20 anys, després s'enfosqueix i s'esquerda longitudinalment. Les fulles (Fig. 22) apareixen a partir del mes d'abril i són caduques de limbe llarg, 16 a 28 cm de llarg, i 5 a 9 cm d'ample de color més clar al revers i d'un verd més fosc a l'anvers, oblong-lanceolades, simples amb la nervadura pennada, profundament dentades, agudes, glabres i de textura coriàcia (Bolòs, 1993).

Espècie monoica, les seves flors són unisexuals tenint flors masculines i femenines separades dins del mateix arbre (Fig. 22) que apareixen a partir del juny. Les flors masculines, disposades en aments erectes de 10 a 20 cm de llarg a la base de les branques, són de color verd, mentre que quan són madures es tornen grogues. Les flors femenines es troben en petits grups a la base de les masculines. La pol·linització és sobretot anemòfila i en menor mesura entomòfila, autoestèril (Ruiz de la Torre, 2006). A la tardor maduren per produir les castanyes.

El fruit és un aqueni ovoide amb pericarpí dur i llustrós externament i envellutat a l'interior. L'envolta una cúpula espinosa, dita pelló, pelluc, boga o eriçó, d'entre 5 i 11 centímetres de diàmetre que primerament és verda per engroguir amb la maduració, moment en el qual s'obre soltant de 2 a 3-5 castanyes. Cada llavor està recoberta per una pell de color vermellós, brillant per fora i vellut a la part interna. En l'interior trobem la castanya, aquesta està recoberta per una segona pell molt fina, difícil de separar, i que li confereix un cert sabor amarg. L'arbre fructifica en edats joves, a partir dels 5-7 anys. La fructificació és anual, augmentant la producció de fruit fins als 150 anys, quan comença a declinar. Són habituals els fenòmens d'anyada segons els quals la producció varia

d'acord amb les condicions estacionals, coincidint l'abundància amb els anys més càlids on el creixement vegetatiu és reduït i en canvi la floració és més important. També la fructificació resulta poc abundant quan es dona el fenomen anomenat vessament, en el qual plou just en el moment de la floració degut a que l'aigua mulla el pol·len. A partir de que l'arbre té entre els 80 i els 100 anys, la seva escorça es comença a clivellar d'una manera característica i, a mesura que l'arbre es fa gran, la fusta es va degradant i descomponent, buidant-se típicament de mica en mica per dins del tronc (Berrocal *et al.*, 1998; Vericat *et al.*, 2012).

Quant als seus usos, el castanyer és àmpliament cultivat pels fruits comestibles, les castanyes. La castanya ha estat un recurs alimentari de primeríssim ordre a molts llocs, en el passat es consumien durant tot l'any, però el progrés, la introducció de nous cultius i el canvi d'hàbits alimentaris han fet minvar el seu protagonisme. També la seva fusta és utilitzada com a recurs per fabricar mobles, tutors per a plantes, bigues per a decoració i construcció, barrils i tanques, rampugolls i garfis per la pesca de la tonyina, etc., a més de pals de barramenta i llenyes. Finalment, el nèctar de les flors femenines se n'obté la mel del castanyer amb diversos usos medicinals (Font i Quer, 2016).

1.12. Silvicultura del castanyer

En funció de la seva estructura i gestió, trobem bàsicament tres tipus de boscos de castanyer a Catalunya: la perxada, el castanyer de fruit i els boscos mixtos (Vericat *et al.*, 2012).

La **perxada de castanyer** (Fig. 23a-b) és la forma més freqüent al nostre territori i té com a objectiu principal la producció de fusta de serra (Fig. 23d). Sovint es tracta d'una castanyeda pura que dóna un producte molt homogeni i de regulars dimensions. Es troba conformada per peus de rebrot que es tallen arreu, amb torns de 17-22 anys, temps en el qual usualment s'arriba als 25 cm de classe diametral, i es tallen tots alhora (Fig. 23b) originant-se un bosc coetani i d'aspecte molt dens, anomenat bosc menut o de rebrot. Al llarg del seu torn de tallada, es realitzen diferents treballs de millora amb selecció de tanys i aclarides per rotació i amb els què es va disminuint el nombre de peus de rebrot en les diferents intervencions (Ribot & Mataró, 1984; Alemany, 1994; Vericat, *et al.*, 2012). La seva gestió i explotació està definida per la densitat de soques existents, el nombre de peus que es deixen per sota al llarg del torn i l'edat de tallada. Finalment, el bosc resultant té un aspecte més semblant a una plantació d'arbres que no pas a un bosc natural, ja que la composició del sotabosc és força pobre per l'elevada intercepció de la llum del sol per part de les capçades. En l'àmbit de la propietat forestal i els instruments de planificació i millora, és habitual que els propietaris forestals que tenen perxades de castanyer mantinguin diferents rodals amb classes d'edat esgraonades. D'aquesta manera poden oferir al mercat fusta de castanyer més sostingudament i també tenir uns ingressos repartits al llarg del temps. Una variant de les perxades són les bagues, castanyedes de rebrot molt denses (sovint més de 2500 soques/ha) que es tallarien cada 4-6 anys per fer barramenta (Fig. 23c), és a dir, puntals d'entre 2-6 metres de llarg, i també rodells i bastons que es feien servir tradicionalment com a reforç en la fabricació de bótes i caixes. Modernament, la barramenta de castanyer té el seu fort principal en l'elevada durabilitat a la intempèrie que la fusta té de manera natural, sobretot quan amb la gestió s'ha afavorit un alt contingut en tanins allargant els torns amb més densitat de peus. Amb tractaments

propiciats per la tecnologia d'avui dia trobem un productes amb mercat actual i amb un important potencial, com per exemple els pals de RTI (Roll Tornejat Impregnat) amb preus de mercat situats entre els 45 i els 90 euros per tona (Anònim, 2022), amb usos immillorables per a suports i tutors a conreus de vinya i fruiters, tanques i palissades i per la construcció. No obstant, manca encara una decidida promoció del producte per fer-lo prevaldre davant d'altres substitutius. D'altra banda, moltes de les perxades actuals es troben en condicions ecològiques inadequades per la producció de fusta. Si a això li sumem l'efecte conjunt de l'envelliment de les soques després de nombroses rotacions, les variacions ambientals de les darreres dècades, i les pèrdues ocasionades pels perjudicis de la malaltia del xancre i els danys per la vespeta del castanyer, cal assumir que les perxades de castanyer amb un objectiu de producció de fusta arribaran a la situació de no resultar viables ni ecològicament ni econòmicament en moltes de les localitzacions on actualment són presents a Catalunya.

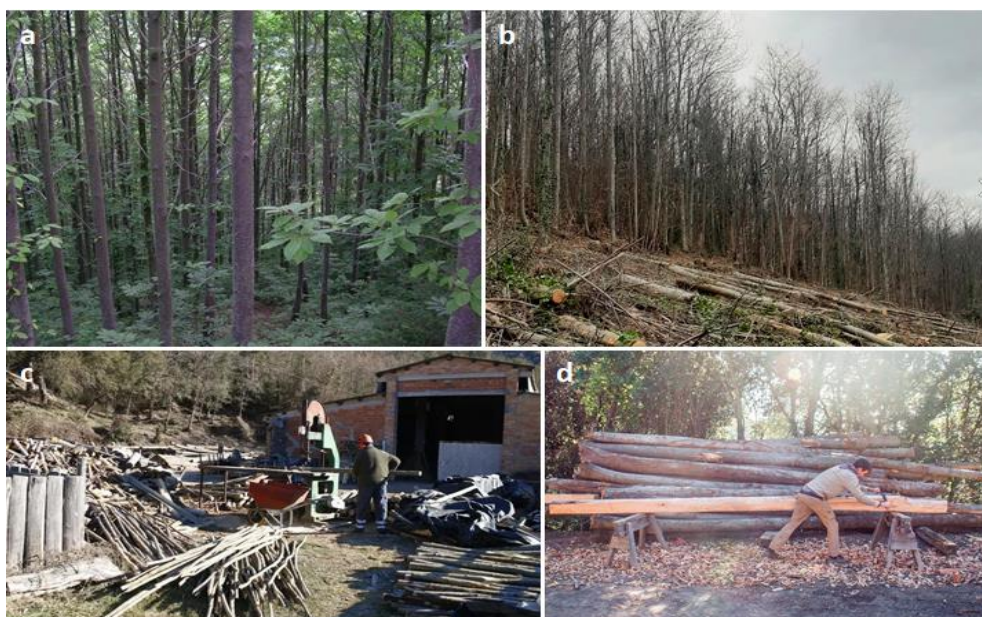


Figura 23. Perxada de castanyer: (a) aspecte primaveral, (b) aspecte hivernal, amb una tallada arreu en marxa, (c) barramenta, (d) fusta de serra.

[Fonts: (a) Vericat *et al.* (2012), (b) <https://www.facebook.com/pg/PForestals/posts/>, (c) <https://www.ccma.cat/324/treballar-la-fusta-de-castanyer-de-forma-artesanal-al-montseny-una-alternativa-de-negoci-durant-la-pandemia/noticia/3142481/>, (d) <https://www.fustaeco.cat/es/proyectos-fustaeco/vigas-artesanas-de-madera/>]

La **castanyeda de fruit** (Fig. 24a), representa una formació amb un altre tipus de gestió que té com a objectiu la producció del fruit de la castanya. Aquest aprofitament tradicional i molt minoritari, només el trobem representat al Montseny, especialment al terme municipal de Viladrau, i a Prades, particularment a la zona de Capafonts, i dóna lloc a una coberta arbòria esparsa conformada per pocs arbres de grans dimensions i grans capçades. El seu origen el trobaríem a plantacions centenàries amb una densitat d'uns 40-80 peus/ha que antigament es van empeltar amb varietats seleccionades per la producció de castanya. El fruit es destinava tant a l'alimentació humana com pel bestiar. Actualment, la majoria de castanyedes de fruit estan abandonades a causa de l'elevat cost del seu aprofitament i a la competència per la importació de castanya de Ponferrada, Galícia i Portugal a preus inferiors. D'altra banda, durant els darrers anys s'estan fent esforços per part d'entitats i administracions per recuperar els valors naturals i productius d'aquests singulars boscos (Bosch, 2012; Aletà & Garcia, 2014; Abel *et al.*, 2021). Des del prisma silvícola, l'opció de conversió de perxades a masses productores de fruit és

factible a qualsevol perxada de mitjana o baixa qualitat d'estació. Però esdevé una opció singularment interessant a l'hora de recuperar arbredes o plantacions emblemàtiques com podem citar al Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny (Abel *et al.*, 2021) o a la serra de Prades. Un cop assolida la conversió, es requereix una gestió mínima, es manté el valor ecològic de les castanyedes i s'afavoreix un progressiu enriquiment en espècies, a més d'aconseguir-se d'aquesta manera masses d'alta diversitat, estabilitat i valor econòmic.

El **bosc mixt de castanyers** (Fig. 24b-c) provindria d'antigues plantacions que han entrat en fase de substitució natural per altres espècies forestals climatòfiles dominants que van recuperant l'espai perdut. Normalment, constitueixen boscos de castanyer en barreja que estan fora de la seva qualitat d'estació òptima en ser originalment plantats en llocs poc idonis i que, afectats per les diverses malalties i plagues i provocada la mort d'alguns individus i ha permès la recolonització de les altres espècies arbòries. Així, el bosc mixt més habitual està format per castanyer i alzina, alzina surera, faig, roures (martinenc, africà, de fulla gran, de fulla petita, reboll) i/o altres planifolis (freixes, bedolls, blades, trèmols, etc.). en major o menor mesura de barreja. Una altra modalitat és la de boscos mixtos amb coníferes procedents de reforestació amb l'objectiu de fer a curt termini el canvi d'espècie cap a pi marítim, pi insigne o bé pseudotsuga. Aquestes reforestacions es realitzen després de tallar arreu el castanyer que, eventualment torna a rebrotar de soca, fent que amb el temps coexisteixi un estrat de bosc alt de coníferes amb un subpis de bosc menut format pels rebrots de les soques preexistents de castanyer (Berrocal *et al.*, 1998).



Figura 24. (a) Castanyeda de fruit, (b) bosc mixt de castanyers, (c) bosc mixt de castanyer i faig.
[Fonts: (a) <https://castaneasativa.es/>, (b) Tusell *et al.* (2021), (c) <https://amiccarbres.blogspot.com/2005/11/de-castanyes-i-de-castanyers.html>]

El **canvi d'espècie** com a itinerari silvícola és una opció de gestió que s'està proposant actualment per a una majoria de les masses de castanyer catalanes, atesos els problemes actuals (enfonsament del mercat, afectació del xancre, danys de la vespeta, deficiències de qualitat de la fusta pel cor rodat i factors climàtics i de baixa qualitat d'estació ecològica, entre altres). Aquest canvi d'espècie es pot assolir gradualment, tot afavorint

la regeneració d'altres espècies de frondoses ja presents que puguin ser d'interès (alzina, suro, cirerer, freixe, etc.), mentre es gestiona la castanyeda residual per la producció de barramenta un o dos tornos de rotació més. En cas contrari, el canvi d'espècie es pot abordar de manera ràpida mitjançant la tallada arreu i subsegüent reforestació amb una espècie de conífera, preferentment des del vessant productiu, amb pseudotsuga o pi insignis, donat que aquesta substitució d'espècie suposa una forta inversió inicial en la plantació i els primers tractaments silvícoles.

En resum, els principals objectius silvícoles que es poden plantejar pels nostres boscos de castanyer són la producció de fusta de serra o bé de barramenta, la producció de fruit o el canvi d'espècie forestal. Fa uns anys es va publicar el manual de models de gestió del castanyer, dins la sèrie ORGEST (Beltrán *et al.*, 2013), on es proposaven un seguit de models de gestió ajustats a les condicions catalanes segons les qualitats de les estacions forestals, és a dir, segons els factors ecològics abiòtics que caracteritzen un lloc, en relació amb l'adaptació a ell de les espècies forestals. Per tal d'adequar l'objectiu de la gestió a l'aptitud productiva, en aquell manual ja es proposà dirigir la producció de fusta de serra a les qualitats d'estació altes, la producció de barramenta a qualitats mitjanes, la producció de fruit a qualsevol tipus de qualitat d'estació, essent en el cas de qualitats baixes la substitució de l'espècie forestal principal l'únic objectiu raonable pel retorn econòmic de la producció.

A dia d'avui, els diversos problemes sanitaris i econòmics fan que a moltes castanyedes s'hagin deixat de realitzar els treballs de gestió característics dels tres tipus de bosc de castanyer descrits. Aquest abandonament és palès sobretot a les zones de menor qualitat d'estació, on els castanyers presenten un menor creixement i són més sensibles a les sequeres estivals. Als boscos de castanyer abandonats, apareixen gradualment moltes altres espècies arbòries afins a l'estació, que presumiblement hi eren presents ja abans de la implantació de la castanyeda, perxada o бага. Tanmateix, la manca de tractaments silvícoles provoca una menor vitalitat dels peus de castanyer, de manera que, en conjunt, aquests boscos presenten un aspecte més heterogeni, amb una estructura clarament irregular i gradualment amb una menor presència de castanyer. Així, l'interès general del sector silvícola a Catalunya, relacionat més amb la producció de fusta que amb l'obtenció de fruit, fa que la presència de la vespeta del castanyer com a plaga forestal tingui més aviat poca importància al territori. Els silvicultors tenen clar un aspecte: si el castanyer no produeix la fusta desitjada per culpa de *D. kuriphilus* (o per culpa del conjunt de diferents malalties que, a més, pateix) es substitueix la massa per una altra espècie forestal que presenti menys problemes. Al llarg del procés de desenvolupament de la tesi, hem vist que seria convenient que els silvicultors catalans fessin una moratòria, es repensessin durant uns anys el portar a execució la substitució de castanyers i que es fes pedagogia des del Departament d'Acció Climàtica i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya.

1.13. Problemes fitosanitaris del castanyer

En els darrers temps, el castanyer, ha vingut a retrocedir significativament la seva presència al nostre territori, degut en gran part a la terrible malaltia del xancre, que posat en risc la supervivència de molts castanyers a Catalunya tot donant un fortíssim cop a la seva vitalitat i facultat de rebrotar de soca. Per si no fos poc, s'afegeix ara la nova i perillosa plaga de la vespeta del castanyer, que l'està posant no ja en risc sinó en escacs i

mat, si no es pren cap mesura pel seu control. Però parem atenció un moment als conceptes generals de sanitat forestal que defineixen el conjunt d'afeccions que ens podem trobar a camp, a fi de disposar d'una visió nítida de la variada simptomatologia i facultar així de suficiència en el nostre criteri de diagnosi, tenint en compte l'estudi de la gala.

Les afeccions sanitàries forestals són, en general, la conseqüència d'un desequilibri en aquell conjunt de factors naturals adversos que provoquen danys patològics als arbres amb repercussions ecològiques, econòmiques i, fins i tot, socials. Les causes realment determinants d'aquestes patologies poden ser de dues classes: abiòtiques i biòtiques.

Entre les primeres figuren les malalties produïdes per la falta o l'excés d'aigua, les motivades pel fred i la calor, les causades per la falta o l'excés de determinades sals del sòl, les originades per les substàncies tòxiques de l'atmosfera i les que deuen de ser atribuïdes als danys atmosfèrics i mecànics.

Les causes biòtiques són les que depenen de l'acció d'organismes vius tals com virus, bacteris, protists, fongs i algunes fanerògames paràsites. Aquí cal exceptuar l'acció dels animals, particularment dels artròpodes, ja que la seva acció entraria dins del concepte de plaga i no de malaltia. Així, les afectacions fitosanitàries als arbres degudes a l'explosió demogràfica d'una determinada població animal donarien lloc a les plagues forestals, dintre les quals, en especial les causades pels insectes, serien objecte d'estudi al camp de l'Entomologia Forestal. En canvi, tota la resta d'afeccions i fisiopaties que hem esmentat que alteren negativament el normal funcionament dels arbres, originarien les malalties forestals, les quals s'estudiarien a l'àmbit de la Patologia Forestal.

Conseqüentment, podem classificar els danys biòtics en malalties i plagues. **Malaltia forestal** seria tota anomalia en el desenvolupament normal de l'arbre per la qual, en tot o en alguna de les seves parts, es veu amenaçada en la seva existència o en el seu normal funcionament i es manifesta mitjançant qualsevol alteració de la seva fisiologia i estructura amb producció de símptomes visibles, i amb perjudici de la seva qualitat i valor econòmic (Torres, J., 1981). **Plaga forestal**, en canvi, pren un concepte més antropocèntric ja que s'associa usualment a una gran abundància poblacional d'insectes que destrueixen una massa forestal. Dintre de la noció hauria d'incloure's també altres artròpodes no hexàpodes (àcars), alguns invertebrats no artròpodes (nematodes, gastròpodes) i determinats vertebrats (aus i rosegadors); devent excloure's, no obstant, els microorganismes (virus, bacteris, protists) i els fongs, car ja hem vist que els danys causats per ells són denominats malalties (Selfa & Anento, 1997). Malgrat això, el concepte de plaga no és tan senzill ja que requereix tenir en compte dues variables i la relació entre elles: (i) el potencial biòtic (P), que és la capacitat d'un insecte per multiplicar-se sense que cap factor contrari li impedeixi; aquest potencial depèn d'una sèrie de factors com la taxa de fecunditat, el nombre de generacions de vida i la proporció d'individus de cada sexe; (ii) la resistència del medi (R), que engloba els factors que contribueixen a disminuir la multiplicació de l'insecte; aquests factors són abiòtics o físics i biòtics com nutricionals, fisiològics i les relacions biològiques interespecífiques, en concret, competència, predació i parasitisme; (iii) l'abundància (A) de l'espècie, que ve determinada pel quocient entre les dues variables anteriors ($A=P/R$) (Romanyk & Cadahia, 1992); en condicions normals una població d'insectes viu a expenses d'un arbre sense que el seu nombre arribi a constituir una amenaça per la massa forestal, per tant implica un equilibri biològic entre els factors que componen R; en canvi, quan R

disminueix la relació s'inclina a favor de l'insecte, de manera que es donaran les condicions per l'aparició del fenomen, amb un episodi de plaga (Selfa & Anento, 1997).

1.13.1. Danys abiòtics del castanyer

Els **danys per agents abiòtics** es poden classificar-se en danys per fisiopaties i danys per fenòmens meteorològics. Les **fisiopaties** poden ser: (i) entollaments, quan es tracta d'una asfíxia per excés d'aigua a les arrels; (ii) sequeres, o estrès hídric que fa pujar la pressió osmòtica fins a trencar els vasos amb exsudació de saba; (iii) glaçades, quan la temperatura ambient davalla dels 0°C podent ser hivernals o primaverals, aquestes últimes solen originar uns símptomes similars als de la sequera; (iv) calorades, afeccions davant un cop de calor entre dos períodes freds unit a una excessiva insolació la qual cosa ocasiona fendes al tronc i, en funció de l'edat de l'arbre, l'alteració estructural de la anatomia de la fusta anomenada cor rodat; i (v) sòls pobres, que afavoreixen l'aparició d'una anomalia de la pigmentació llenyosa anomenada cor roig. Els danys causats per **fenòmens meteorològics** són: (i) llamps, fa ostentoses ferides acanalades al llarg del tronc; (ii) neu, que produeix la fractura de branques pel seu pes essent aquestes trencadisses portes d'entrada de diferents malalties; (iii) vent, que ocasiona el trencament de capçades amb la seva força amb igual problemàtica que el cas anterior; (iv) pedregades, que poden destruir la floració i fructificació per impacte; i (v) contaminació, hi ha molts components amb efectes nocius com l'ozó troposfèric, òxids de nitrogen, etc.

1.13.2. Malalties del castanyer

A Catalunya un gran nombre de **malalties** poden atacar el castanyer (Taula 2), però sens dubte, de les quatre més severes, la més important les el xancre (malaltia aèria produïda per un fong) seguida per la tinta del castanyer (malaltia subterrània ocasionada per un protozou).

El xancre del castanyer (*Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr.) és en l'actualitat la malaltia més devastadora que afecta totes les castanyedes de Catalunya (Colinas *et al.*, 2009) però de manera més acusada a zones on el castanyer està al límit de la seva distribució (Prades, per simple) i està considerada com el problema més greu que tenen els castanyers a nivell mundial (Aguín *et al.*, 2011). Es tracta d'un fong ascomicet que presenta una fase sexual formant peritecis amb asques que alliberaran ascòspores i una altre asexual formant estromes amb picnidis que alliberaran conidiòspores (Fig. 25 a-f). Les ascòspores són disseminades principalment pel vent, mentre que les conidiòspores poden ser disseminades pel vent i també per aus, àcars i insectes. El fong infecta al castanyer a través de ferides naturals o també per les produïdes per l'home durant l'execució de treballs silvícoles. L'atac s'inicia quan el fong segrega toxines que causen la mort de l'albeca impeding el flux de saba cap a les parts distals situades per damunt de la zona infectada, donant com a resultat la mort successiva de brots, branques inclús de tot el tronc per sobre de la lesió, podent observar-se branques puntiseques sobresortint de capçades frondoses, i en els casos més virulents, causant la mort de l'arbre. Els símptomes més característics consisteixen en el desenvolupament de xancre sobre troncs, branques i renous juntament amb l'inflament i formació d'esquerdes longitudinals en l'escorça amb tonalitats ataronjades, aparició dels estromes globosos de color groc-ataronjat amb picnidis en forma de cirrus, l'emissió i proliferació de brots epicòrmics per sota del xancre i la presència de miceli blanc del fong a sota l'escorça, seguit del marciment i posterior assecament del fullatge a les branques afectades (Fig. 25 g-j). El període actiu

d'alliberament d'ambdós tipus d'espores es dona a la primavera i la tardor. El xancre és incapaç d'envair teixits corticals sans, penetrant en l'hoste, com s'ha dit, a través de ferides de diferent naturalesa com podes, esquerdes, rascades, picades, etc., pel que la punció de l'ovopositor de *D. kuriphilus* unit a la seva especificitat pel castanyer, probablement coadjuva en la vectorització d'aquesta disseminació.

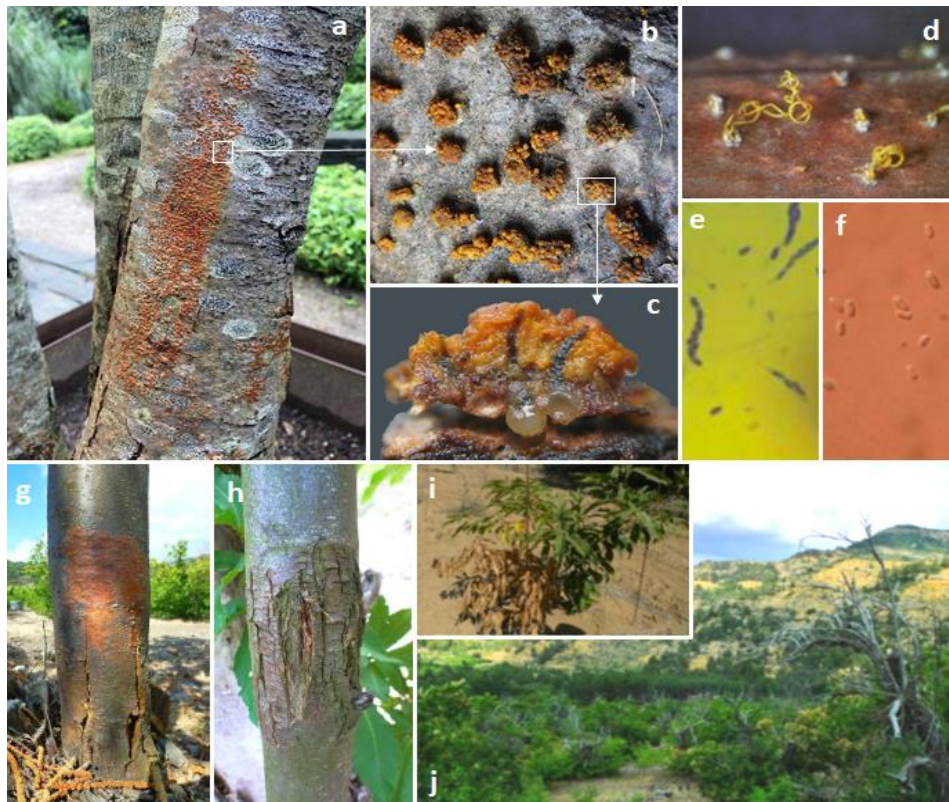


Figura 25. Xancre del castanyer *Cryphonectria parasitica*: (a-c) vista dels estromes ataronjats on es formen els picnidis, (d) picnidis, (e) conidiòspores, (f) ascòspores, (g) tronc afectat per xancre virulent o letal amb morfologia vermellova, (h) xancre hipovirulent o no letal, (i-j) marcescències de castanyers ocasionades pel xancre.

[Fonts. (a-c) <https://www.centrodeestudiosmicologicosasturianos.org/?p=595>, (d) <http://losarbolesinvisibles.com/declive-y-rescate-de-un-gigante/>, (e-j) Mateu *et al.* (2012)].

La tinta del castanyer (*Phytophthora cinnamomi* Rands.), és la malaltia de les arrels més important que afecta aquesta frondosa. Els símptomes de la malaltia són podriment del sistema radicular, esgrogueïment de les fulles, assecat apical de les branques i avortament dels fruits. Provoca un ennegriment i posterior podriment de les arrels absorbents conferint una coloració negra-blavosa a les zones afectades. En avançar l'afectació, el podriment pot assolir el coll de l'arrel esguerrant-se l'escorça a la base del tronc tot desprenent-se amb facilitat, sota la qual es pot observar l'exsudació d'una substància gomosa de color negre característica (tinta). En aquest cas, com que la reproducció es subterrània l'efecte de *D. kuriphilus* en la seva dispersió és nul.

Introducció

Taula 2. Principals malalties del castanyer a Catalunya, en negreta les més virulentes (A partir de Cobos Suárez, 1989).

| REGNE | FAMÍLIA | ESPÈCIE | DANYS |
|---------|----------------|--|---|
| Fungi | Diaporthales | <i>Cryphonectria parasitica</i> (Murr.) Barr. [xancre del castanyer] | esgrogueïment del fullatge de les branques afectades seguit de l'assecatge de les mateixes; formació d'esquerdes longitudinals en l'escorça amb tonalitats vermelloses-ataronjades; proliferació de brots epicòrmics. |
| Protist | Peronosporales | <i>Phytophthora cinnamomi</i> Rands. [tinta del castanyer] | ennegriments i posterior podriment de les arrels absorbents conferint una coloració negra-blavosa a les zones afectades |
| Protist | Peronosporales | <i>Phytophthora cambivora</i> (Petri) Buisman [tinta del castanyer] | semblant a l'anterior, molt rara a Catalunya |
| Fungi | Agaricales | <i>Armillaria mellea</i> (Vahl.) Kummer [cama-sec de soca, alzinoi pollancre o rouró] | decaïment, pèrdua de vigor i clorosi generalitzada de l'arbre, caiguda prematura de fulles, podridura humida del sistema radicular |
| Fungi | Capnodiales | <i>Mycosphaerella maculiformis</i> (Pers.) Mig. [antracnosi del castanyer] | taques marrons que apareixen principalment a les fulles i més rarament als pecíols, peduncles i eriçons dels fruits |
| Fungi | Diaporthales | <i>Coryneum modonium</i> (Sacc.) Griffon & Maubl | assecatment de branques de petit diàmetre i de branquillons anuals |
| Fungi | Diaporthales | <i>Cytospora chrysosperma</i> (Pers.) Fr. [xancre del pollancre] | provoca l'aixecament de l'escorça de branques, branquetes i tronc tant en arbres vius com en branques mortes caigudes al sòl. |
| Fungi | Xylariales | <i>Hypoxyton mediterraneum</i> (De Not) Ces. & de Not. [xancre carbonós] | semblant a l'anterior |
| Fungi | Diaporthales | <i>Valsa ceratophora</i> Tul. & C. Tul. [*****] | produeix una separació de l'epidermis que posteriorment es despèn en forma d'una fina pel·lícula, deixant a la vista una fusta fosca, ennegrida, que esquerdada en període sec; en període humit no s'aprecien les esquerdes i es pot comprovar l'avenç subepidèrmic de la malaltia per la coloració vermellosa a les zones on encara no s'ha després l'epidermis |
| Fungi | Russulales | <i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers. [crosta de soca hirsuta] | causa la podridura de les branques |
| Fungi | Agaricales | <i>Schizophyllum commune</i> Fries [*****] | causa la podridura de les branques |
| Fungi | Agaricales | <i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff.) With. [fetge de vaca] | produeixen lenta podridura marró del duramen del tronc |
| Fungi | Polyporales | <i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr. [bolet d'esca] | causa la podridura blanca |
| Fungi | Polyporales | <i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd [bolet de soca versicolor] | causa la podridura blanca activa |
| Fungi | Russulales | <i>Peniophora quercina</i> (Pers.) Cooke [*****] | l'escorça s'aixeca i s'enrotlla, deixant veure la part inferior que té un color fosc negre. |
| Fungi | Polyporales | <i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis) P.Karst. [pipa] | fonamentalment saprofític |

Introducció

| | | | |
|-------|-------------|---|--|
| Fungi | Polyporales | <i>Laetiporus sulfureus</i> (Bull.) Murrill [gírgola groga] | causa la podriment cúbica marró del duramen a les arrels |
| Fungi | Polyporales | <i>Daedalea quercina</i> (L.) Pers. [crosta del roure] | fonamentalment saprofític |

Les velles castanyedes de fruit, que són un element de gran valor patrimonial, es troben degradades i en perill de desaparició a causa del xancre, de la transformació a perxades de fusta realitzada fa algunes dècades en molts casos i de la recolonització per espècies pròpies de la zona, especialment el faig. Cal promoure la recuperació i conservació de les castanyedes de fruit en perill de desaparició, tot considerant una catalogació de les castanyedes de fruit actualment existents i la seva diagnosi, un pla d'actuacions, un pla de seguiment i un sistema de compensacions a la propietat.

1.13.3. Plagues del castanyer

Pel que fa a les **plagues** del castanyer són originades en la seva majoria per poblacions de diferents insectes que afecten el fullatge, la fusta i els fruits. A priori totes aquestes plagues tindrien la consideració de paràsits secundaris donat que no maten l'arbre, tal com sí passa amb les malalties fúngiques, i atacaran quan el castanyer es pugui trobar debilitat per qualsevol malaltia, agent abiòtic o altre problema sanitari previ. A partir d'aquest atac, proliferarà la població d'insectes sobre l'arbre que, debilitant-lo, podrà ja arribar a causar-li la mort. Segons els seus danys, es poden classificar en perforadors dels fruits, perforadors dels teixits llenyosos, defoliadors, xucladors, minadors i gallícoles (Taula 3).

Taula 3. Principals plagues del castanyer a Catalunya, en negreta les més habituals (Romanyk & Cadahia, 1992; Berrocal *et al.*, 1998; Vericat *et al.*, 2012).

| ORDRE | FAMÍLIA | ESPÈCIE PLAGA | LOCALITZACIÓ DELS DANYS |
|-------------|----------------|--|-------------------------|
| Lepidoptera | Tortricidae | <i>Cydia splendana</i> (Hübner, 1799) | perforador dels fruits |
| Lepidoptera | Tortricidae | <i>Cydia fagiglandana</i> (Zeller, 1841) | perforador dels fruits |
| Lepidoptera | Tortricidae | <i>Pammene fasciana</i> (Linnaeus, 1761) | perforador dels fruits |
| Lepidoptera | Erebidae | <i>Lymantria dispar</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |
| Lepidoptera | Notodontidae | <i>Phalera bucephala</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |
| Lepidoptera | Gracillariidae | <i>Lithocolletis roboris</i> (Zeller, 1839) | minador |
| Lepidoptera | Gracillariidae | <i>Caloptilia alchimiella</i> (Scopoli, 1763) | minador |
| Lepidoptera | Cossidae | <i>Zeuzera pyrina</i> Linnaeus, 1761 | perforador de tiges |
| Lepidoptera | Lasiocampidae | <i>Lasiocampa quercus</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |
| Lepidoptera | Erebidae | <i>Orgyia antiqua</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |
| Lepidoptera | Geometridae | <i>Operophtera brumata</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |
| Lepidoptera | Erebidae | <i>Darsychnira pudibunda</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |
| Lepidoptera | Erebidae | <i>Euproctis chrysorrhoea</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |
| Lepidoptera | Cossidae | <i>Cossus cossus</i> (Linnaeus, 1758) | perforador de tiges |
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Balaninus elephas</i> (Gyllenhal, 1836) | perforador de fruits |
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Curculio glandium</i> Marsham, 1802 | perforador de fruits |
| Coleoptera | Scarabaeidae | <i>Triodonta aquila</i> (Laporte, 1840) | defoliador |
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Brachyderes incanus</i> (Linnaeus, 1758) | defoliador |

Introducció

| | | | |
|--------------|---------------|---|---------------------|
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Otiorhynchus vehemens</i> Boheman, 1842 | defoliador |
| Coleoptera | Attelabidae | <i>Attelabus nitens</i> (Scopoli, 1763) | defoliador |
| Coleoptera | Scarabaeidae | <i>Melolontha paposa</i> Illiger, 1803 | consumidor d'arrels |
| Coleoptera | Cerambycidae | <i>Plagionotus arcuatus</i> (Linnaeus, 1758) | perforador de tiges |
| Coleoptera | Cerambycidae | <i>Plagionotus detritus</i> (Linnaeus, 1758) | perforador de tiges |
| Coleoptera | Buprestidae | <i>Capnodis tenebrionis</i> (Linnaeus, 1758) | perforador d'arrels |
| Coleoptera | Cerambycidae | <i>Cerambyx cerdo</i> Linnaeus, 1758 | perforador de tiges |
| Coleoptera | Buprestidae | <i>Coraebus florentinus</i> (Herbst, 1801) | perforador de tiges |
| Coleoptera | Cerambycidae | <i>Gracilia minuta</i> (Fabricius, 1781) | perforador de tiges |
| Coleoptera | Cerambycidae | <i>Phynatoda testaceus</i> (Linnaeus, 1758) | perforador de tiges |
| Coleoptera | Platypodidae | <i>Platypus cylindrus</i> (Fabricius, 1792) | perforador de tiges |
| Coleoptera | Curculionidae | <i>Xyleborus saxeseni</i> (Ratzeburg, 1837) | perforador de tiges |
| Heteroptera | Aphididae | <i>Lachnus roboris</i> (Linnaeus, 1758) | xuclador |
| Thysanoptera | Thripidae | <i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> (Bouché, 1833) | xuclador |
| Hymenoptera | Cynipidae | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> Yasumatsu, 1951 | cecidògen |

Algunes d'aquestes espècies poden produir greus danys econòmics. Així, els fruits afectats per *Pammene fasciana* cauen a terra, *Cydia splendana* afecta els fruits madurs, quan es produeix l'atac de *Balaninus elephas* (Coleoptera) juntament amb *C. splendana* (Lepidoptera) les pèrdues en la producció de fruit arriben a ser molt importants, *Zeuzera pyrina* pot provocar (en arbres entre 8-10 anys) el trencament de branques que queden debilitades per les galeries que realitzen les larves, etc. Cap de les espècies autòctones d'insectes és exclusiu del castanyer, són espècies polífagues. La excepció a aquesta norma està en *D. kuriphilus*, d'origen asiàtic, objecte d'estudi d'aquesta tesi.

1.14. Danys de *Dryocosmus kuriphilus* en *Castanea sativa*

Com s'ha vist, la presència de malalties o d'altres plagues concurrents debilita el castanyer, la qual cosa fa que la infestació de *D. kuriphilus* pugui ser més virulenta. Però a més hem d'afegir-hi tot un seguit de condicions adverses concitades per l'adveniment del canvi climàtic dels darrers anys, que venen a agreujar els eventuais atacs d'aquests altres insectes, els quals troben castanyedes en sòls amb poca qualitat i al límit d'estació respecte la seva distribució ecològica, tot això adobat amb una progressiva absència de tractaments silvícoles. Precisament, la conjunció d'aquests factors ambientals debiliten l'arbre i en conseqüència venen a afavorir indirectament l'assentament de qualsevol nova plaga, com ara la vespeta del castanyer.

A l'anterior apartat 'la vespeta del castanyer' ja ha estat comentat que *D. kuriphilus* pot repercutir amb uns pèrdues importants quan la finalitat econòmica de la castanyeda és la recol·lecció del fruit, ja que la capacitat fotosintètica pot minvar dràsticament i que amb successius atacs consecutius es pot arribar a ocasionar la mort de l'arbre. També al mateix apartat, s'ha dit que la presència massiva de gales en un arbre pot malmetre la producció de fusta com a recurs econòmic degut a que es desencadena una severa reducció de l'àrea fotosintètica en fullatge unida a notables malformacions a les branques i arquitectura de les capçades que deprecien les qualitats de la producció de fusta. També hem fet esment

que *D. kuriphilus* pot ser vector d'algunes malalties greus com el xancre ja que produeix ferides al borrons a l'ovipositar i per aquestes ferides podrien introduir-se les espores de forma natural (transportades pel vent) o de forma accidental (per transport passiu de les femelles de *D. kuriphilus* al pondre els ous).

A tots aquests danys hem d'afegir-hi un altre aspecte no menys important, el produït quan es donen atacs incontrolats i reiterats de *D. kuriphilus*, els quals comporten d'una banda una gran desfiguració de la capçada i les seves ramificacions ocasionada pel desenvolupament anormal de l'arquitectura de l'arbre (Fig. 26), i d'altra banda una significativa reducció en el nombre de brots laterals, factors tots dos clau en que es produeixi un important retard de la recuperació vegetativa de l'arbre, una vegada s'arriba a consumir el control biològic mitjançant el parasitoide *T. sinensis* (Gehring *et al.*, 2018a). En conseqüència, a l'hora d'estimar el grau dels danys en cas d'atacs repetits cal tenir en compte la diversa distribució a l'arbre de les gales de *D. kuriphilus*, que es poden trobar a la nervació de la fulla, al limbe foliar, al pecíol o al brot, implicant això una gradació diferencial negativa en la supressió de brots futurs, sent més perjudicial com més proximal és dóna l'atac en relació a la ramificació de l'arbre (Gehring *et al.*, 2018b).

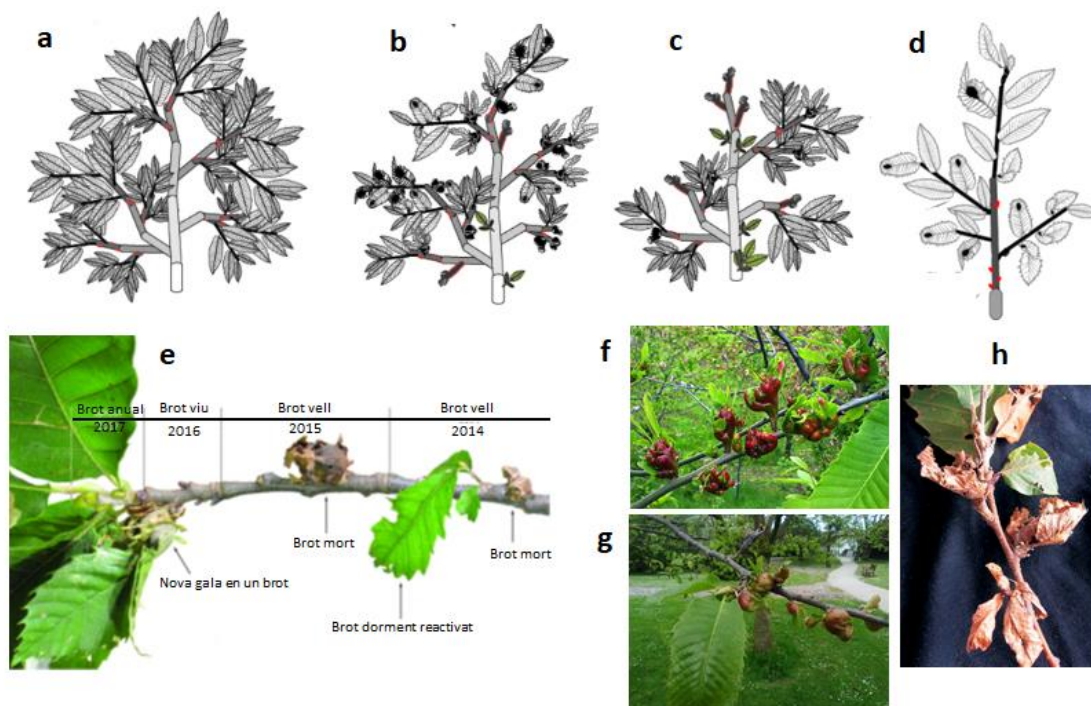


Figura 26. Danys en l'arquitectura de *Castanea sativa* deguda a la presència de gales de *D. kuriphilus*: (a) arquitectura normal (b-c) canvis progressius en l'arquitectura deguts a l'eliminació dels nous brots segons el nombre d'atacs produïts, (d) gairebé sense impacte arquitectònic quan les gales es troben a les fulles, (e) efecte de la supressió acumulada de brots atacats en successives anualitats, (f-g) exemples de brots atacats on s'intueix l'efecte que tindran en l'aspecte de la branca l'any següent, (h) brots morts per la presència de gales. Figures a-d, en vermell els brots dorments.

[Fonts: (a-e) a partir de Gehring *et al.* (2018), (f) <https://www.hoy.es/agro/insecto-luchar-avispilla-20190503003057-ntvo.html>, (g) <https://www.barganews.com/2011/09/14/cinipide-anche-i-nostri-castagni-sono-gia-in-pericolo-lappello-dei-castanicoltori/>, (h) <https://www.hoy.es/agro/insecto-luchar-avispilla-20190503003057-ntvo.html>]

2. OBJECTIUS

Objectius

Aquesta tesi va començar l'any 2014 a la Universitat Autònoma de Bellaterra (UAB), universitat en la que vaig llicenciar-me, justament quan els problemes i els estudis sobre el control de *Dryocosmus kuriphilus* eren incipients. L'eix experimental principal de les investigacions en diferents països europeus era l'intent de resoldre dues preguntes: (i) els parasitoides autòctons serien capaços de controlar la plaga de la vespeta del castanyer a Europa? i (ii) s'hauria d'introduir *Torymus sinensis* pel control biològic de la vespeta del castanyer? L'any 2017 a través de la comissió de seguiment de la UAB, i gràcies al Dr. José Antonio Barrientos, se'm va informar, de manera molt subtil, que la línia d'investigació de la tesi no encaixava en els estàndards dels plans del CREAM donat que no consideraven la taxonomia 'pura i dura' com a projecte de tesi. Aquest fet, va provocar-me una gran tristesa i frustració ja que ja havien passat 3 anys de projecte de tesi. Tot plegat va propiciar que en 2018 abandonéssim la UAB i optéssim al programa de doctorat de biodiversitat de la Universitat de Barcelona amb la intenció de presentar els resultats de de la tesi en un temps màxim de dos anys, ja que quedava relativament poca feina per concloure l'estudi. Però les coses no van sortir com esperàvem ja que, per problemes personals i de salut greus, vam haver d'abandonar temporalment la determinació de les emergències del 2017 i vam aturar gairebé completament la investigació, fet que es va agreujar encara més amb la pandèmia.

Un cop represa la activitat investigadora el 2021, es presenta aquesta memòria amb l'OBJECTIU PRINCIPAL següent:

Contribuir a augmentar el coneixement de *Dryocosmus kuriphilus* en general, així com de la fauna autòctona capaç de fer efectiu un control natural de la plaga de la vespeta del castanyer en particular tot posant el focus sobre la problemàtica al voltant dels alliberaments de *Torymus sinensis*.

Per la consecució d'aquest gran objectiu s'ha dut a terme un mostreig de 4 anys a 12 punts de mostreig arran del territori català, des de l'Albera (Alt Empordà) fins a Prades (Baix Camp) entre els anys 2013 i el 2017. El desconeixement sobre la composició i estructura de la gala va fer que dediquéssim part de la tesi a l'estudi citològic i histològic d'aquesta. Finalment, la complexitat i dificultat de control d'aquesta plaga va fer que dediquéssim també part de la tesi a estudiar, des d'una perspectiva crítica, els diferents sistemes de control utilitzats, proposant-ne a més un nou mètode de tractament a poder aplicar en casos determinats, amb efectes pal·liatius contrastats per a la disminució dels danys de la plaga.

Els OBJECTIUS ESPECÍFICS centrats en aquest marc de treball s'enumeren a continuació:

1. Estudiar les transformacions dels teixits foliars per la presència de la gala de *Dryocosmus kuriphilus*
2. Esbrinar la viabilitat fenològica en el reclutament de parasitoides procedents de gales de *Quercus*
3. Conèixer les taxes de parasitisme en els castanyers catalans i la evolució al llarg dels anys dels complexes parasitaris
4. Valorar la importància del reclutament dels parasitoides en el control de la plaga al llarg del temps
5. Proporcionar les primeres claus de determinació taxonòmica de totes les espècies parasitoides emergides a Catalunya reclutades per les gales de *D. kuriphilus*

Objectius

6. Exposar els pros i contres de l'arribada de *T. sinensis* a partir dels alliberaments del parasitoide fetes a França
7. Elaborar des d'un punt de vista crític un recull dels mètodes de control, prevenció i itineraris silvícoles utilitzats a Europa
8. Proposar un nou mètode de control per a la reducció de danys pels arbres d'interès centenari o en peus ornamentals o petites masses forestals.

Exceptuant l'objectiu 1, l'objectiu 5 i els objectius 7 i 8 que estan representats per sengles tres treballs monogràfics, la consecució i estudi de la resta d'objectius 2, 3, 4 i 6 es troba repartida entre les altres diferents publicacions que s'incorporen a la tesi.

Per la presentació dels resultats obtinguts sobre tots aquests objectius, abordarem la tesi dividida en 5 capítols:

Capítol 1:

Implicacions morfo-fisiològiques i funcionals a *Castanea sativa* per la presència de *Dryocosmus kuriphilus*, transformacions histològiques foliars i estructura de la gala.

Capítol 2:

Itineraris silvícoles pal·liatius, podes sanitàries i revisió crítica dels mètodes de prevenció i control de *Dryocosmus kuriphilus* existents.

Capítol 3:

Control natural i reclutament del complex parasitoide autòcton de *Dryocosmus kuriphilus* a Catalunya.

Capítol 4:

Determinació, descripció i elucidació de diverses qüestions taxonòmiques, biològiques i de seguiment de l'evolució de la plaga de la vespeta del castanyer.

Capítol 5:

Anàlisi estadística de les dades de mostreig obtingudes i trets principals sobre els canvis poblacionals de la vespeta del castanyer i el seu complex parasitoide a Catalunya.

3. MATERIAL I MÈTODES

3.1. Tasques i treballs de camp

3.1.1. Àrea d'estudi, zones i punts de mostreig de gales de castanyer

Castanea sativa, arbre hostatger de la vespeta del castanyer, es troba a Catalunya ocupant al voltant de 13 000 ha com a espècie forestal principal (CHC, 2014), àrea que constitueix en el seu conjunt l'àmbit territorial de la nostra tesi. Prenent com a referència la seva distribució, es poden distingir sis zones (Fig. 27), essent *D. kuriphilus* present a cinc d'elles des del 2012 i, a partir del 2016, també a la zona de Prades.

Cal recordar que l'any 2012 va ser l'any de detecció de la plaga a Catalunya (Pujade-Villar *et al.*, 2013) i ja el 2013 es va iniciar una recollida preliminar de gales dins del marc d'un TFG de Biodiversitat per part del departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals (BEECA) de la Universitat de Barcelona (UB) per part de l'estudiant Javier García Fernández dirigit pel Dr. Juli Pujade-Villar. Seguidament l'any 2014, any de començament d'aquesta tesi, vam mostrejar de forma sistemàtica els castanyers en 12 punts del territori entre els anys 2015, 2016 i 2017 (Fig. 27) i també el 2014 es van fer col·lectes per part de l'equip tècnic de la secció de planificació forestal del Departament d'Acció Climàtica Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya a càrrec de Jorge Heras Dolader i Leonardo López de Hierro Selva. Les dades de 2013 i 2014 han estat usades en el nostre estudi com dades prèvies a tenir en compte.

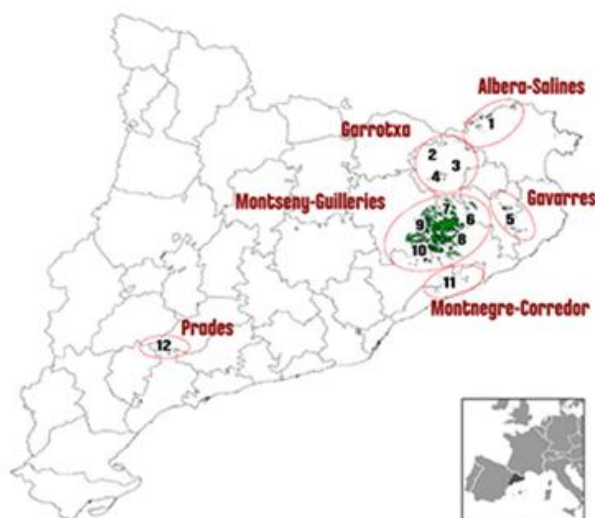


Figura 27. Zones de distribució del castanyer a Catalunya i relació de punts de mostreig.

Cinc de les àrees de mostreig consisteixen en perxades o fustals de castanyers, mentre que a Prades, on la plaga va irrompre el 2016, els castanyers són destinats a la producció de fruit. D'altra banda, a la zona de la Garrotxa es van fer tres rèpliques a parcel·les properes tenint en compte la seva estació i diferent composició forestal (Fig. 28). Les característiques de les zones d'on es van col·lectar les mostres són les següents:

Albera-Salines: la zona és molt propera a la frontera amb França, país on ja existeixen tant *D. kuriphilus* com *T. sinensis* i on es realitzen soltes controlades del parasitoides des del 2009. Encara que freqüentment el castanyer apareix barrejat amb roure martinenc, s'estableix un únic punt de mostreig a una massa pura de bosc menut en estat de fustal.

Garrotxa: es prenen les mostres al “Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa”. Es decideix fer les col·lectes en tres masses forestals de castanyer diferents per veure possibles diferències entre ells: (i) en un bosc mixt de castanyer en barreja amb roure pèrol i avellaner, (ii) en una perxada de castanyer barrejat amb faig i (iii) en una parcel·la amb una massa pura de castanyer (Fig. 28).

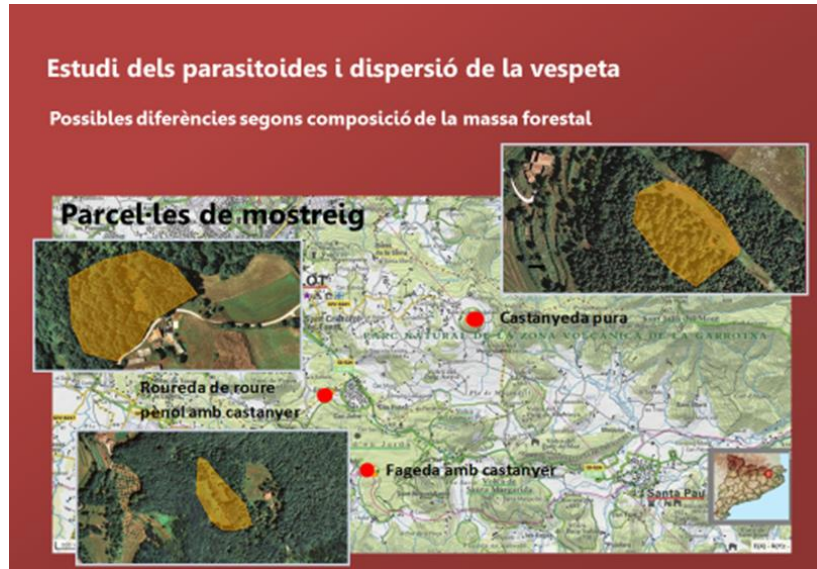


Figura 28. Rèpliques dels mostreigs per composició de la massa forestal Garrotxa 1, 2 i 3 (Taula 4).

Gavarres: el mostreig es realitza aquí en una perxada de castanyer que està fora d'estació ecològica i que està limitant amb boscos d'alzina, alzina surera i pinastre.

Montseny-Guilleries: aquesta zona aplega majoritàriament un 75% de la superfície de les castanyedes de Catalunya i apareix en un ampli ventall de condicions ecològiques. Es determina prendre la mostra a cinc punts, dos a les Guilleries, en sengles perxades envoltades d'una massa d'alzina i alzina surera, i tres més a perxades situades al massís del Montseny.

Montnegre-Corredor: es recol·lecten les gales en una àrea a les zones baixes d'aquesta serralada, on el castanyer ocupa una estació al límit de les seves condicions ecològiques. Es selecciona un punt a una massa pura en bosquets o mixta, constituint una perxada en barreja amb roure africà, roure martinenc i alzina.

Prades: majoritàriament plantacions de castanyers de fruit, les quals es trobaven lliures de plaga al moment de l'inici de la present tesi. Posteriorment ja van quedar afectades, motiu pel qual inicialment només s'inspeccionava si n'hi havia presència o no, fins que l'any 2016 es va datar la irrupció de *D. kuriphilus*, moment a partir del qual s'incorpora a la resta de presa de mostres.

Per tant, al disseny experimental de la nostra tesi hem disposat de les dades de recol·leccions de gales de *D. kuriphilus* i els seus parasitoides pertanyents a una sèrie total de 5 anys, preses a un total de 12 punts de mostreig (Taula 4) representatius de les 6 zones de castanyer diferenciades a Catalunya (Fig. 4), amb l'objecte d'estudiar la vespeta del

castanyer a Catalunya, la seva dispersió natural, el reclutament d'espècies de parasitoides nadius responsables del seu control natural, així com enregistrar les dades fenològiques per establir les seves corbes de vol i estimar l'evolució de la taxa de parasitació.

Taula 4. Localització dels punts de mostreig, amb coordenades UTM y altituds.

| CODI | PUNT DE MOSTREIG | LOCALITZACIÓ DEL PUNT DE MOSTREIG | Coordenades UTM 31N ETRS89 | Altitud (msnm) |
|------|--------------------|---|----------------------------|----------------|
| 1 | ALBERA-SALINES | Tapís (TM Maçanet de Cabrenys) | X:475420 Y:4692298 | 579 |
| 2 | GARROTXA 1 | PNZV Garrotxa-Can Toca (TM Santa Pau) | X:459201 Y:4667570 | 573 |
| 3 | GARROTXA 2 | PNZV Garrotxa-Fageda d'en Jordà (TM Santa Pau) | X:459925 Y:4666076 | 570 |
| 4 | GARROTXA 3 | PNZV Garrotxa-Batet de la Serra (TM Olot) | X:461607 Y:4668901 | 779 |
| 5 | GAVARRES | Castell de Sant Miquel (TM Celrà) | X:489180 Y:4650716 | 263 |
| 6 | GUILLERIES 1 | Can Clopès (TM Santa Coloma de Farners) | X:463180 Y:4633839 | 434 |
| 7 | GUILLERIES 2 | Coll del Revell-Can Mataró (TM Arbúcies) | X:453226 Y:4633048 | 793 |
| 8 | MONTSENY 1 | Font dels Maçaners (TM Montseny) | X:445443 Y:4625829 | 1146 |
| 9 | MONTSENY 2 | Sot del Ridoltar-Sant Marçal (TM Montseny) | X:451732 Y:4627163 | 948 |
| 10 | MONTSENY 3 | Can Gessa (TM Cànoves i Samalús) | X:446307 Y:4618171 | 624 |
| 11 | MONTNEGRE-CORREDOR | Sant Martí de Montnegre (TM Sant Celoni) | X:463925 Y:4613209 | 543 |
| 12 | PRADES | Barranc de les Fontetes (TM Capafonts) | X:334676 Y:4574944 | 815 |

En cadascun dels punts de mostreig s'ha anat fent seguiments previs a la col·lecta, mitjançant la dissecció de successives mostres, on s'observava l'evolució de les larves dins de les gales per tal d'organitzar la recollida massiva de gales quan els espècimens de *D. kuriphilus* estaven majoritàriament en fase de pupa, cosa que succeïa normalment al llarg de la primera quinzena del mes de juny, col·lectant així les mostres de gales en el moment més pertinent, atenent al desenvolupament del cinípid. També s'examinava cada gala per observar si hi havia algun orifici d'emergència o no, a fi de assegurar que no hi hagués emergències prèvies a la recol·lecció. Les gales es recol·lectaven aleatòriament de branques baixes i a les capçades dels arbres a un nivell d'alçades entorn els 0-2.5 m (Fig. 29).



Figura 29. Recol·lecció de gales entorn els 2.5 m d'alçada.

Pel que fa a les quantitats de les col·lectes, s'han recol·lectat anualment 500 gales a cada punt de mostreig. Així, ha estat possible recollir gales durant 5 anys, des del 2013 fins el 2017, sempre fresques i dintre de la primera quinzena de juny, durant els 5 anys de mostreigs a les sis zones (4534 el 2013, 4111 el 2014, 6000 el 2015, 6000 el 2016 i 6000 el 2017) en què es van recollir un total de 26.645 gales de *D. kuriphilus*.

3.1.2. Mostreig de gales de roures

Es va efectuar un altre mostreig, en aquesta ocasió de gales de roures, per estudiar els parasitoides dels cinípid de gales de roures i examinar la possibilitat que aquestes poguessin ser reservoris dels parasitoides del cinípid del castanyer, *D. kuriphilus*.

Per a la col·lecta directa de les gales a *Quercus*, s'han d'inspeccionar acuradament tots els òrgans vegetals (fulles, tiges, troncs, aments, fruits, rebrots i arrels) ja que les gales es poden trobar a qualsevol part del vegetal. Les que són inseparables dels teixits vegetals (en fulles o tiges) han de ser col·lectades tallant la fulla o la branca amb tisores de podar. Les gales que se separen amb facilitat de l'òrgan vegetal (en fulles o borrons o branques), si són de grans dimensions, es poden col·lectar directament amb la mà.

Es va dur a terme aquest mostreig a la zona del Montseny (Vallès Oriental), al punt amb coordenades UTM31N ETRS89 X: 441195 Y:4628390 on s'havia mostrejat també la vespeta. L'època de recollida va ser entre octubre de 2015 (gales asexuals) i maig de 2016 (gales sexuals). Així, es van recollir gales de *Dryomyia lichtensteini* sobre alzina (*Quercus ilex*); gales de *Plagiotrochus quercusilicis* (sexual) i de *P. gallaeramulorum*

(asexual) sobre garric (*Q. coccifera*); gales de la forma sexual d'*Andricus grossulariae* sobre alzina surera (*Q. suber*); i les espècies *Andricus hispanicus* (asexual), *A. coriarius* (asexual), *A. dentimitratus* (asexual), *A. grossulariae* (asexual), *Neuroterus numismalis* (sexual i asexual), *N. quercusbaccarum* (sexual i asexual) i *Cynips disticha* (asexual) sobre roure martinenc (*Q. pubescens*); amb un esforç de mostreig total de 981 gales recol·lectades sobre *Quercus* spp.

3.1.3. Presa de mostres per l'estudi anatòmic de la gala de vespeta

A la seva vegada, també es va fer una presa de mostres específicament per l'estudi anatòmic de la gala amb la seva morfologia i els canvis cito-histològics dels teixits vegetals en quant al procés de formació dels cecidis de *D. kuriphilus*. A tal efecte, al llarg del mes de maig de 2018, es van recollir aleatòriament de branques inferiors de l'hoste *Castanea sativa* suficients mostres d'un tamany aproximat d'1 cm², de (i) fulles lliures de gales, fresques i recentment expandides amb els seus nervis centrals i pecíols, juntament amb (ii) pecíols i nervis centrals atacats per la gala del cinípid, quan aquestes gales contenien larves adultes, madures, completament desenvolupades i que encara estaven alimentant-se activament. Les col·lectes es van fer a vàries de les diferents zones de castanyedes de Catalunya, ja especificades abans, on els arbres hoste es trobaven a prop de boscos que contenien espècies autòctones de roure, sent les mostres portades posteriorment a laboratori per la seva conservació en espera de fer l'estudi cito-histològic. El líquid conservant va ser formalina FAA.

3.1.4. Seguiment de la fenologia dels borrons del castanyer

Paral·lelament ha estat estudiat el desenvolupament vegetatiu del castanyer per poder associar-lo a la fenologia de la pròpia vespeta del castanyer a Catalunya, cosa que ha comportat una altra tasca de camp consistent a la inspecció de borrons de castanyer mensualment, des de la seva dormició fins a la seva brotada, per tal de caracteritzar els estadis fenològics en funció del cicle biològic de la vespeta (Fig. 30), buscar postes i trastorns previs a l'aparició de la gala que possessin de manifest la presència del cinípid.



Figura 30. Seguiment fenològic de camp de la brotada del castanyer.

La intensitat d'aquesta presa de dades ha variat en funció de l'època de l'any i de la disponibilitat de temps, per contrastar-se posteriorment amb les dades de laboratori.

3.1.5. Tasques de camp sobre interaccions xancre-vespeta

Una altra de les línies d'investigació del pla de recerca va comportar analitzar la possibilitat que la vespeta actués com a potencial vector del xancre. La observació a camp de branquillons aparentment afectats per xancre a partir de zones amb gales va motivar la realització d'una senzilla presa de mostres d'aquest branquillons amb presència de picnidis del xancre pel seu posterior trasllat a laboratori i així fer anàlitiqües específiques i portar a terme un experiment destinat a examinar la interacció amb *Cryphonectria parasitica*.

3.1.6. Tasques de camp sobre itineraris silvícoles pal·liatius

Es va procedir a realitzar una prova experimental de camp, a la qual s'ha assajat una innovadora modalitat de poda sanitària, que anomenada poda d'escarida; en vam testar dues, la primaveral i la tardorenca, amb la finalitat de testar l'eficiència d'aquests mètodes entre els tractaments culturals viables econòmicament per pal·liar els danys produïts per la plaga del castanyer. La poda d'escarida consisteix a despullar l'arbre completament eliminant dràsticament, a més de les branques seques, totes les ramificacions vives secundàries, i brots epicòrmics laterals i terminals, tot donant a la capçada una estructura amb aspecte de canelobre nu (Fig. 31).

Per fer això, va estar seleccionada, a tocar del Parc Natural del Montseny, una parcel·la experimental de 0.13 ha de superfície al paratge Carena de Vallmanya (coordenades UTM 31N ETRS89 X:449640 Y:4620640) del terme municipal de Sant Pere de Vilamajor (Vallès Oriental). La parcel·la, orientada vers el vessant NNE i situada a 790 m d'altitud, ofereix un pendent mitjà aproximat del 15 %, enregistrant 1.100 mm de pluviometria anual. El vol forestal es troba caracteritzat per un rodal de castanyers provinent antigament d'una explotació amb aprofitament per a fruit de castanya i està format per un fustal de peus envellits proveïts d'abundants rebrots de soca. Confrontant pel seu llinar inferior amb la via forestal d'accés, es troba encerclada per un dens alzinar en règim de bosc menut de rebrot.

Les actuacions experimentals es van conduir enfocant dos moments concrets del cicle de *D. kuriphilus*; primer a mitjans de maig (abans l'emergència dels adults; poda d'escarida primaveral) i segon a mitjans de setembre (abans l'eclosió dels ous; poda d'escarida tardorenca). Cal mencionar que aquests dos moments coincideixen de ple amb l'època en què l'arbre es troba brotat i amb activitat fotosintètica, la qual cosa pot presentar complicacions fitosanitàries vinculades a l'atac del xancre, circumstància precisament a valorar i tenir molt en compte a l'hora de dissenyar l'experiment. A banda, es va comprovar en quina mesura podrien ser efectius aquests treballs culturals més enllà de la subsegüent re-infestació, per això ha estat perllongat durant dos anys més el seguiment de la rebrotada dels arbres a la poda i de l'eventual reacció del cinípid davant la producció forçada de nous borrons, sent la durada total de l'experiència de tres anys i mig.

Per l'execució de les podes ha estat necessari el concurs d'eines manuals i professionals de tall (Fig. 31a) com ara la podadora d'altura amb tub telescòpic HT-135, la motoserra lleugera MS-180 i la motoserra forestal MS-241, marca STIHL, a fi de dotar de mitjans de treball a l'equip de suport col·laborador.



Figura 31. (a) Instrumental utilitzat i execució de les podes. (b) Execució de la poda experimental

D'aquesta forma, les actuacions consistiren en sengles podes intenses d'escarida a dos grups de sis arbres experimentals (que anomenàrem Grup A i Grup B), més un de control, també configurat per 6 arbres, que no es va podar. Al Grup A, se li ha aplicat una poda d'escarida en primavera, el 19/05/2017, abans de l'emergència dels adults, moment en què les larves i pupes del cinípid encara no han completat el seu desenvolupament tot impedit el seu creixement fins a adults; al Grup B la poda d'escarida ha estat realitzada a la tardor, el 18/10/2017, després de l'eclosió dels ous, mentre les larves del cinípid encara es troben en el primer estadi larval pel que s'interromp completament el seu desenvolupament.

Per fer les comprovacions de re-infestació apareguda de *D. kuriphilus*, després de la poda es va mostrejar la rebrotada dels arbres, estudiant aquesta re-infestació als brots xucladors induïts per les podes. Els danys es van recomptar a cadascun dels arbres tot definint quatre rangs d'infestació total: absent (0 gales), present (1-10 gales), moderat (11-100) i afectat (>100 gales), fins a una alçada d'uns 5 m. Els arbres control durant tot el període experimental han presentat sempre proporcions de gales > 100.

Aquestes podes, tot i que se'n poguessin generar perjudicis com debilitats a l'arbre o proliferació forçada de brots xucladors, no representarien seriosos inconvenients quan l'objecte principal del castanyer fos la producció forestal de fusta, com seria el cas general del sector silvícola català.

3.2. Tasques de laboratori

3.2.1 Processat de les gales del castanyer i cria dels adults

El material estudiat (tant gales com insectes adults) ha estat recollit al llarg de més de 5 (2+3) anys pel propi autor en col·laboració estreta amb l'equip de recerca, la composició del qual es relaciona als agraïments d'aquesta tesi. El mètode de mostreig per l'obtenció d'adults cinípidis ha estat la cria directa a partir de gales fresques, ja que permet establir la relació tròfica entre la planta hoste, la gala hoste i els parasitoides associats. En general, un cop al laboratori, el processat de les gales es van emmagatzemar en recipients amb una ventilació adequada a temperatura ambient i es van revisar setmanalment per capturar els adults emergits.

Així, les mostres de gales es van transportar al laboratori del departament BEECA (Facultat de Biologia, UB) en sacs de ràfia que permetien la ventilació natural. El problema del transport és la humitat, ja que facilita el desenvolupament dels fongs els quals ataquen la càmera larval impedit que els adults surtin de l'agalla. Un cop al laboratori, si les gales estaven humides es van airejar i/o assecar abans de col·locar-les en recipients o cambres d'emergència.



Figura 32. a) Laboratori del departament (BEECA) secció invertebrats on es va fer el seguiment de les emergències; b) detall de la bateria de caixes de cria per gales de vespeta del castanyer separades per punts de mostreig; c) detall d'una capsula on es veu tub col·lector d'adults emergents; d) interior de la caixa de cria.

Aquestes cambres, amb un volum de 0,25 m³, han estat fetes de material plàstic i disposen de tres filtres d'aire i d'un tub de recollida d'uns 200 ml de vidre fixats als laterals de les mateixes (Fig. 32).

En concret, al laboratori, les gales es van emmagatzemar a temperatura ambient sobre un llit secant i es va procedir a repartir-les, segons cada punt de mostreig, en una sèrie de 12 cambres de cria, introduint-se 500 gales per caixa. Cada un d'aquests insectaris, que han estat dissenyats i manufacturats expressament per a la present tesi. Cada caps de cria consisteix a una cambra fosca on al seu terç superior te situat un pot col·lector, d'uns 200 ml de capacitat, sent aquest l'única font de llum que actuaria com a atractiu pel vol dels adults emergents de manera que tant els adults de *D. kuriphilus* com els dels parasitoides, a l'emergir, obligadament aniran cap a la llum i s'introduiran en els pots col·lectors en alcohol. Aquests pots han estat examinats setmanalment i canviats per altres de nous fins que deixa de sortir fauna de les mostres, conservant les mostres degudament etiquetats en alcohol de 70° fins al moment de la seva identificació taxonòmica.

Després d'una separació preliminar entre cinípid i parasitoides, els adults van ser aïllats en petits vials i identificats d'acord amb les seves característiques morfològiques. A continuació, es van separar per famílies i es van col·locar en petits vials amb un 70% d'etanol per conservar-los fins el moment de la determinació. La major part dels espècimens van ser determinats en submersió en alcohol excepte amb les espècies i gèneres més difícils, els exemplars dels quals van ser assecats l'aire i enganxats amb goma aràbiga sobre cartolines entomològiques. També, es van recollir algunes gales de vespeta per la seva dissecció al laboratori per estudiar el seu parasitisme larvari.

S'han construït diferents corbes de vol a partir de les col·lectes setmanals produïdes a les cambres de cria de parasitoides i cinípid atrets per la llum del tub col·lector, anotant-se les sumes totals de les emergències dels uns i dels altres dins d'aquests intervals setmanals i a fi d'establir les respectives abundàncies estacionals dels adults pel total de gales de l'estudi.

3.2.2 Gales dels roures

En collir les gales hem de distribuir-les en grups independents ja que pugués ser que sortís algun adult durant el transport, del qual desconexiem que agalla es va obtenir si estan barrejades. Un cop les vam col·lectar van ser transportades en bosses, sobres, capsetes o mitges al laboratori del departament BEECA (Facultat de Biologia, UB).

Com ja s'ha mencionat abans, el problema del transport és la humitat, ja que facilita el desenvolupament dels fongs els quals ataquen la càmera larval impeding que els adults surtin de l'agalla. Per tant, un cop al laboratori, si les gales estan humitejades s'han d'airejar perquè la humitat disminueixi abans de col·locar-les en recipients tapant l'obertura amb un tul i una goma elàstica (Fig. 33); també és aconsellable que durant els primers dies col·loquem un paper assecant a la part inferior del flascó perquè absorbeixi la humitat. Si són turgescents (contenen gran quantitat d'aigua), per evitar la sortida de floridura, es poden utilitzar cristalls de timol; en aquest cas és aconsellable no acumular gaires gales en un mateix recipient. Un cop les gales s'han assecat poden conservar-se en recipients hermètics.

Les mostres es revisen periòdicament per observar quan surten els adults. Els parasitoides i inquilins solen sortir poc després que els inductors encara que de vegades ho fan diversos mesos més tard.

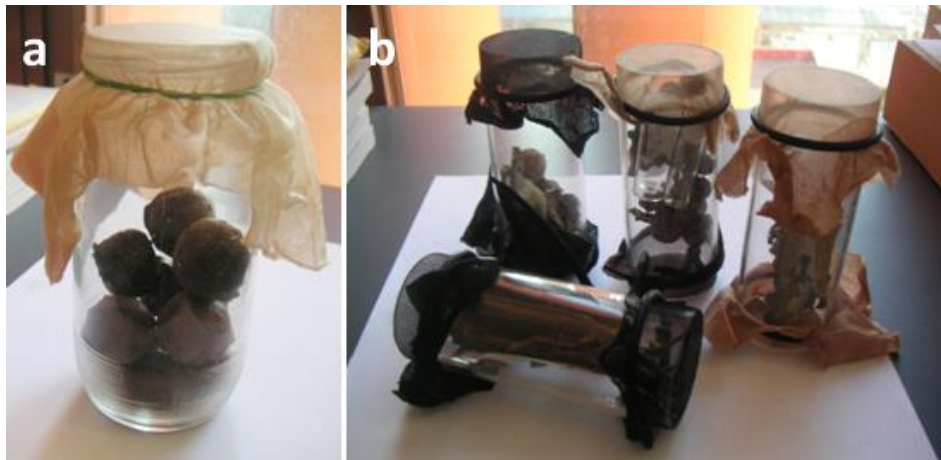


Figura 33. Medis de conservació de les gales de *Quercus* spp (comentaris al text).

3.2.3 Observació i il·lustració del material estudiat

Un cop assecats i muntats, els exemplars es van estudiar sota estereomicroscopi. Les fotografies òptiques es van fer amb una càmera Olympus SC30 acoblada a una Olympus U-CMAD3 i adaptada a un estereomicroscopi Olympus SZX10 (Fig. 34a), combinant diverses fotografies amb processament d'imatges mitjançant Helicon Focus 6.2.2. També ha estat usat el microscopi electrònic d'exploració ambiental (Fig. 34b) de canó d'emissió de camp (FEI Quanta 200 ESEM) per a imatges de resolució dura a alt voltatge (15 kV). Tant l'estereomicroscopi com la càmera Olympus es troben al Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals (UB), mentre que l'ESEM es troba als serveis tècnics científics (Serveis Científico-Tècnics) de la mateixa institució.

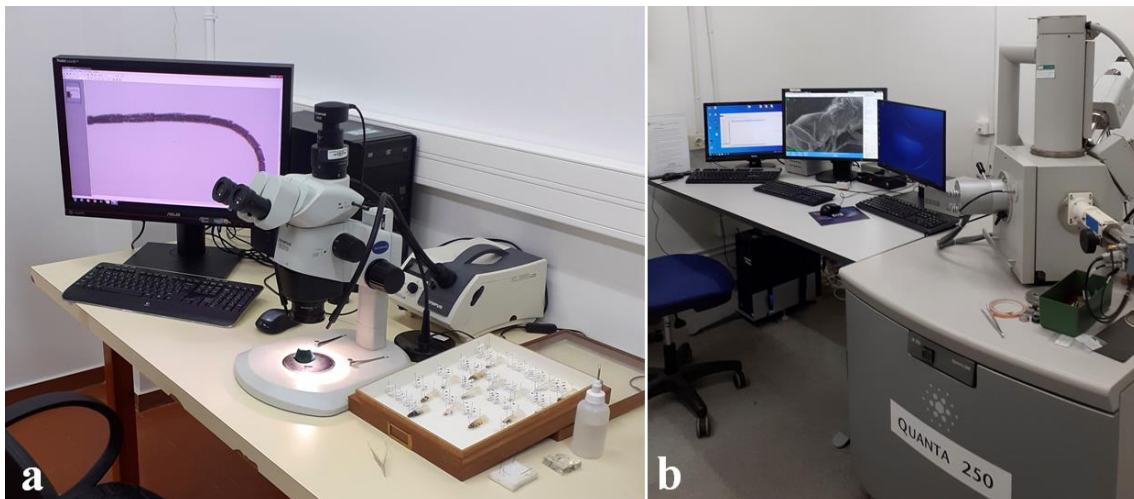


Figura 34. Estris usats per les fotografies: (a) Estereomicroscopi del Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals (UB) amb Càmera Olympus SC30, (b) electromicroscopi FEI Quanta 200 ESEM dels Serveis Científico-Tècnics (UB).

Les imatges obtingudes s'han utilitzat per il·lustrar alguns del treballs.

3.2.4. Terminologia morfològica i abreviatures

Pels caràcters diagnòstics dels cinípids i terminologia de les estructures descrites s'ha seguit Liljeblad i Ronquist (1998) i Melika (2006); en el cas dels parasitoides Graham (1969). I per l'esculturació Harris (1979).

Les mesures i abreviatures utilitzades en les diferents publicacions aquí presentades inclouen: POL (distància post-ocel·lar), com la distància entre els marges interiors dels ocells posteriors (o laterals); OOL (distància ocel·lar-ocular), com la distància des del marge exterior d'un ocel posterior fins al marge interior de l'ull compost; LOL (distància lateral-ocular), com la distància entre un ocel posterior i l'ocel mig (o frontal); i l'índex o/t com la relació entre llagàries ovipositor/tíbia. Les longituds (excepte la longitud del cos) i les distàncies es donen sempre com a mesures relatives.

Els caràcters morfològics a tenir en compte per poder seguir la clau de famílies i espècies acompanyen a la pròpia clau al capítol corresponent.

3.2.5. Determinació taxonòmica i del complex parasitoide

Per la determinació taxonòmica de les espècies de parasitoides calcidoideus s'han utilitzat les claus dicotòmiques encara inèdites, denominades "Key to chalcidoid parasitoids in oak cynipid galls" dels autors Csaba Thúroczy & Dick Askew (Manchester, Regne Unit) que van fer el 2003 en motiu del llibre "*The Oak Cynipids of the Western Palaearctic*", que havia de ser publicat per la '*Ray Society*' i que mai ha vist la llum. Aquests autors, ens han cedit amablement el seu ús per a la present tesi. Aquestes claus constitueixen des de fa alguns anys una eina inestimable per la investigació sobre comunitats de parasitoides d'himenòpters cecidògens en quercínes sent a més bàsica en l'elaboració del "Catalogue of parasitoids and inquiline cynipids oak galls in the West Palearctic" (Askew *et al.*, 2013). Així mateix han estat utilitzades les claus inèdites del director d'aquesta tesi que figuren a la seva tesi doctoral (Pujade-Villar, 1991a), o publicades en part (Pujade-Villar, J. (1989, 1991b, 1994a, 1994b), tenint en compte les revisions posteriors a 1994 fetes per alguns autors. És el cas dels gèneres *Eupelmus* Dalman, 1820 (Askew & Nieves-Aldrey, 2000; Gibson, 1995; Gibson & Fusu, 2016; Fusu, 2017), *Bootanomyia* Girault 1915 (Doğanlar, 2015), *Ormyrus* Westwood, 1832 (Narendran, 1999; Zerova & Seryogina, 2006; Zerova *et al.*, 2012), *Torymus* Dalman, 1820 (Graham & Gijswijt, 1998), *Eurytoma* Illiger, 1807 (Zerova, 2010), entre altres. També han estat incorporades les dades provinents de la clau d'entrada Askew (1961a) i es van identificar les larves utilitzant Gómez *et al.* (2008, 2011, 2013, 2017), Gómez & Nieves-Aldrey (2012, 2017) i Nieves-Aldrey *et al.* (2008).

Per a algunes de les dades que s'exposaran a la discussió ha estat consultat el coneixement que es té de cada parasitoide (Askew *et al.*, 2013 i Noyes, 2019). A més a més, Noyes (2019) ha estat utilitzat a més per saber el total d'espècies parasitoides emergides de la gala de *D. kuriphilus* a Europa.

3.2.6. Etiquetatge del material estudiat

Tot el material ha estat separat, determinat i identificat durant aquesta tesi. Els cinípids i parasitoides en alcohol de 70%, i una mostra de les diverses espècies amb cita d'hoste o localització nova ha estat convenientment etiquetada amb una etiqueta blanca per designar l'espècie en qüestió, lloc i data de col·lecció, seguint la metodologia entomològica tradicional.

3.2.7. Institució dipositària

Els espècimens parasitoides sorgits de les cambres de cria es troben dipositats i disponibles a la col·lecció J. Pujade-Villar (Universitat de Barcelona, JP-V collection) ubicada a les dependències del departament BEECA (Facultat de Biologia, UB). Aquest material serà cedit properament al Centre de Recursos de Biodiversitat Animal (Facultat de Biologia, UB).

3.2.8. Elaboració de les claus dicotòmiques

En aquesta fase de les tasques de laboratori es plantejà redactar i il·lustrar unes claus per la fauna associada a les gales de *D. kuriphilus* actualitzades i d'ús senzill per què poguessin ser usades per la comunitat científica i naturalista. Les il·lustracions dels caràcters van ser fetes a partir de les amb fotografies òptiques i electròniques segons ha estat esmentat anteriorment.

Donat que no totes les espècies parasitoides ni tots els gèneres emergits de les gales de Cynipini a Catalunya han estat detectats a les gales de *D. kuriphilus*, la clau ha estat redactada de manera que permeti discriminar essencialment les espècies emergides de la gala del castanyer tenint en compte el conjunt d'espècies conegudes a Catalunya; d'aquesta forma si un exemplar no concorda amb els caràcters explicitats, es tractaria d'una espècie no inclosa en la clau.

A més de la bibliografia utilitzada per la determinació de les espècies també han estat esmentats, en el cas de que això fos necessari, altres caràcters a les claus sorgits de la nostra experiència en determinar el material estudiat. Seria el cas per exemple de *E. azureus*, *O. pomaceus*, *T. notatus* i *T. sinensis*.

3.2.9. Fase de laboratori de l'estudi anatòmic de la gala de vespeta

En aquesta fase es va estudiar la morfologia i els canvis cito-histològics dels teixits vegetals en la formació dels cecidis. Per a aquest objectiu vam comptar amb la col·laboració del Dr. Rafael Álvarez Nogal (Universidad de León) i especialista en aquest tipus d'estudis. Vam procedir, seguint les seves indicacions, a fixar les mostres (d'1 cm²) de nervis centrals i pecíols de fulles sense gales (controls) i amb gales, amb formalina FAA (formaldehid, àcid acètic i alcohol etílic al 70%) en proporció 1:1:18.

Seguint els procediments descrits per Álvarez *et al.* (2009), les mostres es van deshidratar en sèries d'increment d'etanol i seguidament es van incrustar en Paraplast®, utilitzant

acetat d'isoamil com a medi líquid intermediari. Els blocs de parafina es van seccionar a 12 µm de gruix amb un micròtom rotatiu i els talls es van fixar a respectius portaobjectes de microscopia. Després d'una desparafinització amb xilol, aquests talls es van tenyir amb Safranin-Fast Green, es van deshidratar i muntar permanentment en Entellan® com a mitjà de muntatge sobre els portaobjectes. Altres talls es van tenyir amb Lugol per detectar la presència d'amilooplasts, i d'altres es van tenyir doblement amb Hematoxilina-Eosina pel seu estudi citològic. Finalment, talls addicionals es van muntar permanentment sense tenyir. Els portaobjectes es van examinar amb un microscopi compost Nikon E600 en condicions de camp clar, epifluorescència i llum polaritzada i es van fotografiar amb una càmera digital acoblada Olympus SC30.

3.2.10. Estudi fenològic dels borrons del castanyer

Els borrons, que són de les col·lectes del 2015, 2016 i 2017, s'han anat estudiant mitjançant lupa binocular a fi de poder observar les petites variacions del cicle en funció d'alguns factors locals ambientals a incorporar als resultats finals i deguts a les diferents zones d'on provenen els mostreigs.

En quant als estadis fenològics larvaris associats han estat contrastats estadis similars amb els obtinguts per l'equip de Pérez-Otero *et al.* (2017) a Galícia.

3.2.11. Tasques de laboratori sobre interaccions xancre-vespeta

Amb les mostres de branquillons de castanyer amb picnidis del xancre recopilades a camp, es va assajar un experiment a fi d'examinar la l'activitat d'oviposició de la vespeta com a probable responsable de la inoculació de conidiòspores del xancre als castanyers hoste. L'experiment va consistir a situar 216 adults de *D. kuriphilus* durant 5 dies dintre de recipients que contenien les mostres de castanyer amb picnidis recollits prèviament a camp, a fi d'obligar al contacte estret entre ambdós actors experimentals. A continuació aquests adults van ser transvasats a una sèrie de 36 embossaments situats repartits a 12 plançons de castanyer en condicions controlades de laboratori (Fig. 35).

En concret es van transvasar a 3 bosses per arbre a raó de 6 adults per bossa experimental durant 7 dies durant el període de vol dels adults de vespeta, temps suficient per què es poguessin efectuar les eventuais oviposicions i per tant les possibles inoculacions de conidiòspores del xancre sobre els plançons experimentals.

La analítica va ser realitzada a per l'equip del Dr. Jaume Almacelles Gort, del Laboratori d'Agricultura i Sanitat Vegetal de Catalunya a Lleida, depenent del Departament d'Acció Climàtica Alimentació i Agenda Rural de la Generalitat de Catalunya.

També s'ha fet el seguiment d'un arbre adult situat al paratge de la Rubaixa (coordenades UTM31N ETRS89 X: 445655 Y:4596469) del terme municipal de Vilassar de Dalt (Maresme), que contenia xancre i un nombre extraordinari de gales de *D. kuriphilus*.



Figura 35. Planter experimental amb els embossaments sota condicions de laboratori.

3.2.12. Tractament i anàlisi de les dades

S'enregistrà l'abundància total d'adults emergents per a cada espècie de parasitoide i, d'altra banda, es calculà un índex del grau de parasitisme a cada mostra consistent en una relació entre col·lectes totals de parasitoides i de vespetes, a l'objecte d'adquirir una idea aproximada de l'emergència dels parasitoides sobre el total de col·lectes. Com que l'aparició dels adults es produeix al interior de les cambres de cria de manera contínua al llarg del període d'emergència, s'ha procedit a la col·lecta i anotació de les dades a intervals setmanals, tant de *D. kuriphilus* com dels parasitoides emergents a fi de trobar les possibles variacions entre anualitats i establir les respectives abundàncies estacionals pel total de gales en estudi. Amb les dades obtingudes hem elaborat tot un seguit de gràfiques de corbes de vol dels adults entenent-se com el desenvolupament de les dades totals obtingudes setmana a setmana. Aquestes dades ens han permès veure les variacions en l'abundància, fenologia, etc., que succeeixen anualitat a anualitat a l'estudi al llarg dels anys o fins i tot comparar amb el què passa en altres estudis semblants d'altres autors.

Tots els parasitoides van ser també sexats per tal de disposar de la sex ratio dels adults testada contra una hipòtesi nul·la d'una sex ratio 50:50 mitjançant un test χ^2 .

Pel que fa a les diferències entre punts de mostreig, s'analitzaren estadísticament els parasitoides tant quantitativament (mitjançant la relació parasitoides/*D. kuriphilus*), com qualitativament (nombre d'espècies de parasitoides identificats a cada punt) per tots els diferents punts de mostreig, així com respectivament entre les diferents composicions en la vegetació forestal de les zones estudiades.

Després de tot el procés, s'ha enregistrat l'abundància total d'adults emergents per a cada mena de parasitoide i, per altra banda, s'ha calculat l'índex del grau de parasitoidisme a cada mostra. Aquest índex consisteix en una senzill relació entre col·lectes totals de parasitoides i *Dryocosmus*, amb l'objectiu d'adquirir una idea aproximada de l'emergència dels parasitoides sobre el total de col·lectes: (número total de parasitoides col·lectats / nombre total de parasitoides + cinípid) x 100.

En un altre ordre de coses, les dades experimentals de les experiències amb les podes s'han analitzat mitjançant un test ANOVA complementat amb una comparació per parelles de TUKEY, al 95 % de confiança.

3.2.13. Anàlisi multivariant de les dades

Totes les anàlisis que es mostren en aquests resultats han estat realitzades amb el programari *PRIMER 7 with PERMANOVA+*.

La matriu de dades correspon a les abundàncies de les espècies. S'han agregat (sumat) per a cada espècie les abundàncies de mascles i femelles. Com és habitual, la distribució dels valors de les abundàncies de diverses espècies és asimètrica, amb la presència de valors extrems, per la qual cosa s'ha utilitzat una transformació rel quadrada per reduir la seva influència. Un cop transformades les dades, s'ha utilitzat com a mesura de dissimilitud entre les punts de mostreig la distància de Bray-Curtis (Bray & Curtis 1957).

Com a tècnica exploratòria de representació de les dades, i amb la finalitat d'observar possibles relacions entre punts de mostreig i la seva evolució al llarg dels quatre anys, s'ha utilitzat un NMDS de Kruskal (*Non-metric Multidimensional Scaling*; Kruskal 1964). L'objectiu del NMDS ha estat el de representar les observacions (cada estació i any) en un espai de dimensió reduïda, de manera que l'ordenació de les distàncies entre cada parell d'observacions a la representació sigui el més fidel possible a l'ordenació de les distàncies originals. La interpretació de la representació ha estat força reveladora, en el sentit que observacions properes indicarien composicions de la comunitat d'espècies semblant. Per tractar d'estudiar si hi ha diferències significatives en la composició i estructura de la comunitat d'espècies entre punts de mostreig i entre anys, s'ha aplicat un model PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*; Anderson 2001, McArdle & Anderson 2001) de dos factors creuats (factor any i factor estació, el primer d'efectes fixos i el segon d'efectes aleatoris), executat amb $n=9999$ permutacions. L'avantatge del model PERMANOVA és que no requereix la condició de normalitat de les dades (la distribució de les abundàncies és evident que no segueix una distribució normal) i, a més, es basa directament en la informació aportada per la matriu de distàncies entre observacions (en aquest cas, la matriu de distàncies de Bray-Curtis). Com veurem, l'aplicació del model PERMANOVA ens permetrà afirmar que hi ha diferències significatives entre anys, per la qual cosa hem decidit aplicar la tècnica coneguda com CAP (*Canonical Analysis of Principal Coordinates*; Anderson & Robinson 2003, Anderson & Willis 2003), amb propòsit de cercar uns eixos a l'espai multivariant que siguin els millors en el sentit de discriminar de manera òptima entre els grups (en aquest cas, entre els anys). Novament la informació emprada és l'aportada per la matriu de distàncies de Bray-Curtis.

Finalment, s'ha aplicat una anàlisi SIMPER (*Similarity Percentages*; Clarke 1993), utilitzant com a factor o grup l'any, que permet identificar les espècies més característiques dels patrons observats, és a dir, les espècies que tipifiquen millor cada any i que, per tant, contribueixen més a les similituds intragrups; així com les que tipifiquen també de manera més rellevant les diferències entre anys (les que contribueixen més a les dissimilituds entre grups).

4. RESULTATS

4.1. Introducció als resultats

Durant la present tesi, els resultats obtinguts s'han presentat com a articles científics, que es detallen a continuació. Els articles s'ordenen segons el seu estat: publicats i en revisió (ja enviats a una revista). Els articles publicats també s'ordenen per any. Totes aquestes publicacions es divideixen en cinc capítols dins d'aquesta tesi (veure objectius).

Publicats

2016

1. Jara-Chiquito, J.L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipiodae) en Cataluña (Península Ibérica). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219-226.

2018

2. Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.

2020

3. Jara-Chiquito, J.L., Askew, R.R. & Pujade-Villar, J. 2020. The invasive ACGW *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and association with oak gall inducers in Catalonia. *Forestry*, 93(1): 178–186, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz061> [publicat el 2019 on line]. **IF: 2.133, Q1**
4. Jara-Chiquito, J.L. & Heras, J., 2020. Evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya 2020. *Catalunya forestal*, 145: 17-20.

2021

5. Jara-Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J., García Ferreira, B. & Álvarez, R., 2021. Histological changes induced by the Cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in leaves of the chestnut *Castanea sativa* (Fagaceae): Mechanisms of galling impact on host vigor. *Arthropod-Plant Interactions*, 15(2):1-11. DOI: 10.1007/s11829-021-09810-y. **IF: 1.988, Q2**
6. Jara Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J. & Heras Dolader, J., 2021. La avispa del castanyer en Catalunya: revisió de los métodos de prevención, control y cuidados paliativos. *Foresta*, 81: 50-56.

2022

7. Jara-Chiquito, J.L., Heras Dolader, J. & Pujade-Villar, J. 2022. La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86(1): 13-24. DOI: 10.2436/20.1502.01.100.

8. Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2022. Clau de determinació de les espècies parasitoides (Hym.: Chalcidoidea) de la vespeta del castanyer a Catalunya i comentaris de la seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym.: Cynipini). Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 86(2): 67-85. DOI: 10.2436/20.1502.01.110

En avaluació

9. Jara-Chiquito, J.L., Oliva, F., Lobato-Vila, I. & Pujade-Villar, J. (en avaluació). Variations in parasitoid populations attacking *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) over a four-year period in Catalonia (Spain). Journal of Plant Interactions, submitted. [IF: 4.029 (2021), Q1]

4.2. Capítol 1

**Implicacions morfo-funcionals a
Castanea sativa per la presència
de gales de *Dryocosmus kuriphilus***

Aquest capítol, eminentment botànic quant a la seva aproximació al cinípid, desvela els mecanismes d'impacte sobre el vigor del castanyer que ocasiona *D. kuriphilus* degut a la inducció i formació de gales a les tiges, els pecíols i les nervacions centrals de les fulles. Concretament, inclou un únic treball en el que s'analitzen per primer cop les variacions cito-histològiques dels teixits vegetals que configuren la gala a les fulles de l'arbre hoste, tant als pecíols com a les làmines foliars. La comprensió dels canvis morfogenètics en els òrgans hostes és important per avaluar com els recursos vegetals es redirigeixen a les gales.

El treball que incorpora aquest capítol és:

4.2.1. Jara-Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J., García Ferreira, B. & Álvarez, R., 2021. Histological changes induced by the Cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in leaves of the chestnut *Castanea sativa* (Fagaceae): Mechanisms of galling impact on host vigour. *Arthropod-Plant Interactions*, 15(2):1-11. DOI: 10.1007/s11829-021-09810-y.

En resum, en aquest treball es detalla la localització de les larves de *D. kuriphilus* que es situen a la regió central dels pecíols joves i les nervadures centrals de les fulles, concretament a la regió medul·lar, envoltades de teixits vasculars; l'augment de les capes cel·lulars i del volum és molt visible en els teixits primaris precursors de les gales, és a dir, el parènquima, el col·lènquima i l'esclerènquima que s'originen a partir del meristema primari; la formació de la gala provoca la separació del sistema vascular original en diversos feixos vasculars col·laterals i amfícribrals; la ramificació de la xarxa vascular probablement afavoreix la redirecció dels recursos des del desenvolupament de les fulles a les gales mitjançant mecanismes hidràulics compensatoris; les ràpides taxes de creixement de les gales probablement es troben recolzades per un augment del subministrament d'aigua; els revestiments nutritius citoplasmàtics són densos i metabòlicament actius dins les cambres larvàries i són l'única font d'aliment de les larves; les cèl·lules nutritives es mantenen per un ric subministrament vascular; la rediferenciació del teixit mecànic que envolta el teixit nutritiu també requereix energia i protegeix la larva de *D. kuriphilus* fins a la pupa. La presència d'aquestes gales i els seu desenvolupament causen la inhibició del creixement dels arbres la qual cosa redueix la productivitat dels castanyers.

4.2.1. Canvis histològics induïts per la vespeta del castanyer *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) a les fulles del castanyer *Castanea sativa* (Fagaceae): mecanismes en la formació de les gales que impacten contra el vigor de l'hoste

Jara-Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J., García Ferreira, B. & Álvarez, R., 2021. Histological changes induced by the Cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in leaves of the chestnut *Castanea sativa* (Fagaceae): Mechanisms of galling impact on host vigor. *Arthropod-Plant Interactions*, 15(2):1-11. DOI: 10.1007/s11829-021-09810-y.

IF: 1.988, Q2



Histological changes induced by the cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in leaves of the chestnut *Castanea sativa* (Fagaceae): Mechanisms of galling impact on host vigor

Juan-Luis Jara-Chiquito¹ · Juli Pujade-Villar¹ · Bruno Garcia Ferreira² · Rafael Álvarez³ Received: 16 April 2020 / Accepted: 11 February 2021
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2021

Abstract

Dryocosmus kuriphilus (Hymenoptera: Cynipidae), the Asian chestnut gall wasp (ACGW), is an invasive pest that threatens native stands and orchards of European Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.). ACGW induces galls in stems, petioles, and midribs. These galls cause inhibition of tree growth and fruit production. An understanding of morphogenetic changes in host organs is important to evaluate how plant resources are redirected to galls. Structural divergences in *C. sativa* petioles, midribs, and respective galls were investigated. Larvae of *D. kuriphilus* are found in the central region of young petioles and midribs in the spring. They are positioned in the pith region of petioles and midribs, surrounded by vascular tissues. The increase in cell layers and volume is evident in the ground tissues of galls, i.e., parenchyma, collenchyma, and sclerenchyma that originate from ground meristem. Gall formation causes the separation of the original vascular system into several collateral and amphicribal vascular bundles. The vascular web branching likely favors the redirection of resources from developing leaf blades to the galls by compensatory hydraulic mechanisms. The rapid growth rates of galls are likely supported by an increased water supply to gall sites. Cytoplasmically dense and metabolically active nutritive linings of the larval chambers are the sole source of food for larvae. Nutritive cells are maintained by a rich vascular supply. The redifferentiation of mechanical tissue surrounding the nutritive tissue also requires energy and protects the *D. kuriphilus* larva until pupation. These vascular alterations impact the normal formation of tissues in distal regions of the leaf, which reduces the productivity of chestnut trees.

Keywords Cell hypertrophy · European Sweet Chestnut · Hyperplasia · Nutritive tissue · Vascular neof ormation

Introduction

Most cynipids (Cynipidae, Hymenoptera) are not considered economic pests (Stone et al. 2002; Pujade-Villar 2014), but a notable exception is *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu 1951), also known as Asian chestnut gall wasp (ACGW). This wasp is the most harmful pest of *Castanea* spp. (Fagaceae, Fagales), due to the severe loss of fruit yield caused by its galls on leaves and shoots (Acbi et al. 2006; Quacchia et al. 2008).

Galls are neof ormed plant structures, induced by organisms such as insects, mites, nematodes or microorganisms (Mani 1964). Gall inducers, especially insects and mites, are usually specific to their host-plant species. The anatomy and metabolism of gall morphotypes are strongly related both to the species of gall inducer and the species of its host

Handling Editor: Heikki Hokkanen.

✉ Bruno Garcia Ferreira
bgf@biologia.ufrj.br

¹ Facultat de Biologia, Departament de Biologia Animal, Avda. Diagonal, 645, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, Spain

² Instituto de Biologia, Departamento de Botânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ 21941-902, Brazil

³ Facultad de Biología, Departamento de Biología Celular, Universidad de León, 08193 León, Spain

Published online: 05 March 2021

Springer

plant (Stone and Schönrogge 2003; Ferreira et al. 2019a). We still know little about the process of gall initiation and how cynipid inducers control plant growth. Some signaling molecules are known to cause initial modifications in plant cell development; however, no gene transference has been observed (Ferreira et al. 2019a; Cambier et al. 2019; Hearn et al. 2019). Galls are induced to provide both nutrients and shelter for the developing larva, and may also provide protection against natural enemies and harsh environmental conditions (Price et al. 1987; Stone and Schönrogge 2003; Álvarez et al. 2009), and the same occurs in galls of *D. kuriphilus*.

The ACGW is native to China and was accidentally introduced first into Japan (Shirakami 1951; Yasumatsu 1951) and other countries in Asia, then into the USA (Payne et al. 1975). More recently, ACGW invaded Europe (Brussino et al. 2002), reaching Catalonia (Spain) in 2012 (Pujade-Villar et al. 2013). It has now spread throughout the entire Iberian Peninsula (Jara-Chiquito et al. 2016), where it infests native stands and orchards of European Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.).

The invasive *D. kuriphilus* and its galls cause serious damage and economic loss. Up to 75% of fruit production can be lost (Payne et al. 1975; Brussino et al. 2002) because heavy galling inhibits shoot development, reduces foliage photosynthetic area, and suppresses floral sprouting. Heavy galling has even led to tree mortality (Acbi et al. 2006).

The life cycle of *D. kuriphilus* begins when adults lay eggs inside the winter buds in May–July (Itô et al. 1962; Warmund 2013). The eggs are deposited in the youngest leaf primordia. The larvae hatch 30 to 40 days after oviposition but remain in the buds until the next spring, when the buds begin to grow (Brussino et al. 2002; Viggiani and Nugnes 2010). During the winter, the buds are covered with densely mated, small white trichomes, and infected buds cannot be detected (Warmund 2013). After budbreak in the spring, larvae develop in synchrony with the development of the buds. They feed for 20 to 30 days inside the leaf primordia or the stem apical meristem and induce the formation of visible leaf galls on the petioles and midribs of leaves or on stems (Fig. 1). Each gall consists of green or red swellings 5–40 mm in length. The larvae are fully grown by the middle of spring (Warmund 2013). The adults leave the mature galls in early summer and oviposit in new chestnut buds. By autumn, the abandoned chestnut galls senesce, but remain on the tree for one to two more years, while the tips of galled branches die. Because of this dieback, galled branches do not produce chestnuts in the following year (Quacchia et al. 2008; Warmund 2013).

The location and number of larval chambers in cynipid galls are influenced by maternal oviposition, whereas gall initiation and maintenance are influenced by oviposition and larval feeding (Folliot 1977; Reale et al. 2014; Cambier



Fig. 1 Chestnut galls induced by *Dryocosmus kuriphilus* showing a midrib gall (1) and a petiole gall (2). The dashed white lines indicate transverse sectioning orientation for the histological study. **Scale bar** = 1 cm

et al. 2019). Since galls are formed entirely of plant tissues, gall initiation and growth are influenced by host-plant traits and by environmental factors (Bailey et al. 2009). Normal plant development follows the morphogenetic patterns determined by plant meristems, which are changed by the galling stimuli, whereas the rearrangement of gall tissues begins in meristematic tissues such as protoderm, ground meristem and procambium, leading to overdifferentiation and/or inhibition of some anatomical structures, and sometimes to cell redifferentiation (Ferreira et al. 2019a; Hearn et al. 2019).

Layers of nutritive tissue that line the larval chamber begin forming soon after the galls are initiated. Nutritive tissues in galls are formed by specialized parenchyma, with dense cytoplasm, prominent nucleus, and accumulation of primary metabolites, near the feeding sites (Schönrogge et al. 2000; Ferreira et al. 2017). An increase in the amount of nutritive substances in ACGW gall tissues is thought to occur, even though the histological changes that lead to the loss of plant vigor are unknown (Warmund 2013; Reale et al. 2014). A sclerenchyma sheath usually develops around the nutritive layers, as larval feeding continues and the gall matures (Warmund 2013; Ferreira et al. 2019a). The innermost layers lining the larval chambers are morphologically similar in all cynipid galls. Generation- and species-specific gall structures result from variation in the development of the outer parenchyma and dermal-system tissues (epidermis and/or periderm) (Shorthouse and Rohlfritsch 1992; LeBlanc and Lacroix 2001; Stone et al. 2002; Stone and Schönrogge 2003; Bragança et al. 2020).

Vascular tissues within galls are connected to those of the host organ, and the vascular web is usually increased by hypertrophy or hyperplasia in vascular tissue, and by vascular neof ormation. The vascular web of galls and ungalled plant organs is located within the layers of parenchyma or sclerenchyma, since procambial strands are surrounded

by ground meristem tissues in developing plant organs (Rohfritsch 1992). Therefore, the rearrangement of vascular tissues in gall formation may also be influenced by changes in growth rate during the phase of growth and development (Isaias et al. 2018; Ferreira et al. 2019a; Bragança et al. 2020). When the gall tissues are differentiated, the larvae continue to feed until they complete their development and leave the galls, and gall growth ceases (Folliot 1977).

Studies of gall anatomy began in earnest in the 1800s with researchers such as Lacaze-Duthiers (1853), Beijerinck (1883), and Fockeu (1889), who used classical histological techniques to show changes from gall initiation to maturity. A resurgence of these techniques occurred in the late 20th Century, when researchers such as Bronner (1975, 1977), Meyer and Maresquelle (1983), Pujade-Villar (1987), Shorthouse and Rohfritsch (1992), Brooks and Shorthouse (1998), Arduin and Kraus (1995), Kraus and Tanoe (1999), and Souza et al. (2000) made important contributions to the field. Probably the first major gall studies are those of Houard (1904) and Ross (1932). Notable studies of cynipid gall histology include examinations of *Biorhiza pallida* by Rey (1966, 1967, 1969, 1971), *Plagiotrochus suberi* by Garbin et al. (2005), and gall morphotypes of several species by Harper et al. (2004).

The present study assessed changes in the histological features induced by *D. kuriphilus* in leaves of *C. sativa*, by comparing the anatomy of mature galls induced on petioles and midribs with corresponding ungallo structures. Because the anatomical and vascular rearrangement may indicate the role of gall anatomy in the redistribution of water and photoassimilates, we concentrated on changes in the vascular system. The results may be useful in future studies of source-sink relationships in *C. sativa*, which could affect leaf development and reduce plant productivity. This contribution describes histological features of ACGW galls on *C. sativa*, observations complementing those of Warmund (2013), who studied initial morphological and physiological changes during gall induction by *D. kuriphilus* in *Castanea mollissima* Blume.

Materials and methods

Fresh ungallo, recently expanded leaves (midribs and petioles), along with gallo petioles and midribs ($n = 5$ each) were randomly collected from lower branches of the host *Castanea sativa* in May 2018, when the galls contained full-grown larvae (Warmund 2013). Collected galls were mature (Fig. 1), containing full-grown larvae that were still actively feeding. Collections were made from different natural stands of chestnuts located in Catalonia (Spain). The host trees were growing close to mixed forests that contained native species of oak (Jara-Chiquito et al. 2019). Samples

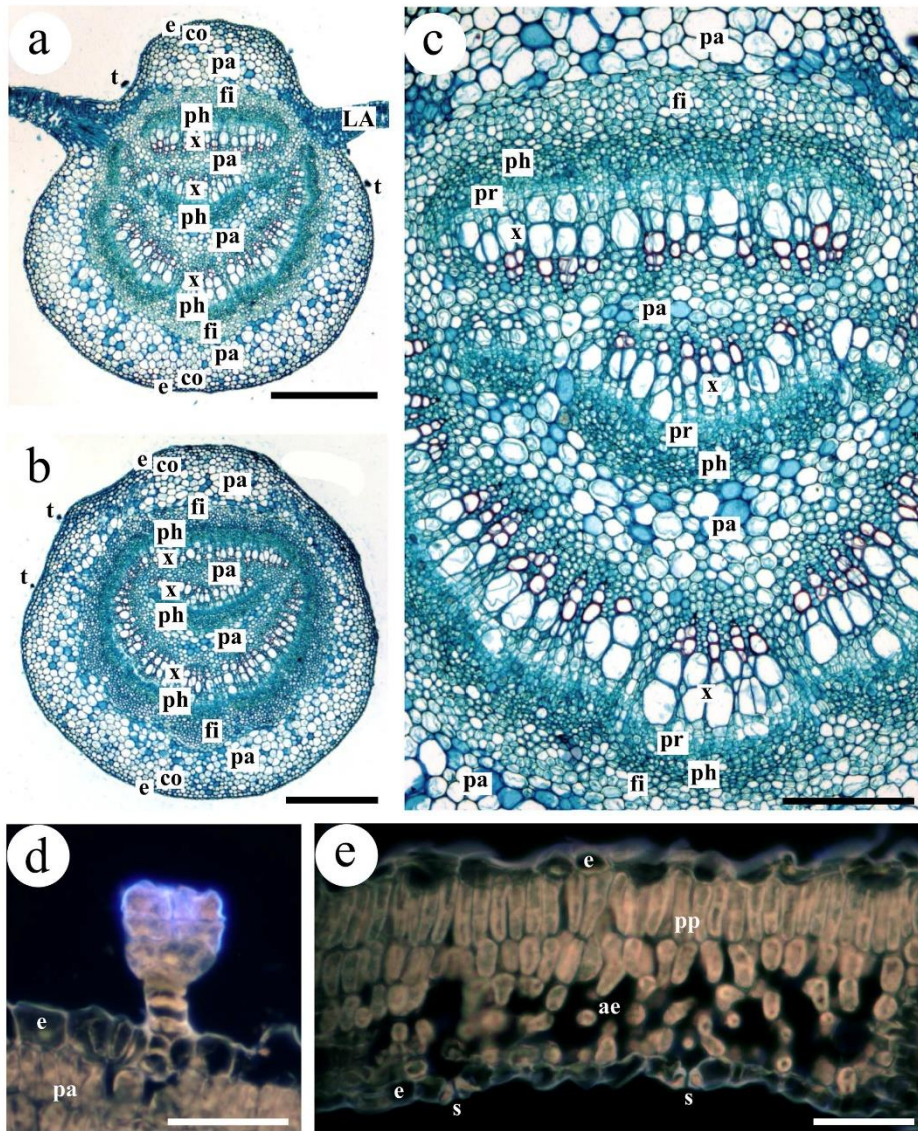
(1 cm²) of ungallo leaf midribs and petioles (controls), and galls were fixed in FAA formalin fixative (formaldehyde, acetic acid and 70% ethyl alcohol, 1:1:18). Following the procedures described by Alvarez et al. (2009), samples were dehydrated in an increasing ethanol series and embedded in Paraplast®, using isoamyl acetate as an intermediate liquid medium. Paraffin blocks were sectioned at 12 µm in a rotary microtome and the sections were affixed to microscope slides. After deparaffinization with xylol, sections were stained with Safranin-Fast Green, dehydrated, and mounted permanently in Entellan® on microscope slides. Additional sections were stained with Lugol to detect the presence of amyloplasts, and others were double-stained with Hematoxylin-Eosin for cytological study. Additional sections were permanently mounted without staining. Slides were examined with a Nikon E600 compound microscope under brightfield, epifluorescence, and polarized light conditions and photographed with a coupled digital camera.

Results

Histology of ungallo leaves (Fig. 2)

Midrib (from adaxial to abaxial side) (Fig. 2a, c)

The midribs of recently expanded leaves are encased with a single layer of epidermis on the adaxial (upper) surface, with small cubic cells covered externally with a thin cuticle. A layer of approximately 7–11 cortical cells is present outside the vascular system, with a mean of 8.37 layers of cells. The cortical layer of the midrib is composed of 3–6 layers of subepidermal annular collenchyma, followed by 5–8 layers of homogeneous storage parenchyma. The cortical layers encase a vascular system that appears circular in transverse section (Fig. 2a). The entire vascular system is encased externally with a bundle sheath composed of the innermost layer of storage parenchyma. Three to six cylindrical layers of developing pericycle fibers (still depositing secondary cell walls) (Fig. 2c) encase the vascular system. The vascular system is organized in three portions that appear arched in transverse section (hereafter: arcs) (Fig. 2a, c). The adaxial vascular arc is convex and is composed of, from the upper to lower layers: adaxial phloem, procambial cells, differentiating metaxylem, and protoxylem, and is considered bicollateral (the phloem portion is positioned on the adaxial and abaxial sides of the xylem portion). Four to six layers of storage parenchyma separate one arc from the next. The two abaxial vascular arcs are concave, bicollateral, and composed of, from the upper to lower layers: protoxylem, differentiating metaxylem, procambial cells, and phloem (Fig. 2c). Different stages



of vessel elements are found in the vascular arcs, from the procambium to the mature metaxylem cells. A remaining procambium (smallest cells without secondary wall) between the xylem and phloem differentiates additional

young vessel elements (large cells without a secondary wall or with little secondary wall), and mature vessel elements already have lignified secondary walls and are dead at maturity (Fig. 2c).

Fig. 2 Anatomy of control leaf of *Castanea sativa* Mill. (Fagaceae). a. Cross section of leaf midrib. Note the three vascular arcs from the adaxial face to the abaxial face; in the first, phloem (ph)/xylem (x); in the second, xylem/phloem; and in the third, xylem/phloem. The three arcs are surrounded by bundle sheath fibers (fi). Note the parenchyma cells between the first and the second vascular arcs, and between the second and the third. b. Transverse section of petiole. As in the midrib, there are three vascular arcs surrounded by bundle sheath fibers (fi), and two sets of parenchyma cells (pa) between the vascular arcs. c. Detail of the vascular arcs. Note the procambium between the phloem (ph) and the xylem (x). d. Multicellular glandular trichome on midrib. e. Leaf lamina with chlorophyll palisade parenchyma (pp) in adaxial region and aerenchyma (ae) in abaxial region. Stains: a, b, c. Safranin-Fast Green. Microscope illumination: a, b, c. Brightfield. d, e. Epifluorescence. Abbreviations: *ae*: aerenchyma, *bu*: bundle sheath fibers, *co*: collenchyma, *e*: epidermis, *LA*: leaf lamina, *pa*: parenchyma, *ph*: phloem, *pp*: chlorophyll palisade parenchyma, *pr*: procambium, *s*: stoma, *t*: trichome, *x*: xylem. Scale bars: a, b = 500 μ m; c = 200 μ m; d, e = 50 μ m

The lower midrib cortex comprises 4–6 layers of homogeneous storage parenchyma, followed by 4–6 layers of annular collenchyma. The latter is encased with an abaxial single layer of epidermis with small cubical or papillose cells, covered with a thin lower cuticle. Sparse multicellular glandular trichomes (Fig. 2d) are present. Amyloplasts are uncommon in the cortical parenchyma cells. Druses are found in the parenchyma, in smaller numbers in the cortical cells (the largest ones) than in the parenchyma between the vascular arcs, where the smallest druses are present.

Petiole (from adaxial to abaxial side) (Fig. 2b, c)

The petiole is covered with a single layer of small cubical epidermal cells, covered with a thin cuticle. The petiole cortex is encased by the epidermis and comprises 4–6 layers of annular collenchyma, followed by 4–10 layers of homogeneous storage parenchyma. About 8–12 cell layers of collenchyma and parenchyma occur in the petiole cortex, with an average of 10.00 layers of cells.

A continuous cylinder of differentiating bundle-sheath fibers surrounds the entire vascular system. The vascular system is divided into three collateral vascular arcs, with xylem opposed to phloem cells, as seen in transverse sections, separated by the storage parenchyma (Fig. 2b). The adaxial vascular arc is convex and is sometimes fused with the abaxial vascular arc, forming a cylinder. From the upper to lower layers, the adaxial arc is composed of phloem, procambium, metaxylem and protoxylem. A storage parenchyma with homogeneous cells separates the vascular arcs. The two abaxial vascular arcs are also collateral, but the protoxylem is adaxial, followed by metaxylem, procambial cells, and abaxial phloem. The abaxial layers of the petiole arc composed of 5–8 layers of homogeneous storage parenchyma, followed by 3–6 layers of annular collenchyma (Fig. 2b). The abaxial epidermis is a single layer composed

of flat cells covered with a thin cuticle. Multicellular glandular trichomes (Fig. 2d) are common.

Druses are abundant in the parenchyma outside the bundle sheath, and in the innermost cells, with the largest druses occurring outside the sheath. Amyloplasts occur sparsely in the cortical parenchyma.

Leaf blade (from adaxial to abaxial side) (Fig. 2e)

The adaxial side of the leaf blade is covered with a single layer of epidermis, with large flat cells and a thin upper cuticle. The mesophyll is dorsiventral, with 2–3 layers of palisade parenchyma containing chloroplasts, followed by 3–4 layers of chlorophyllian aerenchyma with a small meatus. The abaxial epidermis is a single layer of small cubical cells, stomata, and some multicellular glandular trichomes. Numerous large druses occur in the aerenchyma cells. No amyloplasts were observed.

Galls of *Dryocosmus kuriphilus* (Fig. 3)

Midrib gall (Figs. 1, 3a)

The galls are covered with a single layer of epidermis with small flat cells on the outside, covered with a thin cuticle. Some multicellular glandular trichomes (Fig. 2d) are present. Annular or laminar collenchyma (2–3 layers) occurs in the subepidermal layers, with hypertrophied cells and slightly thickened cell walls, adjoining a homogeneous storage parenchyma with hypertrophied cells. About 26–37 layers of large cells (mean 30.14 layers) compose the cortical region of the galls. The vascular system is divided into small vascular bundles within the cortical storage parenchyma, surrounding the ovoid larval chamber (Fig. 3a). The majority are open collateral vascular bundles (Fig. 3c), i.e., with the phloem facing outward and a remaining procambium between the xylem and phloem. Some vascular bundles are amphicribal (i.e., the phloem surrounds the xylem) (Fig. 3d) and surrounded by bundle-sheath fibers on the phloem side (Fig. 3c). Storage parenchyma closest to the vascular bundles has abundant medium-sized druses, but these druses are smaller than those in the outermost storage parenchyma. Amyloplasts were not observed in gall tissues.

The innermost cell layers of the gall usually surround a single larval chamber, but sometimes more than one larval chamber is found per gall. About 15 layers of sclereids under the cortical storage parenchyma form a mechanical tissue (sclerenchyma sheath), which surrounds each larval chamber (Fig. 3f). Internally, a 5-layered nutritive tissue lines the larval chamber and is encased by the sclerenchyma sheath (Fig. 3g, h). The nutritive tissue consists of large, basophilic cells, with porous-appearing cytoplasm, a large nucleus

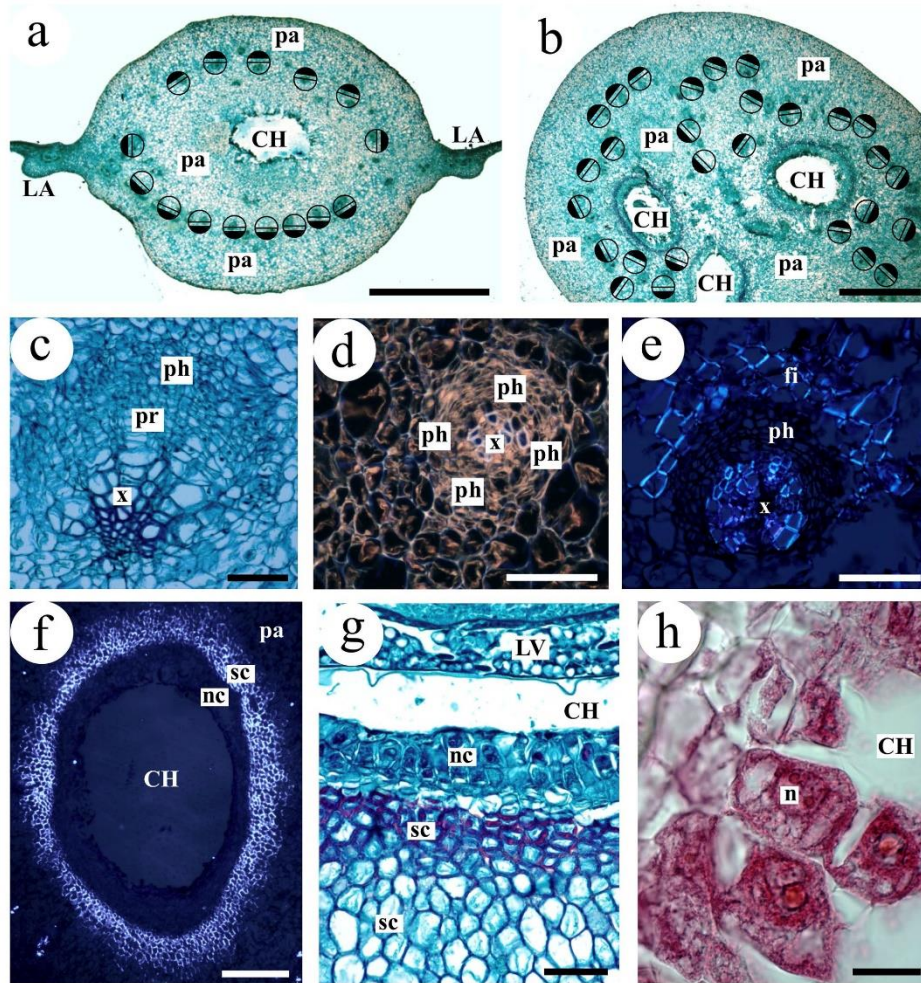


Fig. 3 Anatomy of galls induced by *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu 1951) (Hymenoptera: Cynipidae) on leaves of *Castanea sativa* Mill. (Fagaceae). a. Midrib gall with a single larval chamber. Each circle indicates a vascular bundle, with the portions filled in black indicating the phloem position. Note that the larval chamber (CH) is surrounded by scattered vascular bundles, with the phloem facing outward. b. Portion of multilocular gall (with three larval chambers) induced in the petiole. The three larval chambers (CH) are surrounded by scattered vascular bundles where the phloem is arranged peripherally. c. Open collateral vascular bundle. d. Amphicribal vascular bundle. e. Collateral vascular bundle with bundle sheath fibers

(fi) outside the phloem (ph). f. Nutritive cells (nc) lining a larval chamber, and adjoining layers of sclerenchyma (sc). g. Sclereids (sc) near the nutritive cells (nc) have thickened secondary walls. h. Nutritive cells with characteristic granulosic cytoplasm and prominent nuclei. Stains: a, b, c, g, h. Brightfield. d. Epifluorescence. e, f. Polarizing. Abbreviations: *bu*: bundle sheath fibers, *CH*: larval chamber, *LA*: leaf lamina, *LV*: larva, *n*: nucleus, *nc*: nutritive cells, *pa*: parenchyma, *ph*: phloem, *pr*: procambium, *sc*: sclereids, *x*: xylem. Scale bars: a, b = 2 mm; c, d, e, g = 100 µm; f = 500 µm; h = 20 µm

with abundant euchromatin, and a conspicuous nucleolus (Fig. 3g).

Petiole gall (Fig. 3b)

Petiole galls are covered with a single layer of epidermis with periclinally elongated rectangular cells, covered with a thin cuticle. Multicellular glandular trichomes are found on the epidermis, similar to those occurring on the control petiole (Fig. 2d). A subepidermal collenchyma with 2–3 layers is sometimes present, all with slightly thickened cell walls. A homogeneous storage parenchyma is present, with hypertrophied polyhedral or obliquely elongated cells. The cortical region of the gall (collenchyma and parenchyma) has 23–40 layers of these hypertrophied cells (33.88 cell layers on average). Amyloplasts and druses were not observed in gall tissues.

A set of small vascular bundles is encased in the storage parenchyma, usually arranged in a circle, parallel to each larval chamber. Sometimes they are open (i.e., with a remaining procambium) collateral (i.e., the phloem is only on the abaxial side of the xylem) bundles (Fig. 3c) (almost always with the phloem outward), and sometimes amphicribal bundles (Fig. 3d). The vascular bundles are sometimes encompassed by fibers in the outer region (Fig. 3c). The innermost cell layers are composed of a mechanical tissue, with 5–15 layers of sclereids (Fig. 3f, g). A nutritive tissue with basophilic and granular cytoplasm, and a large nucleus and nucleoli, lines the larval chambers (Fig. 3g), surrounded by the mechanical tissue (Fig. 3h). Most petiole galls have 1–3 larval chambers.

In cases where the galls coalesce, the larval chambers are separated by several layers of storage parenchyma. When the larval chambers are close together, the mechanical layers commonly fuse, and lack vascular bundles in the fusion area. When the larval chambers are contiguous, they merge into a large lobed chamber with a continuous sclerenchyma ring.

Discussion

Impacts of galls on structures of host organs

The observations on leaf anatomy reported here agree with those of Pinto et al. (2011) and may explain how the inducer larvae change the meristematic activity in the developing petioles and midribs. A differential arrangement of the vascular system occurs in the petiolar and midrib galls, and may be explained by the intense cell hypertrophy and proliferation of ground tissues (collenchyma and parenchyma). The vascular web is increased inside the gall, due to the intense cell proliferation in meristematic tissues, leading to the segregation of the vascular arcs into separate vascular bundles.

Branching of the vascular web and hypertrophy of vacuolated parenchyma likely result in diversion of water and photoassimilates to the gall rather than the ungalled distal portions of the leaf. Hydraulic compensation mechanisms would favor water accumulation in galls, and consequently their growth. Histological changes observed during gall formation likely lead to changes in source-sink strength, affecting the continuity of growth in the affected branches and the production of chestnut fruit.

The first-instar larvae induce alterations in epidermal cells after the eggs hatch. At this stage, alterations occur in surface cells, with proliferation and stratification of epidermal cells surrounding the larva, forming a cup-shaped larval chamber (Reale et al. 2014). The leaf primordia epidermis may be distinguished in this stage, with glandular trichomes already present (Reale et al. 2014). First-instar larvae overwinter in the dormant buds, and in the spring, the galls grow and mature (Itô et al. 1962).

Alterations in dermal and ground tissues in galls

Our results showed that the larvae occupy the central region of young petioles and midribs after the dormancy period, forming gall chambers encased by procambial tissues, and leading to changes in the arrangement of vascular tissues. As the epidermis is already differentiated in young leaf primordia, similar epidermal structures are found on the galls. The gall epidermis remains a single layer, but the cell expansion patterns are slightly modified, becoming periclinally elongated and non-papillose. This alteration is due to cell hypertrophy and hyperplasia in the ground-system cells, increasing the gall volume. The epidermal cells are elongated to accommodate the increased surface area, as is common in galls of other species (Álvarez et al. 2009; Isaias et al. 2011; Ferreira and Isaias 2013, 2014; Oliveira et al. 2016). Compared to the ground and vascular tissue systems, the dermal system shows fewer alterations in gall development, since the protoderm differentiates into epidermis earlier than the other primary meristems (Raman 2011; Nobrega et al. 2021), as occurs in the galls studied here. More-complex alterations in the epidermis reflect the complexity of the gall, with changes in the density, size, and morphology of trichomes and stomata, and other epidermal specializations (Ferreira et al. 2019a; Nobrega et al. 2021). Complex cynipid galls may have sticky, spiny, or resinous surfaces, due to the neof ormation of emergences (indumentum formed by dermal and subepidermal tissues) in galls, and function as barriers against parasitoids and other natural enemies (Stone and Schönrogge 2003).

Although only minor changes occur in the epidermis, the tissues beneath this layer undergo substantial anatomical changes, involving the appearance of new tissues, including a layer of sclerenchyma, nutritive cells, and a

rearrangement of the vascular system. These changes categorize the gall as the prosoplasmatic histioid type (see Ferreira et al. 2019a), as is typical for galls of other species of cynipids (Rohfritsch 1992; Brooks and Shorthouse 1998). Galls of cynipids are considered the most structurally complex (Rohfritsch 1992; Brooks and Shorthouse 1998; Ferreira et al. 2019a).

Extensive cellular hyperplasia and hypertrophy occur in the ACGW gall, as is typical for the galls of most species (Mani 1964; Rohfritsch 1992; Brooks and Shorthouse 1998; Bronner 1992; Ferreira et al. 2017, 2019a). Hyperplasia and hypertrophy are extensive in ground tissues during gall development. Hyperplasia results in an increase in the number of layers of cortical cells (from 8.37 to 30.14 in control midribs compared to midrib galls; and from 10 to 33.88 in ungalloled petioles compared to petiole galls). Collenchyma cells also enlarge, with a concomitant decrease in the thickness of cell walls. Druses or other crystal types are usually more abundant in galls than in ungalloled organs (Dias et al. 2013; Guimarães et al. 2014; Jankiewicz et al. 2017; Ferreira et al. 2019b; Álvarez et al. 2021). The galls studied here showed a reduction or absence of druses, which can be also detected in other gall morphotypes, depending not only on the host-plant species but also on the species of gall inducer (Álvarez et al. 2009).

The inner layers of the ground tissues are also altered in ACGW galls. The mechanical tissue is formed by cell redifferentiation of parenchyma into several layers of cells with thick secondary walls, the sclereids, which lend rigidity to the structure (Ferreira et al. 2019a). Sclerenchyma layers or mechanical tissues are commonly observed in galls of cynipids (Hymenoptera) (Rohfritsch 1992; Brooks and Shorthouse 1998). Sclerenchyma differentiation occurs during the gall maturation phase, after the growth and development phase (Rohfritsch 1992), as observed by Warmund (2013) for ACGW galls. The amount of sclerenchyma in these galls was negatively correlated with the number of parasitoids per gall, as observed by Cooper and Rieske (2010), probably due to the rigid secondary cell walls, which protect larvae in mature galls from oviposition by parasitoids (Stone and Schönrogge 2003).

The innermost layers of ACGW galls have cells with a dense cytoplasm, relatively large nucleus, and nucleoli, which indicates that these are metabolically active nutritive cells (Brooks and Shorthouse 1998; Ferreira et al. 2017, 2019a). Nutritive tissues are common in galls induced by larvae with a chewing feeding habit, and usually accumulate lipids and proteins important for insect nutrition (Bronner 1975, 1977, 1992; Brooks and Shorthouse 1998; Isaias et al. 2018; Ferreira et al. 2019a). Lipid bodies, mitochondria, and fragmented vacuoles were observed by Warmund (2013) in nutritive tissues of ACGW galls on *C. mollissima*.

Changes in vascular web of ACGW galls and possible role in reducing host-plant vigor

The processes of cell proliferation and hypertrophy in the ground tissues lead to the separation of the original vascular arcs of ungalloled petioles and midribs into several vascular bundles, arranged in circles parallel to larval chambers. We assume that the branching of the vascular system around the gall chambers enhances the supply of water and photoassimilates to the gall. Even though most of the vascular bundles of the galls are open (i.e., contain a remaining procambium that differentiates into new vascular elements) and collateral (adaxial xylem and abaxial phloem), some of them are amphicribal (i.e., the phloem surrounds the xylem), indicating that the ACGW has altered the pattern of procambium differentiation. The occurrence of procambial neof ormation, together with the branching of the vascular system, may explain the different patterns and sizes of the vascular bundles embedded in the gall parenchyma.

Changes in hormonal balance resulting in vascular neof ormation were shown in galls of *Agrobacterium tumefaciens* (Aloni et al. 1995; Dodueva et al. 2020), affecting the transport of nutrients, water, and photoassimilates. The apparent reduction of the vessel element diameter in neof ormed vascular bundles of ACGW galls may be related to increased pressure in the gall xylem, reducing the hydraulic conductivity. In this situation, compensatory mechanisms may lead to transport of water to adjacent cell walls and vacuoles of the cortical parenchyma (Bragança et al. 2020). This hydraulic compensation may enhance gall growth, since increased vacuolar turgidity is essential in cell hypertrophy and proliferation. Therefore, the hydraulic compensation could increase water absorption due to the altered vascular web, affecting water distribution in ungalloled portions of the leaf and petiole. The reduced hydraulic conductivity increases the hormonal supply and the sink strength in galls of *A. tumefaciens* (Aloni et al. 1995; Ullrich and Aloni 2000), which likely negatively impacts the growth of ungalloled portions of the galloled branches.

Conclusion

Dryocosmus kuriphilus induces changes mainly in the ground and vascular system tissues of leaf primordia, leading to alterations in the arrangement of vascular tissues. Changes in the organization of the vascular system are caused by the intense hyperplasia and hypertrophy in the gall parenchyma and collenchyma, leading to a branched vascular web around the larval chamber. The histological changes reported here will help to decipher the possible metabolic developmental pathways, supporting future investigations

of the signal patterns and gene expression manipulated by inducers to redirect resources to their own benefit.

Acknowledgements We thank Dr. Adoración Candelas González for the revision of a previous version of the manuscript, and Dr. Janet Reid (JWR Associates) for language revision and proofreading.

Authors contribution JPV and RA conceived the research. JIJ did the sampling. RA designed and conducted the microscopic stains and made the pictures. RA and BGF analyzed and discussed results. JIJ and JPV wrote the first version of the manuscript. RA and BGF modified the first version. All authors read and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Consent to participate All listed authors have approved the manuscript before submission, including the names and order of authors.

Consent for publication All listed authors have approved the submission of this manuscript to Arthropod-Plant Interactions.

References

Aebi A, Schönrogge K, Melika G, Alma A, Bosio G, Quacchia A, Picciau L, Abe Y, Moriya S, Yara K, Seljak G, Stone GN (2006) Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. In: Ozaki K, Yukawa J, Ohgushi T, Price PW (eds) Ecology and evolution of galling arthropods and their associates. Springer-Verlag, Tokyo, pp 103–121

Aloni R, Pradel KS, Uilrich CI (1995) The three-dimensional structure of vascular tissues in *Agrobacterium tumefaciens*-induced crown galls and in the host stems of *Ricinus communis* L. *Planta* 196:597–605. <https://doi.org/10.1007/BF00203661>

Álvarez R, Encina A, Pérez-Hidalgo N (2009) Histological aspects of three *Pistacia terebinthus* galls induced by three different aphids: *Paracletus cimiformis*, *Forda marginata* and *Forda formicaria*. *Plant Sci* 176:303–314. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.11.006>

Álvarez R, García-Ferreira B, López B, Martínez J-J-I, Boso S, Martínez MC (2021) Histological Study of Leaf Galls Induced by Phylloxera in *Vitis* (Vitaceae) Leaves. *Proc Natl Acad Sci India Sect B Biol Sci*. <https://doi.org/10.1007/s40011-020-01206-x>

Arduin M, Kraus JE (1995) Anatomia e ontogenia das galhas foliares de *Piptadenia gonocantha* (Fabales, Mimosaceae). *Bol Bot Univ São Paulo* 14:109–130

Bailey R, Schönrogge K, Cook JM, Melika G, Csóka G, Thuróczy C, Stone GN (2009) Host niches and defensive extended phenotypes structure parasitoid communities. *PLoS Biol* 7:e1000179. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000179>

Beijerinck MW (1883) Beobachtungen über die ersten Entwicklungsphasen einiger Cynipidengallen. *Verhandl Konink Akad Wetensch Amsterdam* 22:127–281

Bragança GPP, Freitas MSC, Isaias RMS (2020) The influence of gall position over xylem features in leaflets of *Inga ingoides* (Rich.) Willd. (Fabaceae: Caesalpinioideae). *Trees*. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02027-1>

Bronner R (1975) Simultaneous differential visualization of lipids and starch in plant tissues. *Stain Technol* 50:1–4. <https://doi.org/10.3109/10520297509117023>

Bronner R (1977) Contribution à l'étude histochemique des tissus nourriciers des zoocécidies. *Marcellia* 40:1–134

Bronner R (1992) The role of nutritive cells in the nutrition of cynipids and cecidomyiids. In: Shorthouse JD, Rohfritsch O (eds) Biology of insect-induced galls. Oxford University Press, Oxford, pp 118–140

Brooks SE, Shorthouse JD (1998) Developmental morphology of stem galls of *Diptolepis nodulosa* (Hymenoptera: Cynipidae) and those modified by the inquiline *Periclistus pirata* (Hymenoptera: Cynipidae) on *Rosa blanda* (Rosaceae). *Can J Bot* 76:365–381. <https://doi.org/10.1139/b98-001>

Brussino G, Bosio G, Baudino M, Giordano R, Ramello F, Melika G (2002) Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *Inf Agrar* 37:59–61

Cambier S, Ginis O, Moreau SJM, Gayral P, Hearn J, Stone GN, Giron D, Huguet E, Drezen J-M (2019) Gall wasp transcriptomes unravel potential effectors involved in molecular dialogues with oak and rose. *Front Physiol* 10:926. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00926>

Cooper WR, Rieske LK (2010) Gall structure affects ecological associations of *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Environ Entomol* 39:787–797

Dias GG, Ferreira BG, Moreira GRP, Isaias RMS (2013) Developmental pathway from leaves to galls induced by a sap-feeding insect on *Schinus polygamus* (Cav.) Cabrera (Anacardiaceae). *An Acad Bras Ciênc* 85:187–200. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000100010>

Dodueva II, Lebedeva MA, Kuznetsova KA, Gancheva MS, Paponova SS, Lutova I.L. (2020) Plant tumors: a hundred years of study. *Planta* 251:82. <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03375-5>

Ferreira BG, Isaias RMS (2013) Developmental stem anatomy and tissue redifferentiation induced by a galling Lepidoptera on *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae). *Botany* 91:752–760. <https://doi.org/10.1139/cjb-2013-0125>

Ferreira BG, Isaias RMS (2014) Floral-like destiny induced by a galling Cecidomyiidae on the axillary buds of *Marcetia taxifolia* (Melastomataceae). *Flora* 209:391–400. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2014.06.004>

Ferreira BG, Álvarez R, Avritzer SC, Isaias RMS (2017) Revisiting the histological patterns of storage tissues: beyond the limits of gall-inducing taxa. *Botany* 95:173–184. <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0189>

Ferreira BG, Álvarez R, Bragança GP, Alvarenga DR, Pérez-Hidalgo N, Isaias RMS (2019) Feeding and other gall facets: patterns and determinants in gall structure. *Bot Rev* 85:78–106. <https://doi.org/10.1007/s12229-019-09207-w>

Ferreira BG, Freitas MSC, Bragança GP, Moreira ASFP, Carneiro RGS, Isaias RMS (2019) Enzyme-mediated metabolism in nutritive tissues of galls induced by *Ditylenchus gallaeformans* (Nematoda: Anguinidae). *Plant Biol* 21:1052–1062. <https://doi.org/10.1111/plb.13009>

Fockeu H (1889) Contribution à l'histoire des galles, étude anatomique de quelques espèces. Imprimerie et Librairie Camille Roble, Lille, p 110

Folliot R (1977) Les insectes cécidogènes et la cecidogénèse. In: Grassé PP (ed) *Traité de zoologie: anatomie, systématique, biologie*, vol 7. Fac V-B. Mansson, Paris, pp 389–429

Garbin L, Durfort M, Diaz NB, Pujade-Villar J (2005) Histological modifications on *Quercus suber* twigs (Fagaceae) caused by the gallwasp *Plagiotrochus suberi* (Hymenoptera: Cynipidae). *Entomol Gen* 28:91–102

Guimarães ALA, Cruz SMS, Vieira ACM (2014) Structure of floral galls of *Byrsonima sericea* (Malpighiaceae) induced by

- Bruggmanniella byrsonimae* (Cecidomyiidae, Diptera) and their effects on host plants. *Plant Biol* 16:467–475. <https://doi.org/10.1111/plb.12060>
- Harper LJ, Schönrogge K, Lim KY, Francis P, Lichtenstein CP (2004) Cynipid galls: insect-induced modifications of plant development create novel plant organs. *Plant Cell Environ* 27:327–335. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2004.01145.x>
- Hearn J, Blaxter M, Schönrogge K, Nieves-Aldrey J-L, Pujade-Villar J, Huguet E, Drezen J-M, Shorthouse JD, Stone GN (2019) Genomic dissection of an extended phenotype: oak galling by a cynipid gall wasp. *PLoS Genet* 15:e1008398. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1008398>
- Houard C (1904) Recherches anatomiques sur les galles des toges: pleuroécodies. *Bull Sc Fr et Belg* 38:140–419
- Isaias RMS, Oliveira DC, Carneiro RGS (2011) Role of *Euphalarus ostreoides* (Hemiptera: Psylloidea) in manipulating leaflet ontogenesis of *Lonchocarpus nuehbergianus* (Fabaceae). *Botany* 89:581–592. <https://doi.org/10.1139/b11-048>
- Isaias RMS, Ferreira BG, Alvarenga DR, Barbosa LR, Salminen J-P, Steinbauer MJ (2018) Functional compartmentalisation of nutrients and phenolics in the tissues of galls induced by *Lepidocybe invasa* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Eucalyptus camaldulensis* (Myrtaceae). *Austral Entomol* 57:238–246. <https://doi.org/10.1111/aen.12336>
- Ito Y, Nakamura M, Kondo M, Miyashita K, Nakamura K (1962) Population dynamics of the chestnut gall-wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). II. Distribution of individuals in bud of chestnut tree. *Res Popul Ecol* 9:177–191. <https://doi.org/10.1007/BF02514924>
- Jankiewicz LS, Dyki B, Machlafińska A, Dubert F (2017) Oak leaf galls: *Neuroterus numismalis* and *Cynips quercusfolii*, their structure and ultrastructure. *Acta Soc Bot Pol* 86(2):3537. <https://doi.org/10.5586/asbp.3537>
- Jara-Chiquito JL, Heras J, Pujade-Villar J (2016) Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) en Cataluña (Península Ibérica). *Bol Soc Entomol Aragonesa (SEA)* 59:219–226
- Jara-Chiquito JL, Askew R, Pujade-Villar J (2019) The invasive ACGW *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and association with oakgall inducers in Catalonia. *Forestry* 93:178–186. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz061>
- Kraus JE, Tanoe M (1999) Morpho-ontogenetic aspects of entomogenous galls in roots of *Cattleya guttata* (Orchidaceae). *Lindleyana* 14:204–213
- Lacaze-Duthiers H (1853) Recherches pour servir à l'histoire des galles. *Ann Sci Nat* 19:273–354
- LeBlanc DA, Lacroix CR (2001) Developmental potential of galls induced by *Diplolepis rosae-folii* (Hymenoptera: Cynipidae) on the leaves of *Rosa virginiana* and the influence of *Periclistus* species on the *Diplolepis rosae-folii* galls. *Int J Plant Sci* 162:29–46. <https://doi.org/10.1086/317900>
- Mani MS (1964) Ecology of plant galls. *Biolog*. XII. Springer, Dordrecht, Mon
- Meyer J, Maresquellé HJ (1983) Anatomie des galles. Gebrüder Borntraeger, Berlin
- Nobrega LP, Silva JB, Luna BL, Ferreira BG (2021) Modulation of anatomical adaptations of leaves of *Avicennia schaueriana* (Acanthaceae) by a galling *Meunieriella* (Cecidomyiidae). *Flora* 274:151750. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151750>
- Oliveira DC, Isaias RMS, Fernandes GW, Ferreira BG, Carneiro RGS, Fuzaro L (2016) Manipulation of host plant cells and tissues by gall-inducing insects and adaptive strategies used by different feeding guilds. *J Insect Physiol* 84:103–113. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.11.012>
- Payne JA, Menke AS, Schroeder PM (1975) *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), an oriental chestnut gall wasp in North America. *USDA Cooperat Econ Insect Rep* 25(49–52):903–905
- Pinto TM, Anjos MR, Martins NM, Gomes-Laranjo J, Ferreira-Cardoso J, Peixoto F (2011) Structural analysis of *Castanea sativa* Mill. leaves from different regions in the tree top. *Braz Arch Biol Technol* 54:117–124
- Price PW, Fernandes GW, Waring GL (1987) Adaptive nature of insect galls. *Environ Entomol* 16:15–24. <https://doi.org/10.1093/ee/16.1.15>
- Pujade-Villar J (1987) Organografía i malalties del cecidi de *Diastraphus rubi* (Bouché, 1834) Hartig, 1840 (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipinae) a la tija d'espazer, *Rubus caesius* L. (Rosaceae). *Bull Inst Cat Hist Nat* 54:65–71
- Pujade-Villar J (2014) Espècies de Cynipini (Hymenoptera, Cynipidae) nuisibles ou potentiellement nuisibles aux forêts de *Quercus*. In: Villemant C, Ruit PA (eds) Working Group "Integrated Protection in Oak Forests". IOBC-WPRS Bull 101:195–203.
- Pujade-Villar J, Torrell A, Rojo M (2013) Primeres troballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípid d'origen asiàtic altament perillosa per al castanyer (Fagaceae). *Orsis* 27:295–301
- Quacchia A, Moriya S, Bosio G, Scapini I, Alma A (2008) Rearing release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl* 53:829–839. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9139-4>
- Raman A (2011) Morphogenesis of insect-induced plant galls: facts and questions. *Flora* 206:517–533. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2010.08.004>
- Reale L, Tedeschini E, Rondoni G, Ricci C, Bin F, Frenguelli G, Ferranti F (2014) Histological investigation on gall development induced by a worldwide invasive pest, *Dryocosmus kuriphilus*, on *Castanea sativa*. *Plant Biosyst* 150:35–42. <https://doi.org/10.1080/11263504.2014.918058>
- Rey L (1966) La galle de *Biorhiza pallida* Ol. Etude préliminaire du bourgeon de *Quercus pedunculata* Ehrh. au moment de l'attaque du parasite. *Bull Soc Bot Fr* 113:503–514
- Rey L (1967) La galle de *Biorhiza pallida* Bosc. Sur la racine de *Quercus pedunculata* Ehrh.: observation de la ponte et de les premières réactions de l'hôte. *C R Acad Sci* 264:2891–2894
- Rey L (1969) Les premiers stades de développement de la galle de *Biorhiza pallida* Ol. *Marcellia* 36:119–135
- Rey L (1971) La galle de *Biorhiza pallida* Ol.: stades ultérieurs de développement. *Marcellia* 37:193–218
- Rohfritsch O (1992) Patterns in gall development. In: Shorthouse JD, Rohfritsch O (eds) *Biology of insect-induced galls*. Oxford University Press, New York, pp 60–86
- Ross H (1932) Die gallenerzeugenden Pflanzen (Cecidophyten). In: *Praktikum der Gallenkunde*. Biologische Studienbücher, vol 12. Springer, Berlin.
- Schönrogge K, Harper LJ, Lichtenstein CP (2000) The protein content of tissues in cynipid galls (Hymenoptera: Cynipidae): similarities between cynipid galls and seeds. *Plant Cell Environ* 23:215–222. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00543.x>
- Shirakami T (1951) Chestnut gall wasps and their control (in Japanese). *Nogyo oyobi Engei (Agr & Hort)* 26:167–170
- Shorthouse JD, Rohfritsch O (1992) *Biology of insect-induced galls*. Oxford University Press, New York
- Souza SCPM, Kraus JE, Isaias RMS, Neves LJ (2000) Anatomical and ultrastructural aspects of leaf galls in *Ficus microcarpa* L. f. (Moraceae) induced by *Gynaikothrips ficorum* Marchal (Thysanoptera). *Acta Bot Bras* 14:57–69
- Stone GN, Schönrogge K (2003) The adaptive significance of insect-gall morphology. *Trends Ecol Evol* 18:512–522

Resultats

Histological changes induced by the cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera:...

Stone GN, Schönrogge K, Atkinson RJ, Bellido D, Pujade-Villar J (2002) The population biology of oak wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annu Rev Entomol* 47:633–664

Ullrich CL, Aloni R (2000) Vascularization is a general requirement for growth of plant and animal tumours. *J Exp Bot* 51:1951–1960. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.353.1951>

Viggiani G, Nugnes F (2010) Description of the larval stages of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), with notes on their phenology. *J Entomol Acarol Res Ser II* 42:39–45

Warmund MR (2013) *Dryocosmus kuriphilus*-induced chestnut galls and their inhabitants. *HortScience* 48:969–974

Yasumatsu K (1951) A new *Dryocosmus* injurious to chestnut trees in Japan (Hym., Cynipidae). *Mushi* 22:89–93

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

4.3. Capítol 2

**Itineraris silvícoles pal·liatius,
podes sanitàries i revisió crítica
dels mètodes de prevenció i control
de *Dryocosmus kuriphilus* existents**

Aquest capítol, d'enfocament fitosanitari en relació amb els tractaments terapèutics i de l'enginyeria forestal, porta a terme una revisió crítica del compendi de tractaments a l'abast actualment contra la plaga de la vespeta del castanyer. Compren dos treballs en els que es revisen aquests tractaments de manera crítica indicant els avantatges i inconvenients, tot tenint en compte el seguit d'altres afeccions que pesen sobre el castanyer.

Els treballs que incorpora aquest capítol són:

4.3.1. Jara-Chiquito, J.L., Heras Dolader, J. & Pujade-Villar, J. 2022. La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86(1): 13-24. DOI: 10.2436/20.1502.01.100.

4.3.2. Jara Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J. & Heras Dolader, J., 2021. La avispa del castanyer en Catalunya: revisió de los métodos de prevención, control y cuidados paliativos. *Foresta*, 81: 50-56.

En síntesi, en aquests dos treballs es detalla mitjançant una revisió crítica els diferents mètodes de control per intentar eradicar la plaga de la vespeta, indicant els avantatges i inconvenients, que s'han anat provant al llarg dels diferents anys des de l'inici de la invasió de *D. kuriphilus* fins a l'actualitat. L'aportació d'aquests coneixements està destinat a la millora en totes aquelles tasques tant de gestió com de conservació del medi natural i de les castanyedes singulars.

Tanmateix, entre aquells tractaments silvícoles viables econòmicament es proposa com a novetat la poda d'escarida primaveral, un nou tractament cultural destinat a pal·liar els danys produïts per aquesta plaga del castanyer, tot avaluant la seva eficiència i moment idoni d'aplicació tenint en compte la confluència en l'afectació per la malura del xancre, una altra malura greu que afecta els castanyers a Catalunya.

4.3.1. La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats

Jara-Chiquito, J.L., Heras Dolader, J. & Pujade-Villar, J. 2022.

La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats. *Bulletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86(1): 13-24. DOI: 10.2436/20.1502.01.100.

La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats

Joan Lluís Jara-Chiquito*, Jorge Heras Dolader** & Juli Pujade-Villar*

* Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals. Avda. Diagonal 643, 08028-Barcelona (Catalunya). A/e: juanluisjarachiquito@gmail.com, jpujade@ub.edu

** Generalitat de Catalunya. Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. Servei de Gestió Forestal. Dr. Roux, 80, 08017-Barcelona (Catalunya). A/e: jorge.heras@gencat.cat

Autor per a la correspondència: Joan Lluís Jara-Chiquito. A/e: juanluisjarachiquito@gmail.com

Rebut: 30.12.2021; Acceptat: 23.02.2022; Publicat: 31.03.2022

Resum

Dryocosmus kuriphilus (Hym., Cynipidae) és una espècie invasora que va ser introduïda a Europa via Itàlia en 2002. A la península Ibèrica va ser detectada al 2012 a Catalunya propagant-se ràpidament per tot el territori peninsular on *Castanea sativa* hi és present. Provoca gales al castanyer ocasionant una disminució del seu vigor i pèrdues econòmiques. Al llarg d'aquests anys s'han anat provant diferents mètodes de control per intentar eradicar la plaga, que es revisen aquí de manera crítica indicant els avantatges i inconvenients. Entre els tractaments silvícoles viables econòmicament es proposa la poda d'escarida primaveral com a nou tractament cultural per paliar els danys produïts per aquesta plaga del castanyer, tot avaluant la seva eficiència i moment idoni d'aplicació tenint en compte la confluència en l'afectació per la malura del xancre.

Paraules clau: *Castanea*, Catalunya, *Dryocosmus kuriphilus*, mètodes de control, plaga, tractaments silvícoles, poda d'escarida.

Abstract

Spring tree pollarding as a treatment to reduce the damage of the chestnut wasp and comments on other control methods used

Dryocosmus kuriphilus (Hym., Cynipidae) is an invasive species that was introduced to Europe via Italy in 2002. Ten years after, in 2012, it was detected in Catalonia and spread rapidly throughout the Iberian Peninsula where *Castanea sativa* is present. It produces galls on chestnut tree causing a decrease in the vigour and economic loss. Over the years, various control methods have been used trying to eradicate this pest. These methods are updated here, indicating their advantages and disadvantages. Spring tree pollarding is proposed, among the economically feasible cultural treatments, as a new method to reduce damages caused by this chestnut pest. Effectiveness and ideal time for carrying it out are evaluated, taking into account that chestnut trees are also attacked by canker.

Key words: *Castanea*, Catalonia, *Dryocosmus kuriphilus*, control methods, pest, silvicultural treatments, spring tree pollarding.

Introducció

A Catalunya, el castanyer *Castanea sativa* (Mill.) és l'arbre forestal dominant a més de 12.000 ha (CHC50) principalment al Montseny-Guillerics, però també a la Garrotxa, l'Albera-Salines, les Gavarres, el Montnegre-Corredor i la Serra de Prades. Les nostres castanyedes actuals procedeixen gairebé totes de plantació, destinant-se principalment a producció de fusta ja que la recollida de castanya és minoritària. Tanmateix, la seva explotació majoritàriament d'ús forestal ha condicionat l'estructura de les seves poblacions ja que al estar destinades a la producció de fusta han estat gestionades habitualment com a bosc menut originant perxades amb densitats molt elevades de tiges de petit diàmetre.

Els principals objectius silvícoles que es poden plantejar per als nostres boscos de castanyer són la producció de fusta de serra o bé de barramenta, la producció de fruit i el canvi d'espècie forestal. Fa uns anys es va publicar el manual de models de gestió del castanyer, dins la sèrie ORGEST (Beltrán *et al.*, 2013), on es proposaven un seguit de models de gestió ajustats a les condicions catalanes segons les qualitats de les estacions forestals, és a dir, segons els factors ecològics abiòtics que caracteritzen un lloc, en relació amb l'adaptació a ell de les espècies forestals. Per tal d'adequar l'objectiu de la gestió a l'aptitud productiva, en aquell manual es proposava dirigir la producció de fusta de serra a les qualitats d'estació altes, la producció de barramenta a qualitats mitjanes, la producció de fruit a qualsevol tipus de qualitat d'estació.

essent en el cas de qualitats baixes la substitució de l'espècie forestal principal l'únic objectiu raonable per al retorn econòmic de la producció.

La gestió productiva, pel que fa als problemes sanitaris, ha tingut molt en compte la malaltia del xancre del castanyer, causada pel fong *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr, malaltia introduïda a Europa des del continent asiàtic. L'afectació del xancre del castanyer a Catalunya ha estat força elevada, tal com indiquen tots els mostrejos realitzats fins al moment (Colinas *et al.*, 2009) i està considerada com el problema més greu que tenen els castanyers a nivell mundial (Aguín *et al.*, 2011). A Catalunya, la malaltia del xancre ha afectat greument a tot arreu, però de manera més acusada a zones on el castanyer està al límit de la seva distribució com, per exemple, a Prades. Per frenar la seva propagació cal evitar tota importació de material vegetal sense garanties sanitàries i extreure la profilaxi en les cines de tall atès que les ferides són la principal via d'entrada del fong als arbres. La tècnica més adient per controlar aquesta patologia consisteix en la realització d'inoculacions amb soques hipovirulentes. Tot i que el resultat d'aquests tractaments no ha estat homogeni a tot el territori, la seva eficàcia sí que ha estat sobradament demostrada sobre el terreny (Homs *et al.*, 2001). Una altra alteració a tenir en compte, el cor roig, és una decoloració de la fusta que deprecia molt el seu valor, encara que no deteriora les seves propietats mecàniques, ve a redundar en la dificultat de plantejar produccions de fusta de castanyer de qualitat. Els darrers anys s'està avançant molt en el coneixement d'aquest problema (CTFC/UdL/IRTA).

No obstant, tot i considerar les anteriors afeccions, entre els itineraris silvícoles de gestió proposats fins ara no s'ha pogut incloure la més recentment introduïda vespa del castanyer, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) plaga exòtica invasora d'origen també asiàtic inclosa en el llistat A2 de la EPPO (Organització Europea per a la Protecció de les Plantes) des del 2002 (Pérez-Olcro & Mansilla, 2014). Al nord-est ibèric va ser detectada l'any 2012, afectant ja totes les masses de castanyer de Catalunya (Pujade-Villar *et al.*, 2013). En aquest estudi es farà un breu repàs dels diferents sistemes de control utilitzats per a la vespa del castanyer: mètodes de control natural (parasitoides autòctons), control biològic clàssic (introducció de *Torymus sinensis* Kamijo, 1982), tractaments químics, millora de varietats resistents, etc.) i exposarem la poda d'escarida com un nou mètode pal·liatiu a tenir en compte en alguns cassos.

Material i mètodes

S'ha assajat experimentalment la poda d'escarida amb la finalitat de testar l'eficiència d'aquest mètode entre els tractaments culturals viables econòmicament per pal·liar els danys produïts per aquesta plaga del castanyer. La poda d'escarida consisteix a despollar l'arbre completament eliminant dràsticament, a més de les branques seques, totes les ramificacions vives secundàries, i brots epicòrmics laterals i terminals, tot donant a la capçada una estructura amb aspecte de cancelobrenu.

Les actuacions s'han conduït enfocant dos moments concrets del cicle de *D. kuriphilus*: primer a mitjans de maig (abans l'emergència dels adults) i segon a mitjans de setembre (abans l'eclosió dels ous). Cal mencionar que aquests dos moments coincideixen de ple amb l'època en què l'arbre es troba brotat i amb activitat fotosintètica, la qual cosa pot presentar complicacions fitosanitàries vinculades a l'atac del xancre. A banda, s'ha comprovat fins a quin punt podrien ser efectius aquests treballs culturals més enllà de la subsegüent re-infestació, per això ha estat perllongat dos anys el seguiment de la reacció dels arbres a la poda i de l'eventual reacció del cinípid davant la producció forçada de nous borrons.

Ha estat seleccionada, a tocar del Parc Natural del Montseny, una parcel·la experimental de 0.13 ha de superfície (Fig. 1a) al paratge Carena de Vallmanya (coordenades UTM 31N X:449640 Y:4620640 ETRS89) del terme municipal de Sant Pere de Vilamajor (comarca del Vallès Oriental). La parcel·la, orientada vers al vessant NNE i situada a 790 m d'altitud, ofereix un pendent mitjà aproximat del 15 % i enregistra 1.100 mm de pluviositat anual. El vol forestal es troba caracteritzat per un rodal de castanyers provinent antigament d'una explotació per a fruit de castanya i està format per un fustal de peus envellits proveïts d'abundants rebrotos de soca. Confrontant pel seu llinar inferior amb la via forestal d'accés, es troba encerclada per un dens al·zinar en règim de bosc de rebrot (Fig. 1b).

D'aquesta forma, les actuacions consistiren en sengles podes intenses d'escarida a dos grups de sis arbres d'experimentació (que anomenarem Grup A i Grup B), més un de Control, també configurat per 6 arbres, que no s'ha podat. Al Grup A, se li ha aplicat una poda d'escarida en primavera, el 19/05/2017, abans de l'emergència dels adults, moment en què les larves i pupes del cinípid encara no han completat el seu desenvolupament tot implicant el seu creixement fins a adults; al Grup B la poda d'escarida ha estat realitzada a la tardor, el 18/10/2017, després de l'eclosió dels ous, mentre les larves del cinípid encara es troben en el primer estadi estacionari pel que s'interromp completament el seu desenvolupament.

Per a fer les comprovacions de re-infestació apareguda de *D. kuriphilus*, després de la poda es va mostrejar la rebrotada dels arbres, estudiant aquesta re-infestació als brots xucladors induïts per les podes. Els danys es van recomptar a cadascun dels arbres tot definint quatre rangs d'infestació: absent (0 gales), present (1-10 gales), moderat (11-100) i afectat (>100 gales), fins a una alçada d'uns 5 m.

Les dades experimentals s'han analitzat mitjançant un test ANOVA complementat amb una comparació per parcel·les de TUKEY, al 95 % de confiança.

Les abreviatures mencionades són: UB (Universitat de Barcelona), DARP (Departament d'Agricultura, Pesca i Alimentació), CHC50 (Cartografia d'Habitats de Catalunya e: 1/50 000), ORGEST (Orientacions de Gestió Forestal Sostenible per a Catalunya), UdL (Universitat de Lleida), CTFC (Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya), OTPN (Oficina Tècnica del Parc Natural del Montseny), i IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries).

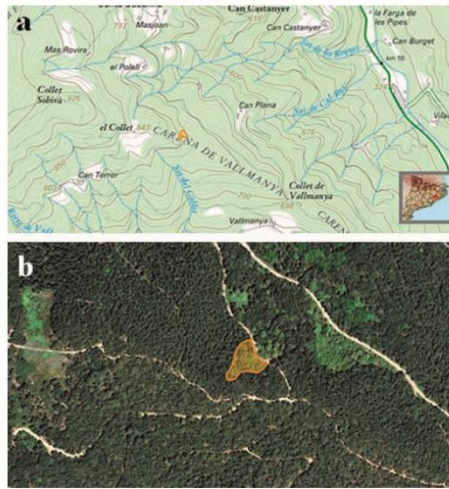


Figura 1. Situació de la parcel·la experimental en groc: (a) dins la comarca del Vallès Oriental (font: <http://www.icc.cat/vissir3/>, topogràfic), (b) visió aèria on es veu que llinda per boscos d'alzinars [font: <http://www.icc.cat/vissir3/>, ortofotogràfic].

Amb la finalitat de posar al dia els mètodes de control utilitzats per atacar les poblacions de *D. kuriphilus*, es farà un repàs breu d'algunes publicacions que destaquen per la seva importància o interès assenyalant les fites aconseguides. Abans però es comentarà breument la biologia i simptomatologia de l'himenòpter objecte d'estudi.

Resultats

La plaga de la vespeta del castanyer

Dryocosmus kuriphilus és un himenòpter univoltí, que presenta la particularitat de què únicament desenvolupa femelles per la qual cosa es reproduïx per agàmia indefinida; molt poques espècies de cinípids tenen aquesta facultat ja que normalment els cinípids que ataquen fagàcies presenten un cicle alternant (Pujade-Villar *et al.*, 2001), fins i tot la seva espècie críptica de Xina (*Dryocosmus zhui* Liu & Zhu, 2015) presenta mascles i femelles (Zhu *et al.*, 2015) tot i que ha perdut la forma asexualada. Ambdues espècies de *Dryocosmus* formen gales en diverses espècies de *Castanea*.

La fenologia de *D. kuriphilus* s'acobla perfectament amb la del castanyer, de forma que a Catalunya, entre els mesos de juny i primers d'agost, les femelles fan la posta en grups de 1 a 5 ous a l'interior dels borrons. Cada femella pot col·locar més de 100 ous al llarg dels seus 10 dies de vida (Cabi, 2014). A causa de què diverses femelles poden ovipositar en el mateix borro, un sol borro pot albergar fins a 25 ous (Brussino *et al.*, 2002). L'eclosió es produeix als 40 dies després de la posta i el desenvolupament de la larva de primer estadi durant la tardor i l'hivern és extremadament lent, no és estrictament una larva hivernant, i es comença a formar una gala interna al borro invisible externament. A la primavera, abans de l'inici de l'activitat vegetativa del castanyer, es produeix el segon estadi larvari la formació de gales típiques (Fig. 3) en 7-14 dies. Les larves s'alimenten durant 20-30 dies abans de pupar (Brussino *et al.*, 2002). A finals de primavera la vespeta finalitzarà el seu desenvolupament biològic a l'interior de la gala emergint les femelles (Fig. 2).

La vespeta del castanyer va entrar a Europa via Itàlia (Brussino *et al.*, 2002) i ràpidament colonitzà Eslovènia,

| CASTANYER | Dormició | | | Brotada | | Floració | | Fructificació | | | Disseminació | |
|------------------|----------|--------|------|---------|------|----------|--------|---------------|----------|---------|--------------|----------|
| | Gener | Febrer | Març | Abril | Maig | Juny | Juliol | Agost | Setembre | Octubre | Novembre | Desembre |
| Ou | o | o | o | | | * | * | * | * | * | o | o |
| Estadis larvaris | L1 | L1 | L1 | L1 | | | L1 | L1 | L1 | L1 | L1 | L1 |
| | | | L2 | L2 | L2 | | | | | | | |
| | | | L3 | L3 | L3 | | | | | | | |
| Pre-pupa | | | | | PP | PP | PP | | | | | |
| Pupa | | | | | | P | P | | | | | |
| Adult | | | | | | I | I | I | | | | |

Figura 2. Fenologia de *Dryocosmus kuriphilus* sobre *Castanea sativa* a Catalunya (dades pròpies). Els colors més foscos dins d'una mateixa gama cromàtica indica major presència; (*): ou fèrtil, (o): restes d'ou després de que la larva ha emergit, (I): imago.

Taula 1. Espècies de parasitoids detectades a Catalunya, l'asterisc correspon a l'espècie introduïda.

| Famílies (Chalcidoidea) | nº | Espècies de parasitoids |
|-------------------------|----|---|
| Eulophidae | 1 | <i>Autogymnus obscuripes</i> (Mayr, 1877) |
| Eupelmidae | 2 | <i>Eupelmus annulatus</i> Ness, 1834 |
| | 3 | <i>E. azureus</i> Ratzeburg, 1844 |
| | 4 | <i>E. wozonius</i> Dalman, 1820 |
| Eurytomidae | 5 | <i>Eurytoma brumiventris</i> Ratzeburg, 1852 |
| | 6 | <i>Sycophila biguttata</i> (Swederus, 1785) |
| | 7 | <i>S. variegata</i> (Curtis, 1831) |
| Pteromalidae | 8 | <i>Cecidostiba fungosa</i> (Göolfroy 1785) |
| | 9 | <i>Mesopolobus albitarsus</i> (Walker, 1834) |
| | 10 | <i>M. amaenus</i> (Walker, 1834) |
| | 11 | <i>M. fasciventris</i> Westwood, 1833 |
| | 12 | <i>M. liechtensteini</i> (Mayr, 1903) |
| | 13 | <i>M. mediterraneus</i> (Mayr, 1903) |
| | 14 | <i>M. sericeus</i> (Walker, 1834) |
| | 15 | <i>M. tarsatus</i> (Ness, 1834) |
| | 16 | <i>M. tibialis</i> (Westwood, 1833) |
| Ommyridae | 17 | <i>Ormyrus nitidulus</i> (Fabricius, 1804) |
| | 18 | <i>O. pomaceus</i> (Göolfroy, 1785) |
| Torymidae | 19 | <i>Bootanomyia dorsalis</i> (Fabricius, 1798) |
| | 20 | <i>B. dumicola</i> (Bouček, 1982) |
| | 21 | <i>Torymus auratus</i> (Mueller, 1764) |
| | 22 | <i>T. erucarum</i> (Schränk, 1781) |
| | 23 | <i>T. flavipes</i> (Walker, 1833) |
| | 24 | <i>T. formosus</i> (Walker, 1833) |
| | 25 | <i>T. geranii</i> (Walker, 1833) |
| | 26 | <i>T. nobilis</i> Boheman, 1834 |
| | 27 | <i>T. notatus</i> (Walker, 1833) |
| | 28 | <i>T. sinensis</i> * Kamijo, 1982 |

principalment, emergits a la primavera del 2017 i 2018 a partir de gales col·lectades el 2016 i 2017. A Europa s'han trobat també moltes d'aquestes espècies que interaccionen amb la vespeta del castanyer així com també d'altres espècies que no hem obtingut a Catalunya (Aebi *et al.*, 2006; Kos *et al.*, 2015; Panzavolta *et al.*, 2018; Quacchia *et al.*, 2013; entre d'altres). Les dades obtingudes a Catalunya sobre aquests parasitoids mostren preponderància de *Torymus flavipes* (Walker, 1833) (Torymidae), *Bootanomyia dorsalis* (Fabricius, 1798) (Megastigmidae) i *Sycophila variegata* (Curtis, 1831) (Eurytomidae) en gales de l'any i, en canvi, predomina *Torymus notatus* (Walker 1833) en gales post-hivernals a més de *T. sinensis* Kamijo, 1982 a partir de 2017.

Control biològic clàssic: introducció de *Torymus sinensis*

La lluita biològica clàssica ja disposava d'experiència sobre la utilització d'un parasitoid a l'àrea d'origen contra la vespeta del castanyer, *T. sinensis*; aquesta espècie és un enemic natural de *D. kuriphilus* al Paleàrtic oriental. És un parasitoid originari de Xina que ataca específicament la vespeta del castanyer i que ha estat emprat amb èxit com a agent de control biològic clàssic al Japó (Moriya *et al.*, 1989, 2003) i als Estats Units (Rieske, 2007; Cooper & Rieske, 2007). A Europa, els primers alliberaments de *T. sinensis* van tenir lloc a Itàlia en 2005 (Quacchia *et al.*, 2008). El fet de que en pocs anys es produïssin reduccions inferiors al 30 %

dels nivells d'infestació de les poblacions de *D. kuriphilus* (Matošević *et al.*, 2015), animà països veïns com Eslovènia, Croàcia, Hongria i França a prendre també aquesta mateixa iniciativa. A la península Ibèrica també han estat realitzats alliberaments, especialment a Galícia, Màlaga i Astúries, a partir de 2015 (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019) i a Portugal també al 2015 (Santos, *et al.*, 2017). L'any 2019, el Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació va autoritzar el seu ús com a organisme de control biològic tot establint un protocol molt estricte per l'alliberament i control d'aquest parasitoid (MAPA, 2020), però a Catalunya no s'ha realitzat cap alliberament de *T. sinensis* degut, principalment a la menor repercussió econòmica d'aquesta plaga per als propietaris ja que, com s'ha comentat, el castanyer a Catalunya té caràcter majoritàriament forestal i el xancre segueix sent el principal problema sanitari. La causa primordial per la qual es va obrir la porta a la seva introducció controlada a aquests diversos països amb afectació de *D. kuriphilus* es fonamenta en les característiques del seu cicle biològic, que impliquen, en el seu país d'origen, una absoluta especificitat amb la vespeta com a hoste diana i una perfecta sincronització amb la fenologia d'aquesta (Moriya *et al.*, 2003). La normativa Catalana impedi que a partir del la gran expansió de la plaga de l'any 2014 s'utilitzés aquest parasitoid degut a que les afirmacions de Moriya *et al.* (2003) no estaven suportades per cap estudi científic. A Itàlia la plaga era molt dura i els productors de castanyes tenien collites molt disminuïdes per la presència de *D. kuriphilus* de manera que l'impacte econòmic era molt alt (Aebi *et al.*, 2006). Quacchia *et al.* (2014a) van afirmar que els experiments de comportament confirmaven alts nivells d'especificitat de l'hostatger per part del parasitoid i suggerien que la hibridació amb espècies natives de *Torymus* era altament improbable. La principal raó d'aquesta conclusió és la presència de una diapausa perllongada en *T. sinensis*, però aquesta hibernació també es dona a *T. notatus* precisament en gales de la vespeta del castanyer (dades no publicades). A més, hem de tenir en compte que *T. sinensis* és molt proper filogenèticament i morfològicament a *T. notatus* (Pogolotti *et al.*, 2018) per la qual cosa la hibridació no seria descartable si coincideixen fenològicament, malgrat les conclusions de Quacchia *et al.* (2014a). Aquests autors esmenten que l'ús d'anàlisis genètiques podria ser eficaç en el futur per saber si s'han hibridat o no, tot i que aquestes anàlisis revelaran esdeveniments passats, en lloc de predir possibilitats futures.

Torymus sinensis és haplodiploid i els seus ous fèrtils produeixen femelles diploides en tant que els no fertilitzats desenvolupen mascles haploides (Quacchia *et al.*, 2014a). La femella fa la posta a inicis de primavera sobre gales noves en formació de *D. kuriphilus*. A l'estiu, la larva atura la seva alimentació, no pupant fins a l'hivern i emergint l'adult a la primavera següent. Un reduït percentatge de les pupes entrarà en diapausa perllongada un any més per a emergir a la primavera del segon any (Quacchia *et al.*, 2014a). *Torymus sinensis* mostra una alta capacitat d'expansió, propagant-se a distàncies curtes mitjançant vol actiu i a distàncies llargues amb ajuda del vent, sent capaç de cobrir en conseqüència fins a uns 70 km anuals (Colombari & Battisti, 2015; Moriya *et al.*

França, Hongria, Suïssa, Croàcia, Holanda, Alemanya, República Txeca i Eslovàquia (Borowiec *et al.*, 2014). A la Península Ibèrica va ser detectada al 2012 a Catalunya (Pujade-Villar *et al.*, 2013) tot i que a l'observar-se també gales significades pot establir-se que la irrupció de la plaga a la península Ibèrica es va produir entre els anys 2010 i 2011. Ràpidament es va propagar per tot el territori peninsular on els hostatgers hi són presents (al 2013 arriba a Cantàbria, al 2014 és detecta a Galícia, Andalusia i Portugal, al 2015 a Burgos, 2017 a Àvila, etc.). La propagació d'aquesta plaga és deguda al propi vol dels adults, que poden dispersar-se a distàncies considerables amb l'ajut del vent (Ros-Farré & Pujade-Villar, 1998), i també al transport comercial de material vegetal infectat destinat a nova plantació o bé a empelt. El principal símptoma que podem observar de l'atac produït per la vespeta és la formació de gales (Fig. 3); aquestes són estructures amb coloracions verd vermelloses consistents en unes inflamacions d'entre 5 i 45 mm, generades per hipertrofia cel·lular i hiperplàsia dels teixits vegetals dels brots i fulles (Warmund, 2013; Jara-Chiquito *et al.*, 2020), rarament es troben als aments. Quan les infestacions són importants la gran quantitat de larves que conté en el seu interior fa que les fulles i/o el brots no es puguin desenvolupar reduint-se d'aquesta forma la capacitat fotosintètica dels arbres, comprometent així la pròpia producció de fusta, i en els casos més greus comporten també una important pèrdua de la producció de fruits de castanya fins i tot la pròpia salut de l'arbre (Brussino *et al.*, 2002; Battisti *et al.*, 2014).



Figura 3. Gales de vespeta del castanyer: a) en fulla i b) brots en les que es pot observar la disminució de la capacitat clorofíl·lica per pèrdua de superfície foliar; c) gales abandonades de l'any anterior.

L'atac pot afectar al desenvolupament de l'arquitectura de la branca de l'arbre, observant que els danys colpegen menys a nivell apical i que augmenten en direcció a les parts basals dels branquillons (Fig. 4), on s'hi donen unes més grans freqüències de danys; aquestes observacions concorden amb el que es va mencionar a Maltoni *et al.* (2012). Aquestes danys comporten la pèrdua de l'arquitectura arquitectural del castanyer que és més acusada visualment quantes més branques han deixat de desenvolupar-se any rere any. En canvi no són observables majors diferències en les incidències dels danys quant a les diferents posicions i alçàries a nivell de capçades del castanyer. Les gales es troben de manera indistinta per branques baixes com intermèdies o altes, ocupant la totalitat del volum de capçada.



Figura 4. Danys estructurals a nivell de branquillons

Mètodes de control de la plaga

Mètodes de control natural: parasitòids autòctons

Entre els insectes que poden exercir el control natural de *D. kuriphilus* existeixen diferents parasitòids. Els parasitòids són organismes les larves dels quals s'alimenten i desenvolupen a l'interior (endoparàsits) o a la superfície (ectoparàsits) del cos d'un altre artròpode, generalment un insecte; al final del seu cicle larval l'hoste mor. La vespeta del castanyer en no ser autòctona no presenta una xarxa tròfica de parasitoidisme associada d'antuvi. Els parasitòids dels cinípids són calcidoideus (Hymenoptera) i aquests es troben en roures i alzines (*Quercus* spp). De seguida es va veure que de les gales localitzades als castanyers començaven a aparèixer espècies parasitòids. Aquestes són en la seva majoria espècies autòctones que ataquen cinípids de gales dels roures, les quals per reclutament poden esdevenir controladors naturals per a aquest nou cinípid del castanyer. Aquest aspecte és força interessant ja que els parasitòids autòctons han estat capaços de canviar d'hoste vegetal, ja que *D. kuriphilus* només fa gales al castanyer.

Sobre això, s'han estat duent a terme diferents estudis a Catalunya amb la finalitat de contrastar com i en quina mesura el complex parasitoid autòcton té un paper rellevant en el control de la plaga, mitjançant el progressiu reclutament i adaptació al nou hoste a partir de la seva introducció (Jara-Chiquito *et al.*, 2016). Així, en el marc del seguiment fet a Catalunya de *D. kuriphilus*, entre els anys 2013 fins al 2017 es van fer una sèrie de mostrejos recollint unes 5000 gales a principis d'estiu a diferents zones de distribució del castanyer (UB-DARP). Les gales es col·lectaven quan les pupes de vespeta estaven en fase avançada de desenvolupament i es posaven després a cambres de cria per fer recompte i identificació dels adults que emergien, tant vespetes com parasitòids (Jara-Chiquito *et al.*, 2019). Aquests mostrejos han permès anar constatant un augment progressiu tant en el grau de parasitisme com en el nombre d'espècies de parasitòids autòctones que atacaven gales de *D. kuriphilus* a totes les zones de castanyer estudiades (Jara-Chiquito *et al.*, 2019) i s'ha pogut identificar fins ara un total de 28 espècies diferents de parasitòids, 27 autòctones provinents dels roures i 1 exòtica (Taula 1) introduïda des de França (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018).

La presència d'aquesta xarxa tròfica ha comportat una variació dels índex de parasitisme des del 2,10 % de mitjana en tot el territori durant 2012 fins el 61,13 % 2017 (Jara-Chiquito *et al.*, 2019), arribat a ser al 2017 del 96,36 % a Albera-Salines. Hem obtingut també *Torymus sinensis* i *T. notatus*,

al., 1989, 2003; Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018). Un cop deixat anar, aquest organisme no només ocupa l'àrea on s'allibera sinó que es dispersa, consolidant-se a àrees noves, degut a aquesta alta mobilitat. Així ha succeït a diversos països com Suïssa (Acbi *et al.*, 2011), Bòsnia i Hercegovina (Matošević *et al.*, 2017), Anglaterra (Bartlett, 2016) i Catalunya (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018), on ha estat citada sense que s'haguessin fet, in situ, alliberaments previs.

Pel que fa a Catalunya, àrea d'aquest estudi, l'any 2016 es va detectar aquest parasitoid exòtic a les comarques de La Garrotxa (Can Jordà), El Gironès (Sant Miquel de Celrà) i La Selva (Coll de Sant Marçal) (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018) i també més tard a la comarca del Vallès Oriental (Sant Marçal) (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019). Malgrat ser localitats distanciades entre 300-400 km d'aquells punts d'alliberament francesos més propers, factors com la presència de masses de *C. sativa* infestades de gales de *D. kuriphilus* sense pràcticament discontinuïtats geogràfiques, juntament amb l'ajuda d'uns vents de tramuntana dominants, han propiciat la seva arribada i implantació a Catalunya (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018). Aquesta introducció de *T. sinensis* només s'explica per la migració d'espècimens des de França, atès que no ha estat efectuada cap control biològic amb alliberaments al nostre país.

Encara està per veure quin són els nivells d'infestació de *T. sinensis* en les gales de *D. kuriphilus* a la península Ibèrica, però per les dades provisionals que tenim de Catalunya aquest és molt baix en comparació als parasitoids autòctons; recentment, un estudi de Nieves-Aldrey *et al.* (2019) indica que a Espanya la majoria de percentatges estan per sota de l'1 % malgrat haver-lo introduït en algunes contrades des del 2015. *Torymus sinensis* s'ha manifestat efectiu a llarg termini en el control de les poblacions de vespeta ja que necessita entre 5 i 7 anys després del seu primer alliberament i/o assentament, per assolir percentatges alts de parasitisme que garanteixin el control efectiu de la plaga (Quacchia *et al.*, 2008, 2014b; Borowiec *et al.*, 2014; Matošević *et al.*, 2014, 2017; Ferracini *et al.*, 2018). Com ja s'ha esmentat, a Espanya, el 2015 es van iniciar soltes experimentals controlades en diverses comunitats autònomes pel que els resultats de la seva eficiència podran ser avaluats en 2022.

D'altra banda també està per veure l'impacte en el ecosistema per la introducció d'aquest parasitoid tenint en compte que: (i) *T. notatus* també hiverna (com ja hem dit anteriorment), són morfològicament similars i filogenèticament propers, i (ii) que s'han trobat a Itàlia exemplars de *T. sinensis* emergits a partir de gales autòctones de cinípids del gènere *Andricus* i *Biorhiza* (Ferracini *et al.*, 2015; Pogliotti *et al.*, 2019) però no s'ha estudiat encara la pressió cinètica que hi té en les gales de roures. Tot fa pensar que la alliberació de *T. sinensis* ha estat molt probablement imprudent.

Tractaments químics

Els tractaments químics externs resulten totalment impropis i insostenibles per diferents motius, tots ells derivats del cicle biològic amb partenogènesi telitòtica de *D. kuriphilus*, de la protecció que ofereix la seva gala en front de l'aplicació

dels productes i sobre tot pel fet de ser la castanya un fruit comestible d'especial interès econòmic que no admet involucrar-se amb insecticides. També, en el cas dels castanyers, per a producció fustera, la pròpia alçària dels peus amb capçades mai situades a menys de 6 m, els elevats pendents on es situen usualment les perxades que dificulten les maniobres dels operaris, i la concurrència fenològica de la floració amb el vol dels adults, desaconsella l'ús d'insecticides (Acbi *et al.*, 2011) per tal de protegir les abelles i altres pol·linitzadors. L'ús d'insecticides també és desaconsellada per protegir l'emergència dels parasitoids autòctons que es solapa parcialment amb l'emergència dels cinípids adults.

Per altra banda, els tractaments químics interns (endoteràpia) tampoc són viables econòmicament en grans plantacions però podrien ser usades, i fins i tot recomanats, en exemplars d'arbres ornamentals i monumentals.

Finalment, la biologia de l'espècie amb l'absència de mascles impossibilita les trampes de feromones.

En resum la lluita química no és possible.

Varietats resistents

Una altra línia de recerca per al control i prevenció de la vespeta del castanyer consisteix en la millora de varietats resistents de castanyer per a noves plantacions, particularment com a peus a empeltar per obtenir peus mare de varietats locals seleccionades. Al Japó l'ús de varietats de castanyer resistents a la vespeta va resultar al principi molt efectiu; no obstant això, la plaga va tornar a augmentar fins i tot en varietats considerades resistents després de 20 anys a causa del desenvolupament d'un nou haplotip de *D. kuriphilus* (Moriya *et al.*, 2003). Tot i això, la recerca de resistència ha estat desenvolupada també a Europa després de la invasió de la vespeta. Diversos estudis han determinat una susceptibilitat varietal diferencial trobant plantacions molt susceptibles i d'altres que són més resistents (Dini *et al.*, 2012; Panzavolta *et al.*, 2012; Sartor *et al.*, 2015). En el cas de la varietat resistent «Bouche de Bétizac» s'han reconegut els mecanismes pels quals una resposta hipersensible evita que els borrons atacats per la vespeta generin gales (Dini *et al.*, 2012). En aquest sentit Cuestas-Navarro (2019) va trobar diferències de susceptibilitat (o de possible resistència parcial) a l'atac de *D. kuriphilus* entre les varietats «Gallega», «Pilonga», «Portuguesa» i «Temprana de Jubrique» de *Castanea sativa*. També se està estudiant clons híbrids «Soutovello» o les varietats «Belle Epine» o «Bouche Rouge», encara que aquesta última pot presentar problemes de septoriosis (Graña, 2018). A Catalunya, la utilització de peus de castanyer resistents actualment es limita a contades varietats de les diferents espècies de castanyer, varietats menys susceptibles i plantacions fruteres amb varietats locals, línies actualment encara en estudi (Aletà *et al.*, 2016; Abel & Aletà, 2020). En les noves plantacions es podran utilitzar varietats autòctones més resistents, una vegada que s'hagin definit.

Termohidroteràpia

La termohidroteràpia (o les seves sigles en anglès, HWT, «hot water treatment»), és un procediment senzill, econòmic



Figura 5. a) Estat previ de la massa de castanyer a la parcel·la experimental; b) escarida primaveral 19/05/2017; c) primera rebrotada 28/07/2017; d) segona brotada 14/07/2018

i respectuós amb el medi ambient, que es caracteritza per dur a terme la desinfecció mitjançant un tractament amb aigua calenta durant un determinat espai de temps i temperatura, que depenen del patògen i de l'hoste (Ciordia *et al.*, 2020b). La primera cita del seu ús es remunta a 1882, en què es va utilitzar per prevenir la floridura de les patates (Agarwal & Sinclair, 1996). En l'actualitat es fa servir per desinfectar llavors de diversos cultius, així com material vegetal de diverses espècies, com la vinya, contra plagues de *Scaphoideus titanus* Ball, 1932 (Hemip., Cicadellidae), caparretes (Hemip., Pseudococcidae) i àcars, de fongs que causen malalties al tronc i bacteris (Ciordia *et al.*, 2020a). La seva efectivitat sobre la vespeta també s'ha estudiat en el castanyer xinès (Warmund, 2014). A Espanya, Ciordia *et al.*, (2020a) informen de l'eficàcia d'un protocol senzill i respectuós amb el medi ambient basat en aigua calenta per a la desinfecció les plàntules i empelts de *C. sativa* contra *D. kuriphilus*. Això permetrà als viviers subministrar plantes lliures d'aquesta plaga, evitant així la dispersió d'insectes.

Tractaments silvícoles parcials i un nou mètode de control

El tractament proposat de poda d'escarida consisteix en l'eliminació dràstica de totes les ramificacions vives i seques

de l'arbre amb els seus brots laterals i terminals excepte les guies principals, donant a la copa una estructura amb aspecte de canelobre nu, per induir així l'emissió de rebrots epicòrmics lliures de gales (Figs. 5b, 6a). Cal tenir present la possible eliminació de gales amb aquest mètode quan el nombre de peus és reduït, en bosquets, en arbredes o en els viviers, però aquesta acció no seria factible en grans masses forestals. Malgrat no ser considerat tradicionalment un tractament recomanable (Serrada *et al.*, 2008) es proposa amb les degudes matisacions segons els àmbits assenyalats. En quant a la poda, pel que fa referència als itineraris silvícoles pal·liatius en relació amb les actuacions silvícoles preventives, és fonamental tenir en compte tant la dispersió de la vespeta i dels seus parasitoids, com també la de les altres afeccions actives com ara el xancre. Per això cal considerar molt acuradament què fer amb les restes de poda i aclarida, l'època per a la seva execució, la higiene de les eines, l'ús de fitosanitaris i demés aspectes relacionats amb les operacions silvícoles (Castaño *et al.*, 2012).

En data 19 de maig 2017 es va fer la poda d'escarida primaveral del Grup A (Fig. 5a) obtenint-se una neteja total respecte la infestació de gales i postes de vespeta de l'any anterior 2016 i l'any corrent 2017 (Fig. 5b). A l'estiu en data 28

de juliol 2017 es va observar la primera rebrotada, en aquesta ocasió forçada per la poda primaveral efectuada, que com era d'esperar es trobava neta de gales de l'any corrent 2017 (Fig. 5c) ja que les possibles postes van ser eliminades amb la poda del maig. A l'estiu de l'any següent, en data 14 de juliol 2018, es va valorar la segona brotada, en aquesta ocasió ja natural i no forçada: es va observar també neta de gales (Fig. 5d) tot i que teòricament podria haver-n'hi ja que les postes de 2017 eren possibles. Cal dir que els arbres del voltant no podats sí tenien gales. Posteriorment, a l'estiu de 2020 dos anys després es va fer el reconeixement final de la tercera brotada, la qual presentava infestació moderada de gales de vespeta, no obstant amb una afectació inferior al grup control.

En data 28 d'octubre de 2017 es va procedir a fer la poda intensa d'escarida tardoral del Grup B obtenint-se una neteja total respecte la infestació de gales i postes de vespeta de l'any corrent 2017 (Fig. 6a). A l'estiu de l'any següent, en data 14 de juliol 2018, es va valorar la primera brotada, en aquesta ocasió natural i no forçada: es va observar que ja presentava cert grau d'infestació de gales de vespeta (Fig. 6b), també inferior a la dels arbres no tractats. Posteriorment, a l'estiu de 2020 dos anys després es va fer el reconeixement final de la tercera brotada, la qual continuava presentant infestació de gales de vespeta observant-se diferències amb els arbres no podats.



Figura 6. a) Escarida tardoral 28/10/2017; b) primera brotada 14 de juliol 2018

Durant el transcurs de l'assaig de camp tots els arbres control han tingut infestació de postes i gales durant els 4 anys de l'experiència. Els resultats d'ambdues podes i el control es presenten a la figura 9. Observem que dins del mateix tipus de poda hi ha molta variabilitat en el valor d'infestació. Tot i així no hi ha diferències significatives entre el nivell d'infestació de la poda primaveral i la poda de tardor. Ambdues podes tenen un nivell d'infestació mitjà entre present i moderat. En el grup control s'ha trobat un nivell d'infestació molt elevat.

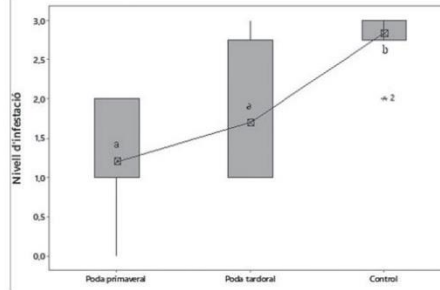


Figura 7. Comparació del rang d'infestació entre els diferents tractaments en relació amb la presència de gales en els brots a l'assaig de camp. Rangs d'infestació: 0 absent; 1 present; 2 moderat; 3 afectat. Els valors amb lletres diferents (a, b) són significativament diferents ($P < 0.05$).

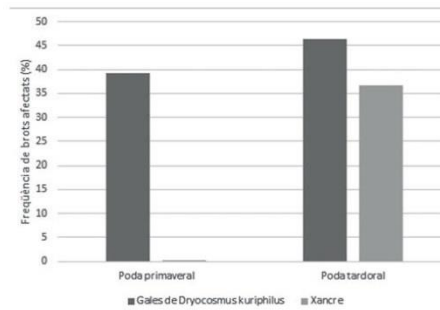


Figura 8. Freqüència de detecció de gales i afectació per xancra en l'experiment de poda entre els grups poda d'escarida primavera i poda d'escarida tardoral.

Pel que fa a la poda tardoral (Fig. 8) hi ha hagut una afectació per xancra molt acusada en comparació a la primaveral, on resulta pràcticament inexistent, malgrat les mesures de precaució adoptades. Aquesta infecció s'ha produït molt probablement per les ferides de poda degut a la dispersió de les espores del fong.

Discussió

Com hem vist al resultats, no hi ha cap mètode idoni que sigui capaç d'eliminar la vespeta del castanyer dels nostres boscos i l'efectivitat en la introducció de *Torymus sinensis* està per veure ja que la seva possible eficàcia es manifesta molts anys després del seu alliberament, alliberament que a més pot comportar problemes als ecosistemes per competició i hibridació amb espècies autòctones. A Itàlia, que va ser primer país europeu en alliberar-lo, ara farà 15 anys, no ha acon-

seguí ni de lluny eliminar la plaga, però ja s'ha comprovat que la seva introducció ha provocat un desplaçament negatiu de les poblacions autòctones de parasitoides en les gales dels roures (Ferracini *et al.*, 2018), desplaçament que ja va ser mencionat anteriorment a Japó (Yara *et al.*, 2012). Les possibles problemàtiques de desplaçament de la fauna parasitoida a l'ecosistema català estan per avaluar. La hibridació de *T. sinensis* amb les espècies autòctones (*T. notatus*, per exemple), després de les dades aquí exposades referents a la fenologia d'aquesta espècie a Catalunya, no es gens descartable; a Japó (Yara, 2014; Yara *et al.*, 2000) aquesta hibridació ha estat corroborada amb *T. beneficus* Yasumatsu & Kamijo, 1979.

La poda d'escarida, que es presenta en aquest estudi, és un nou intent de fer minvar les poblacions de *D. kuriphilus* dels nostres castanyers. Cal tenir present que no és viable quan la finalitat del castanyer és obtenir castanyes donat que l'eliminació de la major part dels borrons de floració i el subsegüent rebrot, majoritàriament de gemmes dorments i de fusta, el fa totalment incompatible sense considerar una pèrdua en la producció de castanyes durant com a mínim dos anys. Però és molt aconsellable quan la finalitat de les plantacions és l'obtenció de fusta, com succeeix a Catalunya, ja que la rebrotada és forta i vigorosa, tot incrementant l'àrea fotosintètica foliar i la longitud de les tanyades de rebrot, i sobretot és molt aconsellable si el castanyer és ornamental o monumental. Fins i tot, podria ser aplicable en mitjanes extensions de forma selectiva.

Tenint en compte els resultats obtinguts a l'assaig realitzat, la poda primaveral resulta indicada ja que les larves de *D. kuriphilus* deixen de ser viables i els arbres es beneficien d'una bona capacitat de cicatrització juntament amb baix risc de propagació del xancre. Aquest tractament elimina les postes existents d'ous de la vespa i també de les gales dels brots estivals. A més, no interfereix amb els parasitoides adults autòctons, ja que no hi ha una coincidència en el moment de vol d'aquests adults al castanyer. La pèrdua potencial de parasitoides hivernants dins de gales velles de *D. kuriphilus* per efectes de la poda pot ser potencialment eliminada recol·lectant les branques podades gales de l'any anterior o no retirant del terreny les restes de poda amb gales ja que poden contenir parasitoides, particularment *T. sinensis* i *T. notatus*, que emergiran més tard. Per alta banda, hem pogut constatar que les espècies que ataquen les gales de roures són precisament la font de l'atac contra les gales de *D. kuriphilus*. Les dates d'aparició de molts dels parasitoides emergits de gales de roures és compatible amb el parasitoidisme de la gala del castanyer. Aquesta dada és important ja que moltes de les espècies implicades en les gales de roures són polífagues però es troben sobre un hoste vegetal diferent podent constituir el control natural d'aquesta espècie invasora. Per tant, mai s'han de tallar els roures existents als envoltants de la zona on hi ha castanyers, donat que les gales dels roures són els reservoris dels parasitoides autòctons (Jara-Chiquito *et al.*, 2019). Malgrat això, alguns autors suggereixen que en ocasions aquestes disminucions temporals en les poblacions de la vespa per efecte dels parasitoides autòctons no es mantenen en el temps (Gil-Tapetado *et al.*, 2021), aspecte que s'haurà de comprovar. Tampoc s'han d'utilitzar insecticides durant al menys 3 anys al lloc després de la poda, per tal d'evitar perjudicar tots els parasitoides existents en cas d'un ús indiscriminat.

Els resultats de la poda mostren una clara tendència a la reducció dels danys per les gales de la vespa per efecte de les podes, en contrast amb els arbres control, amb infestacions significatives a tots els arbres no podats. Les dades posen de manifest que no hi ha diferències significatives entre podes de primavera i podes de tardor, però que les podes d'escarida primaverals són més convenientes en evitar les afectacions del xancre del castanyer. En quant a la intensitat de poda, el castanyer reacciona molt bé a la disponibilitat en llum que proporciona la poda d'escarida, amb el manteniment d'un bon vigor vegetatiu, paral·lelament a l'eliminació d'un màxim de gales amb larves de vespa. Tanmateix, en la poda s'han d'eliminar tots els brots xucladors encara que el *T. sinensis* pugui ser-hi present, ja que de fet són aquests òrgans vegetatius els que més priven al castanyer del seu vigor i fan que hi hagi menys flors i fruits, i a més quan arriba *D. kuriphilus* aquests són els primers de ser atacats.

Cal tenir en compte també el xancre, que és un problema molt greu dels nostres castanyers catalans. A les ja sabudes recomanacions de desinfecció de les eines de poda entre cada arbre, cal realitzar talls nets i emprar màstics fungicides per aplicar a les ferides. Hem de recordar que és a la primavera el moment ideal de poda per evitar la introducció de *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr (Fungi: Cryphonectriaceae), ja que l'arbre pot cicatritzar més ràpidament les ferides i en ser una època de baixa humitat ambiental fa que el fong no es propagui. La detecció d'afectacions per xancre a la tardor són molt importants respecte a la primavera, per això s'ha de tenir molt en compte a l'hora d'efectuar els tractaments. En resum, com a tractament paliatiu dels danys *D. kuriphilus* en castanyers forestals destinats a producció de fusta i barramenta, la poda d'escarida resulta recomanable en qualsevol cas: si és a la primavera amb menys afectació de xancre, si és a la tardor ha de ser acompanyat d'importantes mesures fitosanitàries de profilaxi per les infeccions fúngiques a les ferides de poda.

La poda d'escarida primaveral facilita el manteniment de dos períodes vegetatius nets de gales, en tant que una poda tardoral només en garanteix la meitat d'un sol període vegetatiu sense infestació de vespa. Per això, i tenint en compte l'època de poda i els resultats obtinguts, la poda de la primavera és la més indicada. Aquesta poda a més d'eliminar les postes existents d'ous de la vespa, no interfereix amb els parasitoides adults autòctons, ja que no hi ha una coincidència en el moment de vol d'aquests adults. No és així en el cas de *T. sinensis*, que sí podria comportar-li un cert destorb ja que pot continuar ovipositant potencialment fins a mitjans de juny. Això podria quedar parcialment solucionant si en la poda es recullen i dispersen pel territori gales de l'any passat que no presenten cap larva de *D. kuriphilus* en el seu interior però sí que pot presentar parasitoides que emergeixen més tard, com són *T. sinensis* i *T. notatus*. Malgrat tot, els beneficis d'eliminació de les postes de vespa amb la poda primaveral superen de llarg l'inconvenient de perdre *T. sinensis*, el qual com ja hem comentat pot comportar trastorns a l'ecosistema.

En el cas de la poda tardoral resulta particularment important no retirar del terreny les restes de poda amb gales ja que poden contenir *T. sinensis* i *T. notatus*, parasitoides que emergiran més tard. Per evitar la pèrdua de parasitoides hi

vernants existents dins de gales, s'aconsella no cremar mai les restes de poda, atès que *T. sinensis* i alguna altra espècie autòctona mostren una diapausa prolongada i poden mantenir-se en l'agalla seca de dos a tres anys (dades no publicades). D'aquesta manera es permet l'emergència d'adults de diferents parasitoids.

Finalment hem de tenir present que les poblacions exòtiques invasores solen tenir uns pics creixents els primers anys per posteriorment caure de manera sobtada per diferents causes, la durada de la qual pot ser temporal o permanent. A Catalunya, partir de la seva detecció el 2012, l'expansió inicial va ser molt ràpida i en 2014 ja estaven afectats totes les masses de castanyers, excepte a la serra de Prades on no es va confirmar la seva presència fins 2016. La intensitat de les afectacions va augmentar amb rapidesa fins al any 2018. Posteriorment, d'acord tant amb les observacions dels prospectors de les xarxes de seguiment fitosanitari forestal com la informació facilitada per propietaris i gestors forestals, a partir de 2018 es va establir de manera generalitzada la intensitat de les afectacions i en 2019 va començar una certa disminució que en 2020 va ser encara més acusada. A la zona de Prades, el 2019 encara hi havia afectacions importants mentre que el 2020 s'ha produït un descens. Cal destacar que aquesta disminució de les afectacions no s'ha percebut en altres zones de la península, ni tan sols en les comunitats on s'han realitzat alliberaments de *T. sinensis* des de fa anys. Aquesta davallada pot ser deguda a diversos factors: condicions meteorològiques, progressió de la comunitat de parasitoids autòctons, irrupció i establiment de *T. sinensis*, atacs fúngics a les gales, etc. En aquest sentit, algunes de les anomalies climàtiques que s'han produït en els darrers anys, degudes sens dubte al canvi climàtic que està patint el planeta, han pogut originar una mortalitat elevada a la població de la vespeta, fet que ja ha estat esmentat per (Bonsignore *et al.*, 2020; Contarini *et al.*, 2021; Lombardero *et al.*, 2021). També s'ha constatat la progressió dels parasitoids autòctons en les gales de la vespeta tant en nombre d'espècies com en percentatge de parasitoidisme. Aquest fet contribueix, sens dubte, al control natural de la plaga, encara que, pot ser temporal o pot dependre de la grandària de la gala (Gil-Tapetado *et al.*, 2021). També hi pot afectar l'espècie o espècies parasitoids predominants ja que en diferents poblacions les espècies majoritàries no són les mateixes. La presència de *T. sinensis*, parasitoid exòtic detectat l'any 2016, també ha pogut influir en la disminució de les poblacions de *D. kuriphilus* a Catalunya sobretot considerant les emergències obtingudes en les col·lectes del 2017 (dades publicades). L'atac fúngic natural, observat també a Catalunya (dades no publicades) malmet gales (Seddaiu *et al.*, 2016) malgrat ser un patògen pel castanyer (Lione *et al.*, 2019). Segurament l'actuació conjunta de diverses causes són les que justifiquen el descens poblacional observat de *D. kuriphilus* del nord-est ibèric.

També cal tenir present l'ús de varietats resistents així com evitar la propagació de la plaga no traslladant i eliminant material vegetal infestat, i la capacitat d'eliminar postes a les plàntules i empelts de *C. sativa* amb a la termohidroteràpia.

Agraïments

Agraïm la col·laboració amb el gabinet tècnic facultatiu competent de l'OTPN de la Diputació de Barcelona. Una versió resumida i divulgativa d'aquest estudi va ser requerida per a la seva publicació a la revista *Foresta* de l'Il·lustre Col·legi de Ingenieros Técnicos Forestales de Madrid. Agraïm també molt sincerament a Marta Ciordia Ara (Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA), Astúrics, Espanya) pels comentaris referits a la termohidroteràpia.

Bibliografia

- Abel, J. & Aletà, N. 2020. La selecció de Castanyers per a fruita al Parc Natural del Montseny. Consorci Forestal de Catalunya. *Catalunya Forestal*, 145: 31-33.
- Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, M., Alma, A., Bosio, G., Quacchia, A., Picciau, L., Abe, Y., Moriya, S., Yara, K., Seljak, G. & Stone, G.N. 2006. *Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus*. Pp. 103-121. In Ozaki K., Yukawa J., Ohgushi T. & Price P.W. (eds). *Ecology and Evolution of Galling Arthropods and their Associates*. Springer, Tokyo., 308 p.
- Aebi, A., Schoenenberger, N. & Bigler, F. 2011. Evaluating the use of *Torymus sinensis* against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* in the Canton Ticino, Switzerland. *Agroscope Reckenholz-Tanikon Report*, 40 p.
- Agarwal, V. K. & Sinclair J. B. 1996. *Principles of Seed Pathology*, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton, Florida, 560 p.
- Aguin, O., Sainz, M. J., Montenegro, D. & Mansilla, J. P. 2011. Biodiversidad e hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica* en Europa: implicaciones para el control biológico del cancro del castaño. *Recursos Rurals*, 7: 35-47.
- Aletà, N., García, D. & Argemí, J. 2016. La selecció de castaño para fruto en el Montseny. IRTA. *II Jornada de Arboricultura Forestal*. [Disponible a: <https://docplayer.es/69499618-La-selecció-de-castaño-para-fruto-en-el-montseny.html>]
- Bartlett, D. 2016. Viewpoint: Partnership in action-Europe and beyond. *Bulletin of the CIEEM*, 94: 13-15.
- Battisti, A., Benvegnù I., Colombari F., Haack RA. 2014. Invasion by the chestnut gall wasp in Italy causes significant yield loss in *Castanea sativa* nut production. *Agricultural Forest Entomology*, 16: 75-79. <https://doi.org/10.1111/afe.12036>.
- Beltrán, M., Vericat, P., Piqué, M. & Farriol, R. 2013. *Models de gestió per als boscos de castanyer (Castanea sativa Mill.): producció de fusta i fruit*. Serie: Orientacions de gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya, Barcelona, 45 p.
- Bonsignore, C. P., Vizzari, G., Vono, G. & Bernardo, U. 2020. Short-term stress affects parasitism on the Asian chestnut gallwasp *Dryocosmus kuriphilus*. *Insects*, 11 (12): 841. DOI:10.3390/insects11120841
- Borowicz, N., Thاون, M., Brancaccio, L., Warot, S., Vercken, E., Fauvergue, X., Ris, N. & Malausa, J. C. 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, 29 (1):7-10.
- Brussino G, Bosio G, Baudino M, Giordano R, Ramello F, Melika G. 2002. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *Informatore agrario*, 37: 59-61.

- Cabi, 2014. CABI Datasheets. *Dryocosmus kuriphilus*. Disponible online en: <<http://www.cabi.org/isc/datasheet/20005>>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Castaña, C., Navarro, P., Rodríguez, J., Vericat, P., Colinas, C., & García García, M. 2012. El castanyer a Catalunya. Manual de gestió, conservació i valorització. Diputació de Barcelona i Obra Social «La Caixa». Manuals de gestió (col.). 143 p.
- Ciordia, M., García, J. C. & Loureiro, M. D. 2020a. Hot water treatment: an effective method for disinfecting *Castanea sativa* mill. dormant scions against *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Pest Management Science*, 76: 1944–1948. DOI: 10.1002/ps.5727
- Ciordia, M., Loureiro, M. D. & García J. C. 2020b. Termohidroterapia: una solució para eliminar la avispiella del castaño en piñas de madera leñosa. *Tecnología Agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA*, 23: 26-32. Disponible a: <<http://www.serida.org/pdfs/8123.pdf>> [Data de consulta: 30 de juny de 2020] i <<http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=8055>> [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Colinas, C., Rojo, M., Argemí, J., Heras, J., Castaña, C., Rotllan, X., Gómez, M., Gilarte, S., Ustrell, E. & Sarri, I. 2009. *El Control Biológico del Chancho del Castaño en Catalunya*. Fds. S.F.C.F.-Junta de Castilla-León, *Actas 5º Congreso Forestal Español*. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Ávila. CD-Rom.
- Colombari, F. & Battisti, A. 2015. Spread of the introduced biocontrol agent *Torymus sinensis* in north-eastern Italy: dispersal through active flight or assisted by wind? *BioControl*, 61(2): 127-139. DOI: 10.1007/s10526-015-9712-1
- Contarini, M., Rossini, L., Caccia, R., Morelli, S., Beritognolo, L., Gaudet, M., Villani, F., Paparatti, B. & Speranza, S. 2021. Do *Castanea sativa* wild provenances influence *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) infestations?. *Turkish Journal of Zoology*, 45: 206-215. doi:10.3906/zoo-2101-16
- Cooper, W. R. & Rieske, I. K. 2007. Community associates of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Eastern North America. *Annals of the Entomological Society of America*, 100: 236–244. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2007\)100\[236:CAOAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2007)100[236:CAOAE]2.0.CO;2)
- Cuevas Albaro, M. I. 2019. Diversidad genética y resistencia del castaño a factores bióticos y abióticos. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba. 120 pp. Disponible a: <<https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/18717/2019000001937.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Dini, F., Sartor, C. & Botta, R. 2012. Detection of a hypersensitive reaction in the chestnut hybrid „Bouche de Bétizac” infested by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Plant Physiology and Biochemistry*, 60: 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.07.023>
- Ferracini, C., Ferrari, E., Saladini, M. A., Pontini, M., Corradetti, M. & Alma, A., 2015. Non-target host risk assessment for the parasitoid *Torymus sinensis*. *BioControl* 60: 583–594. <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9676-1>
- Ferracini, C., Bertolino, S., Bernardo, U., Bonsignore, C. P., Iaccoli, M., Ferrari, E., Lupi, D., Maini, S., Mazzon, L., Nugnes, F., Rocco, A., Santi, F. & Tavella, L. 2018. Do *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and agroforestry system affect native parasitoids associated with the Asian chestnut gall wasp? *Biological Control*, 121: 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.01.009>
- Gil-Izupetado, D., Castedo-Dorado, F., Nieves-Aldrey, J. L. & Lombardero, M.J. 2021. Gall size of *Dryocosmus kuriphilus* limits down-regulation by native parasitoids. *Biological Invasions Journal*, 23: 1157-1174. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02427-x>.
- Graña, X. 2018. Qué medidas debemos tomar contra la avispiella del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*). *Mundo forestal*, 02 May. Accessible en <https://www.hifasforesta.com/blog/que-medidas-debemos-tomar-contra-la-avispiella-del-castaño-dryocosmus-kuriphilus/>. [Dat de consulta 02/11/2020].
- Homs, G., Rodríguez, J., Rigling, D. & Colinas, C. 2001. *Caracterización de la población de Cryphonectria parasitica y detección de cepas hipovirulentas en 3 subpoblaciones de Cataluña*. Montes para la Sociedad del nuevo milenio. III Congreso Forestal Español. Ed. Junta de Andalucía. Granada. 6 pág. [Disponible a: <https://www.researchgate.net/publication/267247617_Caracterizacion_de_la_poblacion_de_Cryphonectria_parasitica_y_deteccion_de_cepas_hipovirulentas_en_3_subpoblaciones_de_Cataluna>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Jara-Chiquito, J. L., Askew, R. & Pujade-Villar, J. 2019. The invasive asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera:Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and associations with oak gall inducers in Catalonia. Oxford University Press: *Forestry*, 93 (1): 178-186. DOI:10.1093/forestry/cpz061
- Jara-Chiquito, J. L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para la Avispiella del Castaño en Cataluña. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219–226.
- Jara-Chiquito, J. L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.
- Jara-Chiquito, J. L., Pujade-Villar, J., Ferreira, B., Alvarez, R. 2020. Ground meristem and vascularization pattern alterations induced by Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*, Hymenoptera: Cynipidae) on *Castanea sativa* (Fagaceae). *Arthropod-Plant Interactions*, 15(2): 223–233. <https://doi.org/10.1007/s11829-021-09810-y>
- Kos, K., Kriston, E. & Melika, G., 2015. Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. *European Journal of Entomology*, 112 (4): 698–704. DOI: 10.14411/eje.2015.091
- Lione, G., Danti, R., Fernandez-Conradi, P., Ferreira-Cardoso, J. V., Lefort, F., Marques, G., Meyer, J. B., Prospero, S., Radócz, L., Robin, C., Turchetti, T., Vettraino, A. M. & Gonthier, P. 2019. The emerging pathogen of chestnut *Gnomoniopsis castaneae*: the challenge posed by a versatile fungus. *European Journal of Plant Pathology*, 153: 671–685. <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1597-2>
- Lombardero, M. J., Castedo-Dorado, F. & Ayres, M.P., 2021. Extreme climatic events affect populations of Asian chestnut gall wasps, *Dryocosmus kuriphilus*, but do not stop the spread. *Agricultural and Forest Entomology*, 23: 473-488. DOI: 10.1111/afe.12448
- Malloni, A., Mariotti, B. & Tani, A. 2012. Case study of a new method for the classification and analysis of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu damage to Young chestnut sprouts. *Biogeosciences and Forestry*, 5 (2): 50-59. <https://doi.org/10.3832/for0598-008>
- MAPA, 2020. Directrices para el control biológico de la avispiella del castaño (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) mediante el uso del parasitoid *Torymus sinensis*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subdirección General de Sanidad e Higiene Vegetal y Forestal. 14 pp. Disponible a: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/directricesparaelcontrolbiologicodelaavispielladelcastano_v2_mayo_tcm30-540138.pdf>. [Data de consulta: 30 de juny de 2020].
- Matošević, D., Quacchia, A., Kriston, E. & Melika, G. 2014. Biological control of the invasive *Dryocosmus kuriphilus*

- (Hymenoptera: Cynipidae) – an overview and the first trials in Croatia. *South-East European Forestry*, 5 (1): 3-12. <https://doi.org/10.15177/seeFor.14-05>
- Matošević, D., Iacković, N., Melika, G., Kos, K., Franić, I., Kriston, E., Bozso, M., Seljak, G. & Rot, M. 2015. Biological control of invasive *Dryocosmus kuriphilus* with introduced parasitoid *Torymus sinensis* in Croatia, Slovenia and Hungary. *Periodicum Biologorum*, 117: 471-477. DOI: 10.18054/pb.2015.117.4.3445
- Matošević, D., Mujčinović, O. & Dautabašić, M. 2017. First record of biocontrol agent *Torymus sinensis* (Hymenoptera, Torymidae) in Bosnia and Herzegovina. *South-east European forestry*, 8 (2): 147-149. DOI: 10.15177/seeFor.17-14
- Moriya, S., Inoue, K., Ōtake, A., Shiga, M. & Mabuchi, M. 1989. Decline of the chestnut gall wasp population, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) after the establishment of *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae). *Applied Entomology and Zoology*, 24: 231-233. <https://doi.org/10.1303/aez.24.231>
- Moriya, S., Shiga, M. & Adachi, I. 2003. Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan: Proceedings of the 1st International symposium on biological control of arthropods (ed. by RG van Driesche) USDA Forest Service, Washington, USA, pp. 407-415.
- Nieves-Aldrey, J.-L., Gil-Tupetado, D., Gavira, O. N., Boyero, J. R., Polidori, C., Lombardero, M. J., Blanco, D., Rey del Castillo, C., Rodríguez-Rojo, M. P., Vela, J. M. & Wong, M. E. 2019. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and first data on establishment after experimental releases. *Forest Systems*, 28(1): e001. <https://doi.org/10.5424/fs/2019281-14361>
- Panzavolta, T., Croci, F., Bracalini, M., Melika, G., Benedettelli, D., Florenzano, G.T. & Tiberi, R. 2018. Population dynamics of native parasitoids associated with the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Italy. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2018(2):1-13. <https://doi.org/10.1155/2018/8078049>
- Panzavolta, T., Bracalini, M., Croci, F., Campani, C., Bartoletti, T., Miniati, G. & Tiberi, R. 2012. Asian chestnut gall wasp in Tuscany: gall characteristics, egg Distribution and chestnut cultivar susceptibility. *Agricultural and Forest Entomology*, 14: 139-145. DOI: 10.1111/j.1461-9563.2011.00551.x
- Pérez-Otero, R. & Mansilla, J. P., 2014. El cinipido del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 llega a Galicia (NO de la Península Ibérica). *Archivos Entomológicos*, 12: 33-36.
- Pogolotti, C., Cuesta-Porta, V., Pujade-Villar, J. & Ferracini, C. 2018. Seasonal flight activity and genetic relatedness of *Torymus* species in Italy. *Agricultural and Forest Entomology*, 21 (2): 159-167. DOI: 10.1111/afe.12316.
- Pujade-Villar J., Torrell, A. & Rojo, M. 2013. Primeres troballes a la península Ibérica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípids d'origen asiàtic altament perillosa pel castanyer (Fagaceae). *Orsis*, 27: 295-301.
- Pujade-Villar, J., Bellido, D., Segú, G. & Melika, G. 2001. Current state of knowledge of heterogony in Cynipidae (Hymenoptera, Cynipoidea). *Sessions Entomologiques ICHN-SCL*, 11 (1999): 87-107.
- Quacchia, A., Moriya, S., Askew, R. & Schönrogge, K. 2014a. *Torymus sinensis*: biology, host range and hybridization. *Acta Hort.* 1043: 105-111. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1043.13>
- Quacchia, A., Moriya, S. & Bosio, G. 2014b. Effectiveness of *Torymus sinensis* in the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Italy. *Acta Horticulturae*, 1043 (1043): 199-204. DOI: 10.17660/ActaHortic.2014.1043.26
- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapin, I. & Alma, A. 2008. Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl*, 53: 829-839. DOI: 10.1007/s10526-007-9139-4
- Quacchia, A., Ferracini, C., Nicholls, J. A., Piazza, E., Saladini, M. A., Tota, F., Melika, G. & Alma, A. 2013. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in north-western Italy. *Insect Conservation and Diversity*, 6:114-123. <https://doi.org/10.1111/ij.1752-4598.2012.00192.x>
- Rieske, L. K. 2007. Success of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus*, on chestnut in the USA: a historical account. *Bulletin OBPP/EPPO Bulletin*, 37: 172-174.
- Ros-Farré, P. & Pujade-Villar, J. 1998. Estudio mediante una trampa Malaise de la comunidad de cinípidos cecidógenos e inquilinos de Santa Coloma, Andorra (Hymenoptera, Cynipidae). *Ecologia*, 12: 441-454.
- Santos, A., Pereira, J. A., Santos, S. A. P., Quacchia, A., & Bento, A. 2017. Biological control based on native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in invaded countries. *Natural Enemies*, 1-23.
- Sartor, C., Dimi, F., Marinioni, D. T., Mellano, M. G., Beccaro, G. I., Alma, A. & Botta, R. 2015. Impact of the Asian wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) on cultivated chestnut: Yield loss and cultivar susceptibility. *Scientia Horticulturae*, 197: 454-460. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.10.004
- Seddaiu, S., Cerboneschi, A., Sechi, C. & Mello, A. 2016. *Gnomoniopsis castaneae* associated with *Dryocosmus kuriphilus* galls in chestnut stands in Sardinia (Italy). *iForest*, 10: 440-445. DOI: 10.3832/ifer2064-009
- Serrada, R., Montero, G. & Reque, J. A. 2008. Compendio de selvicultura aplicada en España. INIA. Madrid. España. 1179 p.
- Warmund, M. R. 2013. *Dryocosmus kuriphilus*-induced Chestnut Galls and Their Inhabitants. *Hortscience*, 42(8): 969-974. DOI: 10.21273/HORTSCI.48.8.969
- Warmund, M. R. 2014. Disinfestation of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in *Castanea* Scion wood: proceedings of the V international chestnut symposium; 2012 Sep 04-08; Shepherdstown, WV Leuven, Belgium. *Acta Horticulturae*, 1019: 243-247.
- Yara, K. 2014. Interaction between *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and *T. beneficus*, introduced and indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 48 (1): 35-40. DOI: 10.6090/jarq.48.35
- Yara, K., Matsuo, K., Sasawaki, T., Shimoda, T., & Moriya, S. 2012. Influence of the introduced parasitoid *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) on *T. koreanus* and *T. beneficus* as indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) on chestnut trees in Nagano Prefecture, Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 47 (1): 55-60. <https://doi.org/10.1007/s13355-011-0088-0>
- Yara, K., Yano, E., Sasawaki, T. & Shiga, M. 2000. Detection of hybrids introduced *Torymus sinensis* and native *T. beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) in central Japan, using malic enzyme. *Applied Entomology and Zoology*, 35 (2): 201-206.
- Zhu, D.-H., Liu, Z., Lu, P.-F., Yang, X.-Y., Su, C.-Y. & Liu, P. 2015. New Gall Wasp Species Attacking Chestnut Trees: *Dryocosmus zhuli* n. sp. (Hymenoptera: Cynipidae) on *Castanea henryi* from Southeastern China. *Journal of Insect Science*, 15 (1): 156. DOI: 10.1093/jicsesa/iev118

4.3.2. La vespeta del castanyer a Catalunya: revisió dels mètodes de prevenció, control i cures pal·liatives

Jara Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J. & Heras Dolader, J., 2021

La avispa del castanyer en Catalunya: revisió dels mètodes de prevenció, control i cures paliatives. *Foresta*, 81: 50-56.

La avispa del castaño en Cataluña: revisión de los métodos de prevención, control y cuidados paliativos

Juan Luis Jara-Chiquito¹,
Juli Pujade-Villar²,
Jorge Heras Dolader³

¹ Ingeniero técnico forestal y biólogo

² Dr. biólogo. Universitat de Barcelona. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals

³ Ingeniero de montes. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació

La avispa del castaño, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hym., Cynipidae), es una plaga exótica invasora que ataca a los castaños. Introducida en Europa en 2002, se citó en Cataluña en 2012, propagándose a continuación por toda la península Ibérica. Induce agallas en las hojas y tallos, y provoca una inhibición en el crecimiento de los árboles y en la producción de frutos, lo que acarrea considerables pérdidas económicas. En el presente trabajo se hace una revisión de los diferentes métodos de prevención y control y se expone la situación actual de la avispa en Cataluña, planteando diversas hipótesis justificativas de la misma.

Palabras clave: avispa del castaño; agallas; cinípidos; parasitoides; tratamientos

INTRODUCCIÓN

En Cataluña el castaño es el árbol forestal dominante en unas 12 500 ha, ampliamente repartidas por los macizos del Montseny y las Guillerries y, en menor medida, en el Montnegre-Corredor, las Gavarres, la Garrotxa, la Albera-Salinas y la sierra de Prades. Los castaños catalanes proceden principalmente de plantación y se destinan en su mayoría al aprovechamiento de la madera, mientras que la recolección de castaña queda relegada a un papel mucho menor.

Tradicionalmente, estas explotaciones se habían caracterizado por realizarse en densos latizales de pequeños diámetros, conocidos como

perxades, gestionados como monte bajo regular. Sin embargo, su progresiva pérdida de valor económico ha llevado a que las orientaciones silvícolas actuales recomienden priorizar para madera de sierra las masas con calidades de estación altas, dejando los latizales con inferiores calidades de estación para apeas y postes (Beltrán, 2013). En las zonas con calidad de estación pobre se asume ya su sustitución como especie principal ante la dificultad de un retorno económico.

A pesar de todo, aún se dan ciertas expectativas de mejora en el sector del fruto seco, como apuntan algunos estudios sobre caracterización y promoción de las variedades locales

Resultats

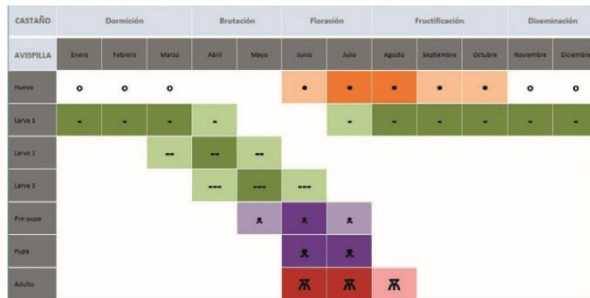


Fig. 1. Fenología de *D. kuriphilus* con *C. sativa* en Cataluña (= huevo) (o = exuvia)
(color claro = presencia esporádica) (color oscuro = presencia habitual)

de castaña para su cosecha (Abel y Aletà, 2020).

En cuanto a los problemas sanitarios, la silvicultura del castaño se ha visto muy condicionada por la incidencia de la enfermedad del chancro causada por el hongo *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr., introducida en Europa desde el continente asiático. La afectación por chancro en Cataluña sigue siendo alta hoy día, aunque la inoculación con cepas hipovirulentas es un tratamiento que ha demostrado ser eficaz (Colinas et al., 2009).

LA PLAGA DE LA AVISPILLA DEL CASTAÑO

La avispija del castaño, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (*Hymenoptera*, *Cynipidae*), es una plaga exótica invasora originaria de China que se introdujo en Europa a través de Italia en 2002, expandiéndose rápidamente por el resto de los países europeos. En Cataluña fue confirmada por primera vez oficialmente en 2012 (Pujade-Villar et al., 2013), aunque al observarse también agallas lignificadas puede establecerse que la irrupción de la plaga en España se produjo entre los años 2010 y 2011. A continuación, se ha ido propagando por toda el área de distribución peninsular del castaño: Cantabria en 2013, Galicia, Portugal y Andalucía en 2014, Castilla y León en 2017 y Comunidad de Madrid en 2019. La amplia dispersión del insecto se debe tanto al propio vuelo de los adultos con la ayuda del viento como

al transporte de material vegetal destinado a nueva plantación o injerto.

La fenología del castaño y la de la avispija se acoplan perfectamente (Fig. 1), tratándose de un cinípido univoltino que tiene la peculiaridad de reproducirse por agamia indefinida, una forma de partenogénesis que desarrolla únicamente hembras. Entre los meses de julio y agosto se lleva a cabo la puesta en grupos de 1 a 5 huevos en el interior de las yemas del árbol. Cada hembra alcanza a poner más de 100 huevos durante sus aproximadamente 10 días de vida y, dado que distintas hembras pueden ovipositar en un mismo lugar, una sola yema llega a contener de 10 a 35 huevos (Gil-Tapetado et al., 2021).

La eclosión tiene lugar a los 40 días y el desarrollo de la larva de

primer estadio resulta extraordinariamente lento durante los siguientes meses de otoño e invierno. Mientras tanto, empieza a formarse una agalla interna en la yema, invisible externamente. Llegada la primavera, antes del inicio de la actividad vegetativa del castaño, se produce la muda del segundo estadio larvario y en el transcurso de 1-2 semanas se generan las típicas agallas. En un tercer estadio las larvas se alimentan durante 20-30 días antes de pupar y, ya en verano, la avispija finaliza su desarrollo en el interior de la agalla dándose la emergencia de las hembras.

El principal síntoma del ataque producido por la avispija es la formación de las mencionadas agallas o cecidios con coloraciones verdes o rojizas (Fig. 2). Estas estructuras, que albergan al cinípido, consisten en inflamaciones de entre 5 y 45 mm generadas por hipertrofia celular e hiperplasia de los tejidos vegetales en brotes, peciolos, hojas y raramente en amentos (Jara-Chiquito et al., 2021). Cuando las infestaciones son importantes, se malogra el normal crecimiento de ramaje e inflorescencias, acompañado de una considerable pérdida de frutos de castaña y una significativa disminución de la capacidad fotosintética por reducción de la superficie foliar que llega a comprometer, en los casos más graves, la producción de madera y hasta la propia salud del árbol.



Fig. 2. Agallas de avispija del castaño en hojas y brotes

MÉTODOS DE CONTROL Y PREVENCIÓN

**Control natural:
parasitoides autóctonos**

Son diversos los parasitoides, organismos que parasitan una única larva del cinípido a la que finalmente acaban consumiendo para completar su ciclo reproductivo, que pueden ejercer el control natural de *D. kuriphilus*. La avispa del castaño, al ser exótica, no presenta asociada inicialmente una red trófica de parasitoidismo, pero en cambio tiene la capacidad de reclutar aquellos parasitoides autóctonos, en su mayoría calcidoideos, que de forma natural parasitan a los cinípidos formadores de agallas en robles y encinas.

Así, en el marco del seguimiento hecho en Cataluña de *D. kuriphilus*, entre los años 2013 y 2017 se hicieron diversos muestreos recolectando cada verano unas 5000 agallas en diferentes zonas de distribución del castaño (Jara-Chiquito et al., 2016). Las agallas se colectaban cuando las pupas de avispa estaban en fase avanzada y se ponían en cámaras de cría para luego hacer recuento e identificación de los individuos que emergían, tanto avispa como parasitoides. De esta manera se pudo constatar un aumento progresivo tanto en el grado de parasitismo como en el número de especies autóctonas de parasitoides que vienen parasitando agallas de *D. kuriphilus* en todas las zonas de castaño estudiadas. Hasta ahora se han podido identificar 28 especies diferentes de parasitoides (Fig. 3), 27 autóctonas provenientes de los robles y una exótica introducida desde Francia (Jara-Chiquito y Pujade-Villar, 2019).

Los datos obtenidos en Cataluña sobre dichos parasitoides muestran preponderancia de *Torymus flavipes*, *Bootanomya dorsalis* y *Sycophilla variegata* en agallas del año y, en cambio, predominio de *T. notatus* en agallas postinvernales. A su vez, confirman que son los parasitoides de cinípidos formadores de agallas en los robles los que constituyen la fuente del parasitoidismo contra la avispa del castaño, actuando como reservorios de parasitoides autóctonos (Jara-Chiquito et al., 2019).

Sin embargo, algunos autores sugieren que en ocasiones estas disminuciones temporales en las poblaciones de avispa por efecto de los parasitoides autóctonos no se mantienen en el tiempo (Gil-Tapetado et al., 2021).

**Control biológico clásico:
sueeltas de *Torymus sinensis***

Torymus sinensis Kamijo (*Torymidae*) es el parasitoide, también originario de China, que controla específicamente a la avispa del castaño. Es haplodiploide y sus huevos fértiles producen hembras diploides, en tanto que los no fertilizados desarrollan machos haploides. La hembra hace la puesta a inicios de primavera sobre agallas nuevas en formación de *D. kuriphilus*. En verano la larva detiene su alimentación y no pupa hasta el invierno, para emerger el adulto en

la primavera siguiente. Un reducido porcentaje de las pupas entra en diapausa prolongada un año más para emerger en la primavera del segundo año (Quacchia et al., 2014).

La lucha biológica clásica ya disponía de experiencia previa sobre la utilización de este parasitoide contra la avispa del castaño en su área de origen y que ha sido utilizado con éxito como agente de control biológico clásico en Japón y en Estados Unidos. En Europa, las primeras introducciones de *T. sinensis* tuvieron lugar en Italia en 2005 (Quacchia et al., 2008), reduciéndose en pocos años los niveles de infestación de avispa, lo que animó a países vecinos como Eslovenia, Croacia, Hungría y Francia a tomar también esa misma iniciativa.

Pese a todo, la liberación de este organismo comporta algunos riesgos que amenazan al medio natural,

| Familias (Chalcidoidea) | n | Especies de parasitoides |
|-------------------------|----|-----------------------------------|
| Eupelmidae | 1 | <i>Eupelmus annulatus</i> |
| | 2 | <i>Eupelmus azureus</i> |
| | 3 | <i>Eupelmus urozonus</i> |
| Eurytomidae | 4 | <i>Eurytoma brunneiventris</i> |
| | 5 | <i>Sycophila biguttata</i> |
| | 6 | <i>Sycophila variegata</i> |
| Ormyridae | 7 | <i>Ormyrus nitidulus</i> |
| | 8 | <i>Ormyrus pomaceus</i> |
| Torymidae | 9 | <i>Bootanomya dorsalis</i> |
| | 10 | <i>Bootanomya dumicola</i> |
| | 11 | <i>Torymus auratus</i> |
| | 12 | <i>Torymus erucarum</i> |
| | 13 | <i>Torymus flavipes</i> |
| | 14 | <i>Torymus formosus</i> |
| | 15 | <i>Torymus geranii</i> |
| | 16 | <i>Torymus nobilis</i> |
| | 17 | <i>Torymus notatus</i> |
| | 18 | <i>Torymus sinensis*</i> |
| Pteromalidae | 19 | <i>Mesopolobus albitarsus</i> |
| | 20 | <i>Mesopolobus amaenus</i> |
| | 21 | <i>Mesopolobus fasciventris</i> |
| | 22 | <i>Mesopolobus liechtensteini</i> |
| | 23 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> |
| | 24 | <i>Mesopolobus sericeus</i> |
| | 26 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> |
| | 26 | <i>Mesopolobus tibialis</i> |
| | 27 | <i>Cecidostiba fungosa</i> |
| Eulophidae | 28 | <i>Aulogymnus obscuripes</i> |

Fig. 3. Especies de parasitoides detectadas en Cataluña (* = especie introducida)



La lucha biológica clásica ya disponía de experiencia previa sobre la utilización de este parasitoide contra la avispa del castaño en su área de origen y que ha sido utilizado con éxito como agente de control biológico clásico en Japón y en Estados Unidos



Fig.4. Cuidados paliativos: mallas primaverales

principalmente el de parasitación de especies galícolas autóctonas y, en menor medida, el de hibridación con especies de parasitoides autóctonos afines. Ello hizo que en España se encargara un análisis de riesgo previo a que, bajo control y con carácter experimental, fueran realizadas en 2015 las primeras sueltas de *T. sinensis* en Galicia, Andalucía, Asturias y Portugal (Nieves-Aldrey et al., 2019). Recientemente, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) ha establecido unas directrices para el uso de este parasitoide exótico (MAPA, 2020). Hay que señalar que aunque aún no hay constancia de hibridación con parasitoides autóctonos, *T. notatus*, es muy próxima morfológica y filogenéticamente

y también hiberna en las agallas. Por otra parte, ya se han documentado en Italia ejemplares de *T. sinensis* emergidos a partir de agallas de cinípidos autóctonos de los géneros *Andricus* y *Biorhiza* (Pogolotti et al., 2018)

Sin embargo, en Cataluña no se ha realizado ninguna liberación de *T. sinensis* debido, principalmente a la menor repercusión económica de esta plaga para los propietarios ya que, como se ha comentado, el castaño en Cataluña tiene carácter mayoritariamente forestal y el chancro sigue siendo el principal problema sanitario. Por otra parte, las liberaciones efectuadas a partir de 2011 en Francia a pocos kilómetros de los castañares de Cataluña unido a la facilidad de dispersión de esta especie hacían in-

evitable su entrada en la península. Y, efectivamente, en 2016 fue detectado en las comarcas gerundenses de la Garrotxa, el Gironès y la Selva (Jara-Chiquito y Pujade-Villar, 2018) y en la localidad barcelonesa de Sant Marçal (Nieves-Aldrey et al., 2019).

Aunque se deberá valorar el seguimiento de los niveles de infestación de *T. sinensis* en las agallas de *D. kuriphilus* en España, los datos provisionales sugieren que en la mayoría de los casos los porcentajes están por debajo del 1% a pesar de haberlo introducido en algunas regiones desde 2015 (Nieves-Aldrey et al., 2019). Hay que tener en cuenta que los precedentes indican que la efectividad del control por *T. sinensis* se produce cuando hay una población significati-

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el ensayo realizado, la monda primaveral resulta indicada ya que las larvas de *D. kuriphilus* dejan de ser viables y los árboles se benefician de una buena capacidad de cicatrización junto con bajo riesgo de propagación del chancro



Torymus auratus, uno de los parasitoides autóctonos de *D. kuriphilus*

va establecida, lo que ocurre a partir de los 5-7 años.

Control químico

En principio, la lucha química es desaconsejable por resultar excesivamente costosa en castañares de producción maderera e insostenible para los de cosecha de castaña. Ello se debe a las propias dificultades de aplicación motivadas por la singular biología del insecto, protegido la mayor parte del tiempo por la agalla, así como por el riesgo de afectación a parasitoides y a polinizadores beneficiosos. Además, la inexistencia de machos imposibilita el uso de trampas de feromonas. No obstante, en el caso de manejo de ejemplares de árboles ornamentales y monumentales, podría ser recomendable el empleo de tratamientos químicos, especialmente los internos mediante endoterapia.

Tratamientos silvícolas parciales

En relación con el castaño, los cuidados culturales preventivos recurren ordinariamente a la selección de brotes de cepa y a las podas sanitarias, en las que resultará fundamental

tener en cuenta tanto la dispersión de la avispa y sus parasitoides, como la de otras afecciones activas, como el chancro. Ambas acciones son intensas al haberse de sanear afectaciones y pudriciones, por lo que se requiere pensar cuidadosamente la época para su ejecución, el uso de selladoras y fitosanitarios, y el destino de los restos de poda. En cualquier caso, resulta fundamental desinfectar las herramientas de poda entre cada árbol y la opinión mayoritaria es que hay que realizar cortes limpios y emplear masillas fungicidas para sellar las heridas.

Cuidados culturales paliativos: mondas primaverales

La eliminación física de las agallas produce un efecto paliativo directo y eficiente, cuando se trate de un número de pies reducido, como en jardines, pequeños rodales y bosquetes. Pero esta acción no es aplicable a masas forestales, sino cuando los valores ornamentales y/o ambientales son los prioritarios. Sobre la base de unas experiencias de campo, realizadas en el Montseny entre 2017 y 2020, se proponen a continuación

unos cuidados paliativos mediante mondas primaverales.

El tratamiento consiste en la eliminación drástica de todas las ramificaciones vivas y secas del árbol con sus brotes laterales y terminales excepto las guías principales, dando a la copa una estructura con aspecto de candelabro, para inducir así la emisión de rebrotes epicórmicos libres de agallas (Fig. 4). Pese a no ser considerado tradicionalmente un tratamiento recomendable (Serrada et al. 2008) se propone con los debidos matices en los ámbitos señalados.

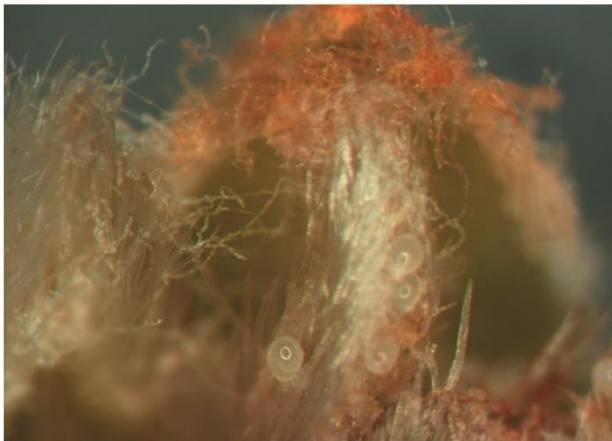
El tratamiento propuesto consiste en una monda intensa durante la primavera antes de la emergencia de los adultos, momento en que las larvas y pupas del cinípido aún no han completado su desarrollo, impidiendo su crecimiento hasta adultos y obteniendo de cara al verano una profusión de rebrotes de yemas epicórmicas no infestadas.

La monda no es aplicable de cara a la producción de fruto de castaña dado que la eliminación de la mayor parte de los borrones de floración provocaría una pérdida en la producción de castañas durante al menos dos años. Sin embargo, puede ser de utilidad para el saneamiento de castaños de especial valor ornamental o ambiental, ya que el rebrote es fuerte y vigoroso, incrementando el área fotosintética foliar y la longitud de los rebrotes, al tiempo que baja mucho la infestación por la avispa.

La monda primaveral facilita el mantenimiento de un periodo vegeta-



Larva de *D.kuriphilus* en una agalla de avispiella



Huevos de *D.kuriphilus*

tivo limpio de agallas, en tanto que las ordinarias podas otoñales sólo garantizan la mitad de un solo periodo vegetativo libre de infestación de avispiella.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el ensayo realizado, la monda primaveral resulta indicada ya que las larvas de *D. kuriphilus* dejan de ser viables y los árboles se benefician de una buena capacidad de cicatrización junto con bajo riesgo de

propagación del chancro. Este tratamiento elimina las puestas existentes de huevos de la avispiella y también de las agallas de los brotes estivales. Además, no interfiere con los parasitoides adultos autóctonos, ya que no hay una coincidencia en el momento de vuelo de estos adultos. Pero resulta particularmente importante no retirar del terreno los restos de poda con agallas puesto que pueden con-



Adulto de avispiella del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*)

tener parasitoides, particularmente *T. sinensis* y *T. notatus*, que emergerán más tarde. Para evitar la pérdida de parasitoides invernantes existentes dentro de agallas, se aconseja no quemar nunca los restos de poda, dado que *T. sinensis* y alguna otra especie autóctona muestran una diapausa prolongada y pueden mantenerse en la agalla seca de dos a tres años. De esta manera se permite la emergencia de adultos de diferentes parasitoides. Por otra parte, nunca se deben cortar los robles existentes en los alrededores y en la zona donde hay castaños, dado que las agallas de los robles son los reservorios de los parasitoides autóctonos. Tampoco se deben utilizar insecticidas durante al menos un par de años en el lugar después de la poda, para evitar perjudicar todos los parasitoides en diapausa existentes en caso de un uso indiscriminado.

Finalmente, debemos tener en cuenta también el chancro en la planificación y ejecución de las mondas, recordando que es en primavera el momento ideal para evitar la introducción de *C. parasitica*, ya que el árbol puede cicatrizar más rápidamente las heridas y al ser una época de baja humedad ambiental hace que el riesgo de dispersión del hongo sea menor.

Uso de variedades resistentes y otras medidas de prevención

Además de evitar el movimiento de material vegetal entre zonas afectadas, la principal medida profiláctica es la identificación y uso de variedades resistentes o menos susceptibles para nueva plantación, particularmente para

obtener patrones. Aunque en Japón, el uso de variedades de castaño resistentes a la avispa resultó muy efectivo en un principio, sin embargo, después de veinte años la plaga volvió a aumentar (Moriya et al., 2003). Aun así, la búsqueda de material vegetal resistente ha sido investigada también en Europa después de la invasión por la avispa y varios estudios han determinado una susceptibilidad varietal diferencial, encontrando variedades que son muy susceptibles y otras, en cambio, más resistentes. En Cataluña, sin embargo, las líneas principales están orientadas a la identificación y promoción de variedades locales (Aletà et al., 2016).

Otra medida de prevención es el uso de la termohidroterapia para la desinfección de material vegetal, mediante tratamiento con agua caliente de las plantas y púas para injerto de castaño (Ciordia et al., 2020).

EVOLUCIÓN DE LAS AFECTACIONES DE LA AVISPA EN CATALUÑA

A partir de su declaración en 2012, la expansión inicial fue muy rápida y en 2014 ya estaban afectados todos los castañares de Cataluña, excepto en la sierra de Prades donde no se confirmó su presencia hasta 2016. La intensidad de las afectaciones aumentó con rapidez hasta el año 2018. Posteriormente, de acuerdo tanto con las observaciones de los prospectores de las redes de seguimiento fitosanitario forestal como la información facilitada por propietarios y gestores forestales, a partir de 2018 se estabilizó de manera generalizada la intensidad de las afectaciones y en 2019 comenzó una cierta disminución que en 2020 fue aún más acusada. En la zona de Prades, en 2019 todavía había afectaciones importantes mientras que en 2020 se ha producido ya un descenso. Hay que destacar que esta disminución de las afectaciones no se ha percibido en otras zonas de la península, ni siquiera en las comunidades donde se han realizado sueltas de *T. sinensis* desde hace años.

Las razones de este descenso se pueden deber a la interacción entre los siguientes factores:

- Dinámica de la especie invasora. Las poblaciones de especies exó-

REFERENCIAS

Abel J, Aletà N, 2020. La selecció de castanyers per a fruita al Parc Natural del Montseny. *Catalunya For.* 145: 31-33.

Aletà N, García D, Argemí J. 2016. La selecció de castaño para fruto en el Montseny. *IRTA. II Jornada de Arboricultura Forestal.*

Beltrán M, Vericat P, Piqué M et al. 2013. Models de gestió per als boscos de castanyer (*Castanea sativa* Mill.); producció de fusta i fruit. Generalitat de Catalunya, Barcelona.

Colinas C, Rojo M, Argemí J et al. 2009. El Control Biológico del Chancro del Castaño en Catalunya. *5º Congreso Forestal Español.* SECF-Junta de Castilla-León, Ávila.

Ciordia M, Loureiro MD, García JC. 2020. Termohidroterapia: una solució para eliminar la avispa del castaño en púas de madera leñosa. *Tecn. Agroal: Bol. Inf. SERIDA* 23:26-32.

Gil-Tapetado D, Castedo-Dorado F, Nieves-Aldrey JL et al. 2021. Gall size of *Dryocosmus kuriphilus* limits down-regulation by native parasitoids. *Biol. Inv.* 23: 1157-1174.

Jara-Chiquito JL, Askew R, Pujade-Villar J. 2019. The invasive asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and associations with oak gall inducers in Catalonia. *Forestry* 93: 178-186.

Jara-Chiquito JL, Heras J, Pujade-Villar J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para la Avispa del Castaño en Cataluña. *Bol. Soc. Entom. Aragonesa* 59:219-226.

Jara-Chiquito JL, Pujade-Villar J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae) has arrived in Spain. *Butl. ICHN* 82: 3-4.

Jara-Chiquito JL, Pujade-Villar J, Ferreira B, Álvarez R. 2021. Ground meristem and vascularization pattern alterations induced by Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*, Hymenoptera: Cynipidae) on *Castanea sativa* (Fagaceae). *Arthropod Plant Interact.* 15: 223-233.

MAPA. 2020. Directrices para el control biológico de la avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) mediante el uso del parasitoid *Torymus sinensis*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.

Moriya S, Shiga M, Adachi I. 2003. Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan. *1st International symposium on biological control of arthropods*, pp. 407-415. USDA Forest Service.

Nieves-Aldrey JL, Gil-Tapetado D, Gavira ON et al. 2019. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and first data on establishment after experimental releases. *For. Syst.* 28(1): e001.

Pogolotti C, Cuesta-Porta V, Pujade-Villar J et al. 2018. Seasonal flight activity and genetic relatedness of *Torymus* species in Italy. *Agric. For. Entomol.* 21(2): 159-167.

Pujade-Villar J, Torrell A, Rojo M. 2013. Primeres troballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinipid d'origen asiàtic altament perillosa pel castanyer (Fagaceae). *Orsis* 27: 295-301.

Quacchia A, Moriya S, Bosio G et al. 2008. Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl* 53: 829-839.

Quacchia A, Moriya S, Askew R et al. 2014. *Torymus sinensis*: biology, host range and hybridization. *Acta Hort.* 1043: 105-111.

Serrada R, Montero G, Reque JA. 2008. *Compendio de selvicultura aplicada en España*. INIA, Madrid.

ticas invasoras suelen tener unos picos crecientes los primeros años para posteriormente caer de forma repentina por diferentes causas, cuya duración puede ser temporal o permanente.

- Condiciones meteorológicas. Algunas de las anomalías climáticas que se han producido en los últimos años han podido originar una mortalidad elevada en la población de avispa. Por otra parte, determinados episodios meteorológicos han sido favorables para la recuperación del vigor del castaño en muchas zonas donde se encontraba en estrés fisiológico.

- Progresión de la comunidad de parasitoides autóctonos. Se ha constatado la progresión de los parasitoides autóctonos en las agallas de avispa tanto en número de especies como en porcentaje de parasitación. Este hecho contribuye, sin duda, al control natural de la plaga, aunque, como se ha comentado, puede ser temporal.
- Irrupción y establecimiento de *T. sinensis*. La instalación de este parasitoid exótico detectado el año 2016 ha podido influir decisivamente en la disminución de las poblaciones de *D. kuriphilus*.

4.4. Capítol 3

**Control natural i reclutament del
complex parasitoide autòcton de
Dryocosmus kuriphilus a Catalunya**

Aquest capítol, que està relacionat amb l'ecologia aplicada i amb l'enginyeria forestal, tracta de conèixer juntament amb la fenologia de l'hoste, quines són les relacions entre la vespeta del castanyer i les comunitats biològiques en particular amb la fauna nativa que compona el complex de parasitoides, també amb el parasitoid xinès *T. sinensis* a les zones on va ser detectada la seva irrupció, així com les relacions interespecífiques parasitoid – hoste, bases sobre les quals es desenvolupa el control natural de la plaga de la vespeta del castanyer.

Els treballs que incorpora aquest capítol són:

4.4.1. Jara-Chiquito, J.L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) en Cataluña (Península Ibérica). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219-226.

4.4.2. Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.

4.4.3. Jara-Chiquito, J.L., Askew, R.R. & Pujade-Villar, J. 2020. The invasive ACGW *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and association with oak gall inducers in Catalonia. *Forestry*, 93(1): 178–186, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz061> [publicat el 2019 on line].

IF: 2.133, Q1

Succintament, els articles desenvolupen arran de la primera cita l'any 2012, l'estudi del complex parasitoid autòcton objecte de reclutament per part de la plaga de la vespeta del castanyer al llarg dels anys a Catalunya. A fi de fer això, s'han anat fent els successius mostreigs als dotze diferents punts de castanyedes mostrejades, obtenint-se tant els exemplars adults de vespeta, com els dels parasitoides reclutats, pertanyents a les diferents espècies, de cinc famílies de Chalcidoidea. Una de les espècies, *Mesopolobus lichtensteini* (Mayr, 1903) es cita per primera vegada com a associada a *Dryocosmus*. També s'ha comparat la composició del complex parasitoid col·lectat a Catalunya amb el descrit amb anterioritat en altres zones d'Europa.

A partir de la irrupció de *Torymus sinensis* s'ha pogut analitzar les relacions entre les espècies de parasitoides i el possible risc que pot comportar aquella com a nova espècie exòtica al medi.

D'aquesta manera s'ha pogut anar enregistrant el recanvi d'espècies produït al llarg del procés de reclutament i així poder comparar les comunitats de parasitoides atacant gales de castanyer i de roures a les mateixes zones. Fins al 2016, havien emergit de les gales de vespeta un total de 22 espècies de parasitoides nadius que ataquen normalment cinípid dels roures, juntament amb l'exòtic *T. sinensis*, sent les més abundants *Bothanomyia dorsalis*, *Torymus flavipes*, *Ormyrus pomaceus* i *Eupelmus urozonus*. L'estudi va trobar també que 20 dels parasitoides nadius van emergir també de 13 espècies inductores de gales als roures, concretament 12 Cynipidae i 1 Cecidomyiidae.

4.4.1. Dades preliminars sobre el reclutament d'himenòpters parasitoides autòctons per *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) a Catalunya

Jara-Chiquito, J.L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016

Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) en Cataluña (Península Ibérica). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219-226.

PRIMEROS DATOS DE RECLUTAMIENTO DE HIMENÓPTEROS PARASITOIDES
AUTÓCTONOS PARA *DRYOCOSMUS KURIPHILUS* YASUMATSU
(HYMENOPTERA: CYNIPIDAE) EN CATALUÑA (PENÍNSULA IBÉRICA)

Joan Lluís Jara-Chiquito¹, Jorge Heras² & Juli Pujade-Villar³

¹ Universitat Autònoma de Barcelona. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Edifici C. 08193 Bellaterra (Spain). joanlluis.jara@e-campus.uab.cat

² Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Dr. Roux 80. 08017 Barcelona (Spain). jorge.heras@gencat.cat

³ Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Animal. Avda. Diagonal 645. 08028 Barcelona (Spain). jpujade@ub.edu

Resumen: Se ha estudiado el complejo parasitoide autóctono objeto de reclutamiento por parte de la nueva plaga exótica invasora avispiña del castaño, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae), para el año 2014 en Cataluña. Se han colectado en total 4.111 agallas de cinco zonas de castaño, de las que se han obtenido 2.988 ejemplares de avispiña y 521 ejemplares de parasitoides pertenecientes a 14 especies de 5 familias de Chalcidoidea. Una de las especies, *Mesopolobus lichtensteini* (Mayr, 1903) se cita por primera vez como asociada a *Dryocosmus*. Se ha comparado la composición del complejo parasitoide colectado en Cataluña con el descrito con anterioridad en otras zonas de Europa.

Palabras clave: Hymenoptera, Cynipidae, *Dryocosmus kuriphilus*, Chalcidoidea, parasitoides, *Castanea sativa*, Cataluña, Península Ibérica.

First data on the recruitment of native parasitoid wasps by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Catalonia (Iberian Peninsula)

Abstract: Research was carried out in 2014 in Catalonia on the recruitment of a native parasitoid complex by the new exotic invasive species *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae), also known as the Asian Chestnut Gall Wasp (ACGW). A total of 4,111 galls were collected from five chestnut tree sites, resulting in the rearing of 2,988 ACGW adults and 521 parasitoid specimens of 14 species belonging to 5 Chalcidoidea families. One of these species, *Mesopolobus lichtensteini* (Mayr, 1903), is recorded on the ACGW for the first time. The composition of the parasitoid complex collected in Catalonia has been compared with that reported before from other sites in Europe.

Key words: Hymenoptera, Cynipidae, *Dryocosmus kuriphilus*, Chalcidoidea, parasitoids, *Castanea sativa*, Catalonia, Iberian Peninsula.

Introducción

La especie exótica invasora denominada "Avispiña del Castaño", *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae), constituye una nueva y dañina plaga forestal que ataca las masas boscosas de castaños, plantones aislados, viveros, etc. Originaria de China, donde parasita distintas especies orientales del género *Castanea*, en pocas décadas ha protagonizado una inexorable expansión en Europa, alcanzando nuevas áreas de distribución y llegando prácticamente a todas las zonas donde se encuentra *Castanea sativa* Mill. La primera cita fuera de China se produjo en el año 1941 en Japón sobre *Castanea crenata* Siebold & Zucc. Posteriormente, en 1963, fue citada en Corea sobre *Castanea mollissima* Blume, y diez años más tarde, en 1974, se citó en Estados Unidos sobre *Castanea dentata* (Marshall) Borkh. Introducida accidentalmente en Europa, el primer país afectado fue Italia en 2002, luego se detectó en Francia y Eslovenia en 2005, y a continuación sucesivamente en Suiza y Hungría en 2009, Croacia y Holanda en 2010, y en Eslovaquia, Chequia y Alemania en 2012 (Pujade-Villar *et al.*, 2013). En 2012 llegó también a España y fue confirmada su presencia en Cataluña cerca de Tapis, en la comarca de l'Alt Empordà (Girona), aunque, tras una detallada prospección, se constató que prácticamente se encontraba ya por todas las masas de castaño de Cataluña (Pujade-Villar *et al.*, 2013). Ese mismo año, la Generalitat de Catalunya emitió una Orden por parte del Depar-

tament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Medi Natural (Orden AAM/355/2012) por la que se establecieron una serie de zonas delimitadas (infestadas, de observación y de barrera) para la plaga en Cataluña. Posteriormente, *D. kuriphilus* se extendió en España por diversas comunidades autónomas, declarándose el año 2013 en Cantabria (Orden GAN/51/2013 Boletín Oficial de Cantabria) y el 2014 en Asturias Andalucía y Galicia (Nieves-Aldrey & Gil Tapetado, 2015), y en Navarra y Euskadi (G. Sánchez, *com. pers.*). También ha sido ya detectada en Portugal (Bento, 2014), Grecia, Turquía y Gran Bretaña (Everatt, 2015).

Dada su peligrosidad como plaga forestal, ya en 2003 la EPPA (Organización Europea y Mediterránea para la Protección de las Plantas) incluyó a este organismo en su lista de alerta "A2-List". Después, en 2006, la Comisión Europea dispuso el establecimiento de medidas provisionales urgentes (Decision 2006/464/EC) para prevenir su introducción y propagación en la Unión Europea. Sin embargo, la propagación imparable de *D. kuriphilus* por todas las áreas importantes de castaño de los países miembros de la UE ha mostrado que aquellas medidas nunca llegaron a ser eficaces y, por este motivo, se ha procedido a la reciente derogación (Decision 2014/690/EU) de las mismas. Aun así, su alto peligro sigue siendo vigente y muy notorio. Los graves daños de esta plaga, que repercuten en unas drásticas pérdidas económicas en las



Fig. 1. (a) Agallas del año y (b) del año anterior.

zonas de castaño, por disminuciones de hasta más de un 80% de la cosecha en fruto, se deben a una masiva formación de zoocécidas o agallas, lo que ocasiona una disminución intensa de la brotación floral, del follaje y área fotosintética, de la producción de madera y del propio vigor del árbol que, en los casos más agudos, cuando se ha combinado con otros agentes de producción de estrés biótico o de decaimiento del bosque, puede dar con la muerte del árbol hospedador (Aebi *et al.*, 2006).

Hoy es sabido que la alta fecundidad del cinípido y el insuficiente control sobre la circulación de material vegetal infestado, unido al retraso en la puesta en marcha de un protocolo de detección precoz para comprobar la presencia de la plaga en yemas invernales, han sido, entre otros, los factores que más han contribuido a la rápida expansión de esta especie invasora en Europa (Quacchia *et al.*, 2013).

En cuanto a su biología (Brussino *et al.*, 2002; Anónimo, 2005; Pujade-Villar *et al.*, 2013; Anónimo, 2015), cabe precisar que *D. kuriphilus* es una especie univoltina que se reproduce por agamia indefinida, dando lugar únicamente a hembras. Los adultos emergen desde finales de mayo hasta finales de julio y viven unos 10 días, realizando la puesta de huevos en pequeños grupos en el interior de las yemas del árbol hospedador. Cada hembra puede llegar a poner entre 100-150 huevos en grupos de 3 a 5 en cada puesta. Las yemas, a su vez, pueden reunir las puestas de varias hembras, por lo que es posible encontrar alguna yema con entre 20 y 30 huevos en su interior. Los huevos eclosionan en unos 40 días, pero el desarrollo del primer estadio de las larvas es muy lento, permaneciendo durante los meses de otoño e invierno en el interior de las yemas del castaño. En primavera, las larvas, de una coloración blanca, se desarrollan simultáneamente a dichas yemas, induciendo la formación de una agalla y alimentándose durante un período de entre 20 y 30 días hasta que, entre mediados de mayo y mediados de julio, en función de la localidad y la variedad del castaño, forman la pupa, de color oscuro. Tanto los huevos como el primer estadio larvario que se encuentran en el interior de las yemas son muy difíciles de detectar por inspección ocular. En cambio, la aparición de las agallas en el árbol constituye el síntoma más característico y fácil de constatar de la presencia de la plaga. Cada agalla consiste en un hinchamiento hipertrófico de los tejidos vegetales de entre 5 y 40 mm de diámetro, de color verde a rojizo, soliendo localizarse en ramillos jóvenes, brotes florales, peciolos y nervio central de las hojas (Fig. 1a). Tras

la emergencia de los adultos, las agallas se secan, permaneciendo en el árbol por un largo periodo de hasta dos años (Fig. 1b).

Respecto a los medios para combatir la plaga, se han ido explorando distintas estrategias (Aebi *et al.*, 2007). Primeramente se han llevado a cabo tratamientos químicos, que han resultado tradicionalmente inapropiados e insostenibles por diferentes motivos, todos ellos derivados del ciclo biológico de la especie (Aebi *et al.*, 2007) y en particular por el hecho de ser la castaña un fruto seco comestible de especial interés económico. En segundo lugar se ha probado con la utilización de pies de castaño resistentes, solución que se ve limitada por el hecho de que sólo existen contadas variedades de las diferentes especies de castaño que han sido descritas como resistentes a la plaga en cultivos japoneses como “Tzukuba”, “Tanzawa” y “Ginyose” de *C. crenata*; en esta misma línea se han desarrollado distintos programas de mejora genética para *C. dentata* (Anagnostakis *et al.*, 2009). Y en tercer lugar se ha recurrido a la lucha biológica, de la que se dispone de la experiencia ya adquirida en Japón y Estados Unidos en la investigación sobre la utilización del parasitoides *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae), un enemigo natural de *D. kuriphilus* y cuya área de distribución original coincide con la del cinípido; la introducción controlada de *T. sinensis* comenzó en diferentes regiones de Italia en 2005 (Quacchia *et al.*, 2008), posteriormente en Francia en 2011 (Borowiec *et al.*, 2014) y en Hungría y Croacia en 2014 (Matošević *et al.*, 2014). No obstante, y a pesar de estas medidas, en los últimos años se han venido elaborando diversos estudios con el fin de contrastar cómo y en qué medida el complejo parasitoides autóctono de aquellas áreas en las que va apareciendo *Dryocosmus* podría desempeñar un papel relevante en el control de esta plaga invasora, mediante el progresivo reclutamiento y adaptación al nuevo huésped (Blouin, 2011; Matošević & Melika, 2013; Panzavolta *et al.*, 2013; Palmeri *et al.*, 2014).

El propósito del presente estudio es, principalmente, caracterizar la composición de la comunidad del complejo parasitoides autóctono reclutado por *D. kuriphilus* para el año 2014 en Cataluña. Asimismo, se pretende averiguar en qué medida dicho cinípido exótico invasor está reclutando progresivamente las especies de este complejo parasitoides proveniente de la comunidad de cinípidos autóctonos de las agallas de quercíneas presentes en Cataluña.

Materiales y métodos

En Cataluña el castaño se encuentra ocupando 12.237 ha como especie forestal principal (Aymerich *et al.*, 2014). En su distribución pueden distinguirse hasta seis zonas diferenciadas (Fig. 2), estando *D. kuriphilus* presente en cinco de ellas hasta 2015; recientemente ha sido detectada también en la zona de Prades.

Se tomaron muestras durante el mes de junio de 2014 pertinentemente en cada una de las cinco zonas afectadas, recolectando las agallas aleatoriamente de ramas bajas hasta una altura de unos 2 m. Cada agalla fue examinada para observar si había o no algún agujero de emergencia; nunca observamos que hubiese emergencias previas a la colecta en las muestras colectadas. En cada una de las zonas se hizo un seguimiento, mediante la disección de sucesivas muestras, de la evolución de las larvas dentro de las agallas desde principios de mes para organizar la recogida masiva de agallas cuando los *D. kuriphilus* estuvieran mayoritariamente en fase de pupa, lo que ocurrió entre los días 23 y 27 de junio. Además, en la zona de la Garrotxa se hicieron 3 muestreos de agallas en parcelas próximas teniendo en cuenta su estación y diferente composición forestal. A continuación se resumen las características de las zonas de donde se tomaron las muestras (Fig. 2):

Zona 1.- Prades. Castañares libres de plaga en el momento del presente estudio. Aquí no se muestrea, sólo se prospecta con el fin de datar la irrupción de *D. kuriphilus*, en su caso.

Zona 2.- Montnegre-Corredor. Se recolectan las agallas en un área donde el castaño ocupa una estación al límite de sus condiciones ecológicas, particularmente en las zonas bajas de esta cordillera litoral. La masa de castaño aparece pura en bosquetes o mixta constituyendo un latizal en mezcla con roble pubescente y encina.

Zona 3.- Albera-Salines. La zona se halla muy cerca de la frontera con Francia, país donde ya existen tanto *D. kuriphilus* como *T. sinensis* y donde se realizan sueltas controladas del parasitoides desde 2009. Aunque frecuentemente el castaño aparece mezclado con roble pubescente, se muestrea una zona de masa pura.

Zona 4.- Garrotxa. Se toman las muestras en el seno del "Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa" con colectas en tres masas diferentes para ver posibles diferencias entre ellas, en una parcela pura de castaño, en una parcela de castaño en mezcla con roble pedunculado y avellano, y en otra parcela de castaño mezclado con haya.

Zona 5.- Gavarres. El muestreo se realiza aquí en un latizal de castaño que está fuera de estación ecológica y que está lindando con encina, alcornoque y pino rodeno.

Zona 6.- Montseny-Guilleries. Esta zona ocupa un 78% de la superficie de los castañares de Cataluña y aparece en un amplio abanico de condiciones ecológicas. La muestra se toma en les Guilleries, en un latizal de castaño rodeado de una masa de encina y alcornoque.

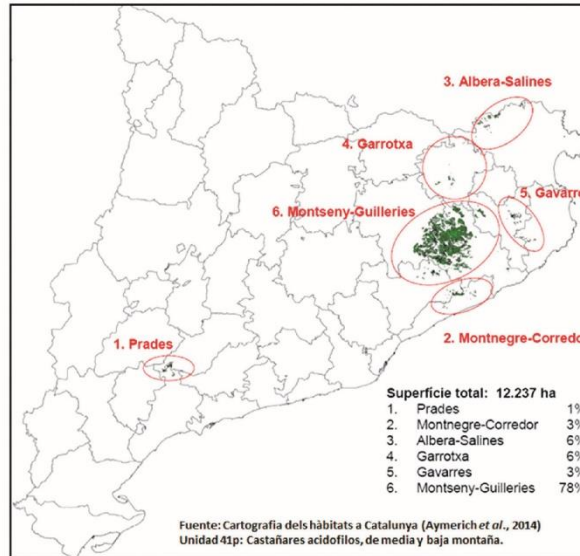


Fig. 2. Distribución y zonas de castaño en Cataluña.

En el laboratorio, las agallas recogidas se repartieron en una serie de cajas de cartón de un volumen aproximado de 0,25 m³ con el fin de que actuaran como cámaras oscuras y sirviesen de cámaras de cría (Fig. 3), introduciéndose alrededor de 400 agallas por caja sobre un lecho de papel absorbente. En su tercio inferior se dispusieron varios recipientes colectores de cristal de unos 200 ml de capacidad, fijados a las paredes. A continuación dichas cajas fueron almacenadas a temperatura ambiente para que tanto los *D. kuriphilus* como los parasitoides autóctonos, al emerger e ir hacia la luz, se introdujeran en los recipientes, de donde una vez detectados fueron colectados semanalmente y conservados en alcohol de 70°.

Tras una separación preliminar entre cínipidos y calcídoides parasitoides, éstos fueron aislados en pequeños viales e identificados de acuerdo con sus características morfológicas. Para la determinación taxonómica de las especies de parasitoides se han utilizado las claves dicotómicas, aún inéditas, denominadas "Key to chalcidoid parasitoids in oak cynipid galls", realizadas por Thúroczy & Askew, quienes nos han cedido amablemente su uso para el presente estudio. Hay que añadir que dichas claves constituyen desde hace algunos años una herramienta inestimable para la investigación sobre comunidades de parasitoides de himenópteros gallicolas en quercíneas y han sido también básicas en la elaboración del "Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the West Palaearctic" (Askew *et al.*, 2013). Los especímenes parasitoides están depositados en Centre de Recursos de Biodiversitat Animal (CRBA) de la Facultat de Biologia (Universitat de Barcelona).

Después de todo el proceso, se ha registrado la abundancia total de adultos emergentes para cada especie de parasitoides y, por otra parte, se ha calculado el índice del grado de parasitoidismo en cada muestra. Dicho índice consiste en una

Resultats



Fig. 3. Cámaras de cría en las que se han colocado las agallas de *Dryocosmus kuriphilus* mencionadas en éste estudio en espera de la emergencia de los adultos (cinípido y parasitoides).

Tabla I. Muestras realizadas, coordenadas UTM y agallas totales recolectadas por localización. Cs=castaño, Fs= haya, Ppr=pino rodeno, Qh= roble pubescente, Qi=encina, Qr= roble pedunculado, Qs= alcornoque.

| Zona de muestreo | Fecha de recolección | Total agallas | Coord. UTM (ETRS89) | | Altitud | Paraje | Tipo de cubierta forestal |
|---------------------|----------------------|---------------|---------------------|---------|---------|---------------------|----------------------------|
| | | | X | Y | | | |
| Montnegre-Corredor | 26/6/2014 | 1.020 | 462985 | 4612677 | 585 | St. Martí Montnegre | Latizal Cs x Qh x Qi |
| Albera-Salines | 27/6/2014 | 998 | 475805 | 4692871 | 480 | Torrent del Cros | Masa pura Cs |
| Garrotxa 1 | 23/6/2014 | 354 | 459201 | 4667570 | 573 | Can Toca | Fustal Cs x Qr |
| Garrotxa 2 | 25/6/2014 | 302 | 461607 | 4668901 | 779 | Volcà Pujalós | Masa pura Cs |
| Garrotxa 3 | 23/6/2014 | 264 | 459925 | 4666075 | 570 | Fageda d'en Jordà | Fustal Cs x Fs |
| Gavarres | 26/6/2014 | 460 | 489128 | 4650692 | 267 | Castell St. Miquel | Latizal Cs x Qi x Qs x Ppr |
| Montseny-Guilleries | 27/6/2014 | 520 | 435224 | 4633043 | 803 | Coll de Ravell | Latizal Cs x Qi x Qs |

sencilla relación entre colectas totales de parasitoides y *Dryocosmus*, con el objetivo de adquirir una idea aproximada de la emergencia de dichos parasitoides sobre el total de colectas: (número total de parasitoides colectados / número total de parasitoides + cinípidos) x 100.

Puesto que la aparición de los adultos se produce en el interior de cámaras de cría de manera continua a lo largo del período de emergencia, se ha procedido a la colecta y anotación de los datos a intervalos semanales (de *D. kuriphilus* y parasitoides). Con ellos se han obtenido gráficos de vuelo de los adultos entendiéndose como el desarrollo de los datos totales obtenidos semana a semana. Estos datos nos permitirán ver las variaciones que suceden anualmente en estudios de años venideros o incluso lo que acontece en otros estudios parecidos de otros autores.

Así, dicha curva de vuelo se ha construido a partir de las colectas semanales producidas en las cámaras de cría de parasitoides y cinípidos atraídos por la luz del tubo colector anotándose las sumas totales de las emergencias de unos y otros dentro de dichos intervalos semanales y al objeto de establecer las respectivas abundancias estacionales de los adultos para el total de agallas del estudio.

Todos los parasitoides fueron también sexados. La sex ratio de los adultos emergentes ha sido testada contra una hipótesis nula de una sex ratio de 50:50, mediante un test χ^2 .

En cuanto a las diferencias entre zonas de muestreo, se han analizado los parasitoides tanto cuantitativamente (mediante la relación parasitoides/*D. kuriphilus*), como cualitativamente (número de especies de parasitoides identificados en cada zona).

En total se recogieron 4.111 agallas de nueva formación dentro de las 5 zonas de castaño (Tabla I, donde también se aportan los datos de las diferentes localizaciones de los muestreos).

Resultados

De las 4.111 agallas recolectadas han emergido 2.988 ejemplares adultos del cinípido *D. kuriphilus*, 521 ejemplares de parasitoides autóctonos y 88 ejemplares de otros artrópodos e insectos secundarios asociados a las agallas que no son de interés para el estudio. No se han encontrado cinípidos inquilinos (Cynipidae: Synergini, Ceropresini), pese a ser un importante componente de las comunidades de agallas de cinípidos (Ács *et al.*, 2010). En total han emergido 14 especies diferentes de parasitoides autóctonos pertenecientes a las siguientes 5 familias: Eupelmidae, Eurytomidae, Ormyridae, Pteromalidae y Torymidae (Tabla II). La sex ratio de cada especie ha sido examinada siempre que el número total de individuos obtenidos haya sido superior a 10 (Tabla II).

Una de las especies, *Mesopolobus lichtensteini* (Mayr, 1903) (Hym., Pteromalidae), se cita [E34] por vez primera como especie reclutada por la avispa del castaño; Askew (2013) mencionó la posibilidad de que *M. lichtensteini* parasitase a *D. kuriphilus*. Las restantes 13 especies ya constaban citadas como parasitoides de *D. kuriphilus* en Europa con anterioridad. En 2013 (datos no publicados) ya se encontraron las especies *Eupelmus urozonus* Dalman, 1820 (Hym., Eupelmidae), *Ormyrus pomaceus* (Geoffrey, 1785) (Hym., Ormyridae), *Eurytoma bruniventris* Ratzeburg, 1852 (Hym.,

Resultats

Tabla II. Total de machos y hembras de cada especie de parasitoide. Sex ratio testada con χ^2 (para $n > 9$) y considerando significativa la diferencia entre valores reales y esperados 50:50, todos los $gl=1$; para $p < 0,001$ (***) y $p < 0,01$ (**) y $p < 0,05$ (*) y no significativa para $p > 0,05$ (NS).

| Familia | Especie | ♂ | ♀ | Total (n) | Sex ratio | χ^2 | Diferencia |
|--------------|--|----|-----|-----------|-----------|----------|------------|
| Eupelmidae | <i>Eupelmus annulatus</i> (Nees) | 0 | 1 | 1 | - | - | - |
| | <i>Eupelmus urozonus</i> (Dalman) | 35 | 12 | 47 | 3,01 | 11,255 | *** |
| Eurytomidae | <i>Eurytoma brunniventris</i> (Ratzeburg) | 4 | 8 | 12 | 1:02 | 1,333 | NS |
| | <i>Sycophila biguttata</i> (Swederus) | 1 | 20 | 21 | 1:20 | 17,19 | *** |
| | <i>Sycophila variegata</i> (Curtis) | 18 | 39 | 57 | 1:02 | 7,737 | ** |
| Ormyridae | <i>Ormyrus nitidulus</i> (Fabricius) | 18 | 4 | 22 | 5:01 | 8,909 | ** |
| | <i>Ormyrus pomaceus</i> (Geoffroy in Fourcroy) | 18 | 5 | 23 | 4:01 | 7,348 | ** |
| Pteromalidae | <i>Mesopolobus sericeus</i> (Förster) | 1 | 0 | 1 | - | - | - |
| | <i>Mesopolobus tibialis</i> (Westwood) | 1 | 9 | 10 | 1:09 | 6,4 | * |
| | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> (Mayr) | 2 | 15 | 17 | 1:08 | 9,941 | ** |
| | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> (Mayr) | 1 | 0 | 1 | - | - | - |
| Torymidae | <i>Megastigmus dorsalis</i> (Fabricius) | 92 | 100 | 192 | 1:01 | 0,333 | NS |
| | <i>Torymus auratus</i> (Müller) | 15 | 19 | 34 | 1:01 | 0,471 | NS |
| | <i>Torymus flavipes</i> (Walker) | 11 | 72 | 83 | 1:07 | 44,831 | *** |

Tabla III. Parasitoides observados en colectas en Cataluña ordenados por abundancia; con * la primera cita en *Dryocosmus kuriphilus*.

| Colectas | Especie | 2014 | % |
|--------------|--|------------|------------|
| 2014 | <i>Megastigmus dorsalis</i> (Fabricius) | 192 | 36,9 |
| 2013-14 | <i>Torymus flavipes</i> (Walker) | 83 | 15,9 |
| 2014 | <i>Sycophila variegata</i> (Curtis) | 57 | 10,9 |
| 2013-14 | <i>Eupelmus urozonus</i> (Dalman) | 47 | 9,0 |
| 2014 | <i>Torymus auratus</i> (Müller) | 34 | 6,5 |
| 2013-14 | <i>Ormyrus pomaceus</i> (Geoffroy in Fourcroy) | 23 | 4,4 |
| 2014 | <i>Ormyrus nitidulus</i> (Fabricius) | 22 | 4,2 |
| 2014 | <i>Sycophila biguttata</i> (Swederus) | 21 | 4,0 |
| 2014 | * <i>Mesopolobus lichtensteini</i> (Mayr) | 17 | 3,3 |
| 2013-14 | <i>Eurytoma brunniventris</i> (Ratzeburg) | 12 | 2,3 |
| 2013-14 | <i>Mesopolobus tibialis</i> (Westwood) | 10 | 1,9 |
| 2014 | <i>Eupelmus spongipartus</i> Förster, 1860 | 1 | 0,2 |
| 2013-14 | <i>Mesopolobus sericeus</i> (Förster) | 1 | 0,2 |
| 2014 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> (Mayr) | 1 | 0,2 |
| 2013 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> Nees | - | - |
| TOTAL | | 521 | 100 |

Eurytomidae), *Torymus flavipes* (Walker, 1833), *Mesopolobus tarsatus* (Nees, 1834) y *Mesopolobus tibialis* (Westwood, 1833), por lo que en esta anualidad (2014) y en las mismas zonas de colecta el número de parasitoides ha aumentado en 8 especies (Tabla III): *Eupelmus urozonus* (Dalman, 1860) (= *annulatus* Nees) (Hym., Eupelmidae), *Ormyrus nitidulus* (Fabricius, 1804) (Hym., Ormyridae), *Sycophila biguttata* (Swederus, 1795) y *Sycophila variegata* (Curtis, 1831) (Hym., Eurytomidae), *Megastigmus dorsalis* (Fabricius, 1798) y *Torymus auratus* (Müller, 1764) (Hym., Torymidae), *Mesopolobus sericeus* (Förster, 1770) y *Mesopolobus mediterraneus* (Mayr, 1903) (Hym., Pteromalidae). Únicamente *Mesopolobus tarsatus* (Nees, 1834) (Hym., Pteromalidae), detectada también el pasado año (2013, datos no publicados), no ha aparecido en la presente anualidad (Tabla III).

Las especies más abundantes son los torímidos *M. dorsalis* y *T. flavipes*, que conjuntamente suponen más del 50% del total. Estos datos no nos han de extrañar, ya que son dos de las especies con mayor número de hospedadores citados en agallas de Cynipini, 65 especies de agallas para *M. dorsalis* y 40 para *T. flavipes*, (Askew *et al.*, 2013). En contraposición a estos datos, la obtención de *T. auratus* ha sido escasa (6.5%) en relación con su potencial como especie polífaga (Askew *et al.*, 2013) en agallas de cinípidos (48 modelos morfológicos). Lo mismo puede decirse de *E. brunniventris*, *O. pomaceus* y *E. urozonus*, las especies más polífagas (atacando 99, 96 y 90 modelos morfológicos de agallas de Cynipini, respectivamente). Las colectas de *E. spongipartus*, *M. sericeus* y *M. mediterraneus* han sido consideradas como ocasionales (solo un ejemplar obtenido).

Tabla IV. Relación n° parasitoides (PAR)/n° *Dryocosmus kuriphilus* (DRY) y número de especies de parasitoides (NEP) en cada zona (2014).

| Zona de muestreo | DRY | PAR | Relación | NEP |
|---------------------|-------------|------------|-------------|-----------|
| Montegre-Corredor | 953 | 87 | 8,4 | 10 |
| Albera-Salines | 788 | 26 | 3,2 | 9 |
| Garrotxa | 159 | 255 | 57,5 | 9 |
| Gavarres | 289 | 31 | 9,7 | 6 |
| Montseny-Guillerics | 799 | 122 | 13,2 | 12 |
| TOTAL | 2988 | 521 | 14,9 | 14 |

Tabla V. Diferencias en parasitoides (PAR) en función del tipo de cubierta forestal (TCV) en la zona de la Garrotxa. DRY: *Dryocosmus*

| Tipo de cubierta vegetal | DRY | ejem. PAR | relación PAR/DRY | especies PAR |
|-------------------------------|------------|------------|------------------|--------------|
| Castaño con roble pedunculado | 26 | 33 | 55,9 | 6 |
| Castañar puro | 80 | 69 | 46,3 | 9 |
| Castaño con haya | 49 | 108 | 68,8 | 8 |
| TOTAL | 155 | 210 | 57,5 | 9 |

En general, existen diferencias notables en el grado de parasitación entre zonas (Tabla IV). El máximo de 57,5% obtenido en la zona de Garrotxa no es del todo fiable debido a que las muestras fueron recogidas con tiempo excepcionalmente húmedo y lluvioso, ocasionando un problema de presencia de mohos en las cámaras de cría de las agallas que, probablemente, haya inducido cierta mortalidad no cuantificable entre las avispiñas; en contrapartida, estas condiciones también debieron afectar a los parasitoides. Si excluimos este dato mencionado, la relación parasitoides/*D. kuriphilus* varía entre el 13,2% de Montseny-Guillerics y el 3,2% de Albera-Salines. Se observa una aparente falta de relación entre la riqueza en especies de parasitoides y el grado de parasitoidización (Tabla IV); así en Albera-Salines se han obtenido 9 especies con 3,2% de parasitoidismo y en Gavarres 6 especies con 9,7%. Montseny-Guillerics aparece como la de mayor riqueza en especies (12 especies) y Gavarres la de menor (6).

Asimismo, dentro de la zona de Garrotxa se muestrearon tres zonas próximas con masas diferentes para ver posibles diferencias entre ellas, en una parcela de castaño en mezcla con roble pedunculado, en una parcela pura de castaño y en una parcela de castaño mezclado con haya (Tabla V). La masa pura ha reclutado mayor número de especies que el resto. También, aunque era esperable que en la masa pura de castaño la relación parasitoides/*D. kuriphilus* fuese menor, resulta relevante que sea mayor en la zona mezclada con haya que en la mezclada con roble pedunculado, donde, por cierto, no se detectó *T. flavipes*.

Tabla VI. Tasa de parasitoidismo/*Dryocosmus kuriphilus* (DRY) y número de parasitoides (PAR) en cada zona en 2013. Entre paréntesis: resultados del 2014 tal como se ha indicado en la tabla IV.

| ZONAS | nº de agallas | nº de PAR | nº de DRY | Tasa de parasitoidismo |
|---------------------|---------------|------------|-------------|------------------------|
| Montnegre-Corredor | 1008 | 25 | 1591 | 1,550 (8,4) |
| Albera-Salines | 1130 | 63 | 1814 | 3,360 (3,2) |
| Garrotxa | 468 | 37 | 823 | 4,300 (5,75) |
| Gavarres | 970 | 10 | 1622 | 0,610 (9,7) |
| Montseny-Guillerics | 958 | 12 | 1477 | 0,810 (13,2) |
| TOTAL | 4534 | 147 | 7327 | 2,126 (14,9) |

Gracias a la cesión de los datos de campo para el año 2013 del trabajo inicial sobre la avispa del castaño en Cataluña (J. García, J. Heras & J. Pujade-Villar, datos no publicados), que facilitan la continuidad de los mismos con el presente estudio, se ha podido abordar la comparación de años diferentes y así determinar la posible tendencia en la evolución de la plaga (Tabla VI), observándose que en áreas parecidas las especies de parasitoides detectadas y sus frecuencias relativas aumentaron considerablemente del año 2013 al 2014. Exceptuando el dato de la Garrotxa (comentado anteriormente), los valores indican un porcentaje similar de parasitoidismo (en Albera-Salinas) o un aumento de dicho porcentaje (en las otras localidades muestreadas). De ello no se puede en absoluto deducir que en las próximas anualidades vaya a aumentar el porcentaje de parasitoides autóctonos hasta poder conseguir controlar la plaga, más aún cuando en países donde *D. kuriphilus* está presente desde hace muchos más años esto nunca ha sucedido (Aebi *et al.*, 2006).

Finalmente, como resultado de los trabajos realizados se ha obtenido la curva de vuelo de *D. kuriphilus* y del conjunto de los parasitoides en las distintas zonas (Fig. 4). En general los parasitoides empiezan a emerger justo después que lo hagan las avispidas del castaño; ambos tienen un máximo estival muy acusado casi coincidente. Sin embargo, parte de la población de parasitoides continúa emergiendo cuando ya lo ha dejado de hacer *D. kuriphilus*. Estos datos no coinciden con los de otros autores (Quacchia *et al.*, 2013), en los que los parasitoides aparecen de forma más desfasada respecto a la emergencia del cinípido gallicola.

Discusión y conclusiones

En 2014 se encontraron en agallas de *D. kuriphilus* en Cataluña un total de 14 especies de parasitoides autóctonos, pertenecientes a cinco familias de Chalcidoidea, que atacan también agallas de otras especies de cinípidos autóctonos sobre quercíneas (Askew *et al.*, 2013). Todos los parasitoides colectados provienen de agallas primaverales, al haberse priorizado esta época de muestreo ya que es la más recomendable por ser la de máxima emergencia de parasitoides en *D. kuriphilus* (Blouin, 2011). El análisis de las agallas post-invernales está pendiente de estudio.

La zona Montseny-Guillerics ha quedado un tanto inframuestreada si tenemos en cuenta que es el área con más extensión de *C. sativa* (Fig. 2), y esto se debe a causas diversas: en un primer momento se diseñó el muestreo con más réplicas en la zona Albera-Salines próxima a la frontera con Francia y por tanto la zona por donde se esperaría una eventual penetración de *T. sinensis* procedente del país vecino; en la Garrotxa destaca la facilidad para obtener muestras en zonas de vegetación diferente en zonas muy próximas, y en el Montnegre-Corredor se da una alta concentración de viveros

de planta forestal. No se ha detectado ninguna penetración de *T. sinensis* en el presente estudio.

D. kuriphilus fue detectado en Cataluña en 2012 (Pujade-Villar *et al.*, 2013) y en sólo un par de años los parasitoides ya han podido detectar y explotar un nuevo recurso, tal como ha venido ocurriendo en otros países europeos anteriormente. La riqueza en especies de parasitoides por zona refleja aproximadamente la fecha de llegada del cinípido, ya que las zonas de introducción más precoz son necesariamente las zonas de mayor tiempo con disponibilidad de huésped (Matošević & Melika, 2013). Así, aunque los parasitoides más abundantes proceden de todas las zonas, Montseny-Guillerics aparece como la que tiene un mayor número de especies, seguida de Montnegre-Corredor, lo cual abonaría la tesis de que la introducción de *D. kuriphilus* en Cataluña se produjo en realidad por una importación comercial de material vegetal infestado, dada la relativa concentración de viveros forestales y de jardinería en las inmediaciones de ambas zonas mencionadas, que por otra parte se encuentran alejadas de la frontera con Francia.

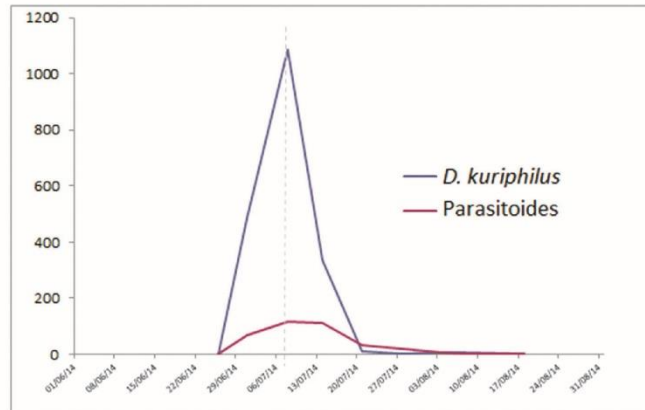
Se ha contrastado la composición del complejo parasitoide colectado en Cataluña con el descrito con anterioridad en Europa. Aparte de las novedades en el reclutamiento de las especies ya comentadas, se cita *M. lichtensteini* por primera vez en este tipo de agallas. Con respecto al año 2013, han sido registradas 8 especies más de Chalcidoidea para Cataluña; estos datos son coincidentes con los datos de las especies parasitoides halladas en otros países europeos (Matošević & Melika, 2013; Panzavolta *et al.*, 2013; Quacchia *et al.*, 2013) difiriendo solo en su composición según la abundancia relativa de las distintas especies reclutadas. Estas diferencias no son comparables debido a las numerosas divergencias en cuanto a la oportunidad, condiciones, épocas y esfuerzos de muestreo existentes entre los planteamientos de los diversos estudios referenciados. En futuros estudios sería conveniente primero ponderar mejor los muestreos por zonas y alargar los períodos de muestreo, y también sería interesante incluir la recolección de agallas post-invernales en la cuantificación y determinación específica de la comunidad parasitoide.

Destacan en nuestro estudio *M. dorsalis*, *T. flavipes* y *S. variegata* como las especies más abundantes, sumando más del 60% del total. En cambio *E. annulatus*, *M. sericeus* y *M. mediterraneus* son, por el momento, testimoniales, al figurar con un único ejemplar cada una.

Respecto a la proporción de sexos, la sex ratio aparece equilibrada únicamente en *M. dorsalis* (el parasitoide total más abundante), *E. urozonus* y *T. flavipes*. Sin embargo, está sesgada hacia las hembras en *T. flavipes*, *S. variegata*, *S. biguttata*, *M. lichtensteini* y *M. tibialis*. El sesgo para *E. urozonus*, *O. pomaceus* y *O. nitidulus* está, en cambio, en los machos. Puesto que los datos de que disponemos son todavía poco numerosos, es prematuro establecer hipótesis sobre la significación de estas desviaciones, que por otro lado pueden deberse al tamaño de la muestra. Por ello habrá que contrastar en el futuro con la aportación de nuevos datos si realmente se dan sesgos significativos en la sex ratio y si, excluyendo ineficacia en los muestreos, se basan en algún tipo de interacción biológica, sean interespecíficas, como variaciones en la calidad del hospedador como recurso trófico o desigualdades en la habilidad competitiva de los parasitoides, intraespecíficas, como competición por el apareamiento, genéticas como determinación sexual complementaria en caso de haplodiploidía, u otras (Matošević *et al.*, 2013).

Resultats

Fig. 4. Curva de vuelo de *Dryocosmus kuriphilus* (ACGW) y de los parasitoides totales del año 2014.



El rápido reclutamiento de parasitoides específicos de agallas de quercíneas por *D. kuriphilus* puede sugerir que hay un cierto potencial para el control biológico usando parasitoides autóctonos, siendo que otras medidas de control son prácticamente de nulo efecto a excepción de la llevada a cabo con *T. sinensis*. Sin embargo, existen serias dudas al respecto por el desacoplamiento entre la fenología del desarrollo de la agalla de *D. kuriphilus* y los períodos de emergencia de los enemigos naturales autóctonos (Quacchia *et al.*, 2013). Los resultados muestran que las especies autóctonas *M. dorsalis* y *T. flavipes* han sido las más abundantes, presentando una mejor sintonía para parasitar al nuevo huésped y pudiendo ofrecer un buen potencial para el control biológico de *D. kuriphilus*, si bien se necesita más investigación sobre la fenología de ensamblaje entre el hospedador y el parasitoides y sus porcentajes de parasitoidismo. Por otro lado, un aumento de las poblaciones de parasitoides debido al reclutamiento de *D. kuriphilus* podría ocasionar desequilibrios en el complejo autóctono parasitoides/especies galícolas de quercíneas (Gibbs *et al.*, 2011)

Al consolidarse una invasión se establece un nuevo acoplamiento en torno a la especie invasora, incrementándose la complejidad en la totalidad de la red trófica de la comunidad autóctona (Comell & Hawkins, 1993; Matošević & Melika, 2013). Una alta abundancia de un nuevo huésped puede también ocasionar efectos negativos a través del incremento de parasitoidismo sobre otras comunidades autóctonas que compartan las mismas especies de parasitoides (en este caso cínipidos sobre quercíneas) vía competencia. Por tanto, una alta abundancia de parasitoides podría conducir a mayores niveles de parasitoidismo en las comunidades de agallas sobre especies de *Quercus*, influyendo negativamente en sus densidades poblacionales.

En conclusión, el presente estudio ha mostrado que la especie invasora *D. kuriphilus* ha reclutado por el momento 14 especies autóctonas de parasitoides que potencialmente podrían influir en sus densidades de población en Cataluña. El reclutamiento ha ocurrido de forma rápida (dos años), y las zonas que han sido invadidas primero tienen un espectro de especies parasitoides más rico que las zonas de más reciente presencia en dicho territorio. *Megastigmus dorsalis*, *T. flavi-*

pes y *S. variegata* fueron las especies más abundantes que han atacado al nuevo huésped en Cataluña, y ello sin exigencia de que el árbol hospedador deba ser una quercínea. La plasticidad de los parasitoides de Cynipini es extraordinaria en lo que se refiere a la elección del huésped.

Agradecimientos

Agradecemos a Javier García Fernández el haber cedido los datos de su estudio inicial sobre la avispa del castaño en Cataluña en 2013, trabajo que fue dirigido por el segundo y tercer autor de este estudio. También cabe hacer mención del personal y colaboradores del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa por su contribución y ayuda en la recogida de muestras, del personal del Servei de Parcs de la Diputació de Barcelona por su apoyo en los parques naturales del Montseny y del Montnegre-Corredor, así como del personal de campo de Forestal Catalana por su entusiasta colaboración en todos los muestreos, recolección de agallas y primeros trabajos de laboratorio. Agradecemos a Gerardo Sánchez (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid) los datos proporcionados respecto a Euskadi y Navarra. Finalmente, gracias a Csaba Thüroczy y Dick Askew por cedernos sus claves dicotómicas para nuestro uso en el presente estudio.

Bibliografía

- ÁCS, Z., R.J. CHALLIS, P. BIHARI, M. BLAXTER, A. HAYWARD, G. MELIKA, G. CSÓKA, Z. PÉNZES, J. PUJADE-VILLAR, J.L. NIEVES-ALDREY, K. SCHÖNRÖGGE & G.N. STONE 2010. Phylogeny and DNA barcoding of inquiline oak gallwasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the Western Palaearctic. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **55**: 210-225.
- AEBI, A., K. SCHÖNRÖGGE, G. MELIKA, A. ALMA, G. BOSIO, A. QUACCHIA, L. PICCIAI, Y. ABE, S. MORIYA, K. YARA, G. SELJAK & G.N. STONE 2006. Parasitoid Recruitment to the Globally Invasive Chestnut Gall Wasp *Dryocosmus kuriphilus*. Pp. 103-121. En: OZAKI, K., J. YUKAWA, T. OHGUSHI & P.W. PRICE, (Eds). *Ecology and evolution of galling Arthropods and Their Associates*. Springer-Verlag, Tokyo, Japan. 308 pp.
- AEBI, A., K. SCHÖNRÖGGE, G. MELIKA, A. QUACCHIA, A. ALMA & G.N. STONE 2007. Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, **37**: 166-171.

- ANAGNOSTAKIS, S., S. CLARK & H. McNAB 2009. Preliminary report on the segregation of resistance in chestnut to infestation by oriental chestnut gall wasp. *Acta Horticulturae*, **815**: 33-35.
- ANÓNIMO 2005. Data sheets on quarantine pests - *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, **35**: 422-424.
- ANÓNIMO 2015. *Dryocosmus kuriphilus* (Avispilla del Castaño). Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera. Servicio de Sanidad Vegetal. Disponible en https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/comun/galerias/galeria/Descargas/minisites/raif/plagas/DRYOCOSMUS_KURIPHILUS.PDF [consultado el 26.xi.2016]
- ASKEW, R.R. 2013. *Mesopolobus lichtensteini* (Mayr, 1903) (Hymenoptera: Pteromalidae), a probable native parasitoid of the Chestnut Gall Wasp in south-west France. *Entomologist's Monthly Magazine*, **149**(1793-1795): 270.
- ASKEW, R.R., G. MELIKA, J. PUJADE-VILLAR, K. SCHÖNRÖGGE, G.N. STONE & J.L. NIEVES-ALDREY 2013. Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the West Palaearctic. *Zootaxa*, **3643**(1): 1-133.
- AYMERICH, P., J. CAMERA, J. CARRIBRAS, E. CARRILLO, M. GUARDIOLA, A. CURCÓ, A. FERRÉ, X. FONT, R.M. MASALLES, A. MERCADÉ, J.M. NIMOT, A. SALVAT, J. VIGO, J. FONT, J. GESTI & L. VILAR 2014. *Cartografia dels hàbitats a Catalunya. Versió 2. Manual d'interpretació*. Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya. Barcelona, 360 pp.
- BENTO A. 2014. La avispiella del castaño, *Dryocosmus kuriphilus*: situación actual y medidas de control en Portugal. <http://roble.intecca.uned.es/fez/view/intecca:VideoAVIP-138236> [consultado el 21-06-2015].
- BLOUTIN, M. 2011. *Inventaire des parasitoïdes du cynips du châtaigner en Corse*. Areflec. Essai rattaché à l'action n° 06.2011.01
- BOROWIEC, N., M. THAON, M. BRANCACCIO, S. WARROT, E. VERCKEN, X. FAUVERGUE, N. RIS & J.C. MALAUSA 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, **29**(1): 7-10.
- BRUSSINO, G., G. BOSIO, M. BAUDINO, R. GIORDANO, F. RAMELLO & G. MELIKA 2002. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *L'Informatore Agrario*, **37**: 59-61.
- CORNELL, H.V. & B.A. HAWKINS 1993. Accumulation of native parasitoid species on introduced herbivores: a comparison of "hosts-as-natives" and "hosts-as-invaders". *American Naturalist*, **141**(6): 847-865.
- EVERATT, M.J. 2015. Evaluation of the potential of control options used in Italy for the management of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera; Cynipidae), in the UK. Department for Environment Food & Rural Affairs. European Cooperation in Science and Technology COST Action 1301.
- GIBBS, M., K. SCHÖNRÖGGE, A. ALMA, G. MELIKA, A. QUACCHIA, G.N. STONE & A. AEBI 2011. *Torymus sinensis*: a viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe? *BioControl*, **56**: 527-538.
- MATOŠEVIĆ, D. & G. MELIKA 2013. Recruitment of native parasitoids to a new invasive host: first results of *Dryocosmus kuriphilus* parasitoid assemblage in Croatia. *Bulletin of Insectology*, **66**(2): 231-238.
- MATOŠEVIĆ, D., A. QUACCHIA, E. KRISTON & G. MELIKA 2014. Biological Control of the Invasive *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) – an Overview and the First Trials in Croatia. *SEEFOR South East European Forestry*, **5**(1): 3-12.
- NIEVES-ALDREY, J.L. & D. GIL TAPETADO 2015. Evolución de posible impacto ambiental del uso de *Torymus sinensis* como controlador biológico de la plaga de la avispa del castaño, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, en España. Jornada técnica en BIOCAS/ANEA 2015, El Bierzo. Disponible on-line: https://www.researchgate.net/publication/285311135_Evaluacion_de_posible_impacto_ambiental_del_uso_de_Torymus_sinensis_como_controlador_biologico_de_la_plaga_de_la_avispa_del_castano_Dryocosmus_kuriphilus_Yasumatsu_en_Espana. [consultado el 15.xii.2015]
- PALMERI V., P. CASCONI, O. CAMPOLO, S.B. GRANDE, F. LAUDANI, A. MALACRINO & E. GUERRIERI 2014. Hymenoptera wasps associated with the Asian gall wasp of chestnut *Dryocosmus kuriphilus* in Calabria, Italy. *Phytoparasitica*, **42**: 699-702.
- PANZAVOLTA, T., U. BERNARDO, M. BRACALINI, P. CASCONI, F. CROCI, M. GEBIOLA, L. IODICE, R. TIBERI & E. GUERRIERI 2013. Native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in Tuscany, Italy. *Bulletin of Insectology*, **66**(2): 195-201.
- PUJADE-VILLAR J., A. TORRELL & M. ROJO 2013. Primeres traballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípid d'origen asiàtic altament perillosa per al castanyer (Fagaceae). *Orsis*, **27**: 295-301.
- QUACCHIA, A., S. MORIYA, G. BOSIO, I. SCAPIN & A. ALMA 2008. Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl*, **53**(6): 829-839.
- QUACCHIA, A., C. FERRACINI, J.A. NICHOLS, E. PIAZZA, M.A. SALADINI, F. TOTA, G. MELIKA & A. ALMA 2013. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in north-western Italy. *Insect Conservation and Diversity*, **6**(2): 114-123.

4.4.2. Irrupció de *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae) primera cita del parasitoide exòtic a Espanya

Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2018

Torymus sinensis Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.

NOTA BREU

Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae) has arrived in Spain**Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae) ha arribat a Espanya**

Juan Luis Jara-Chiquito* & Juli Pujade-Villar*

* Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals (Secció invertebrats). Diagonal, 643, 08028 Barcelona (Catalunya). A/c: juanluisjarachiquito@gmail.com, jpujade@ub.edu

Rebut: 25.11.2017. Acceptat: 12.12.2017. Publicat: 08.01.2018



Figure 1. SEM pictures of *Torymus sinensis* collected in Catalonia: (a) male antenna. (b) female habitus.

Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu, 1951 (Hym., Cynipidae), an Oriental pest in chestnut (*Castanea* spp), was detected for the first time in the Iberian Peninsula in 2012 (Pujade-Villar *et al.*, 2013). It was introduced accidentally in Europe, via Italy in 2002, according to (Brussino *et al.*, 2002).

Torymus sinensis Kamijo, 1982 (Fig. 1) is a parasitoid, native from China, and a specific species attacking *D. kuriphilus*. It has already been used in America and Oriental Palaearctic successfully. In Europe, the first releases of this species took place in Italy in 2005 (Quacchia *et al.*, 2008) which also served as a testing ground. Among the many studies conducted in Italy with *T. sinensis*, Matošević *et al.* (2015) mention that after 6-7 years parasitism, this parasitoid reduced the populations of *D. kuriphilus* to tolerable levels (infestation less than 30%). Later, several years after releasing *T. sinensis* in Italy and probably pressured by tree economic losses, different co-

untries took this initiative as well: France from 2011-2013 (Borowicz *et al.*, 2014), Croatia and Hungary in 2014-2015 (Matošević *et al.*, 2015) and Slovenia in 2015 (Matošević *et al.*, 2015). Once released this species does not only occupy the area of liberation but spreads into others due to its great mobility. There have been some test-releases in Spain and Portugal as well (Paparella *et al.*, 2016). In the case of Spain, these tests were carried out in the South (Andalusia) and the Northwest (Galicia and Asturias) of the country, according to Gerardo Sánchez Peña (pers. com., Biocastanea-2017).

Torymus sinensis has shown high dispersal ability, spreading over short distance by active flight and over long distance aided by wind, being able to cover more than 70 km in only a few days (Colombari & Battisti, 2015). In the northeast of the Iberian Peninsula, the locations where *T. sinensis* were collected emerging (in 2016) from *D. kuriphilus* galls

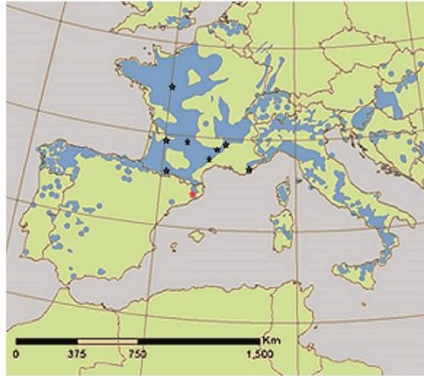


Figure 2. Distribution of *Castanea sativa* in Eastern Europe (obtained from http://www.euforgen.org/fileadmin/templates/euforgen.org/upload/Documents/Maps/JPG/Castanea_sativa.jpg) including the points of *T. sinensis* release in France (obtained from <https://www6.inra.fr/cynips-chataignier/Principaux-resultats>) and the point where this parasitoid was collected in *Dryocosmus kuriphilus* Catalanian galls.

are: Olot (La Garrotxa, Girona): 12 ♀ 9 ♂; Celrà (El Gironès, Girona): 13 ♀ 5 ♂; and Montseny (La Selva, Girona): 5 ♀ 1 ♂. All these localities are around 300-400 km far from the closest *T. sinensis* releasing sites in France (Fig. 2). Considering the data mentioned above, they have had enough time to reach the Catalan territory (4-7 years), so we have no doubt that this has been the most possible way for *T. sinensis* to reach Catalonia. We must also keep in mind that the border between Spain and France is a windy place where the heights of the mountains (via Girona near the sea) are by no means in any case a geographical barrier, while winds are strong and abundant in this mentioned area. We must also mention that cinipids (and by extension Chalcidoidea) can travel long distances thanks to air currents; Ros-Farré & Pujade-Villar (1988) showed that *Plagiostrochus amenti* Kieffer, 1901 (Hym.: Cynipidae) was displaced off in an annuity about 200 km. On the other hand, a nearly continuous distribution of *C. sativa* with presence of *D. kuriphilus* favours the implantation of *T. sinensis* in areas far from the liberation site (Fig. 2). In fact, the present populations of *T. sinensis* in Hungary are due not only because of the releasing but also by the natural migrating of specimens from Italy (Matošević *et al.*, 2017a). Records of *T. sinensis* in countries where no release has yet been made have already been mentioned in Switzerland in 2013, in England in 2015 (Bartlett, 2016), in Bosnia and Herzegovina in 2016 (Matošević *et al.*, 2017b) and now (since 2016) in Catalonia (Girona province).

Acknowledgements

We thank Dick Askew for sending us some specimens of *Torymus sinensis* to compare with our material.

Bibliography

- BARTLETT, D. 2016. Viewpoint: Partnerships in action – Europe and beyond. *Inpractice* [Bulletin of the Chartered Institute of Ecology and Environmental Management. CIEEM (Chartered Institute of Ecology and Environmental Management)], 94: 13-15.
- BOROWIEC, N., THAON, M., BRANCACCIO, L., WAROT, S., VERCKEN, E., FAUVERGUE, X., RIS, N. & MALAUSA, J. C. 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, 29 (1): 7-10.
- BRUSSINO, G., BOSIO, G., BAUDINO, M., GIORDANO, R., RAMELLO, F. & MELIKA, G. 2002. Nuovo cinipide galligeno in Piemonte. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *L'Informatore Agrario*, 37: 59-61.
- COLOMBARI, F. & BATTISTI, A. 2015. Spread of the introduced biocontrol agent *Torymus sinensis* in north-eastern Italy: dispersal through active flight or assisted by wind? *Biocontrol*, 61: 127-139.
- MATOŠEVIĆ, D., LACKOVIĆ, N., MELIKA, G., KOS, K., FRANIĆ, I., KRISTON, E., BOZSO, M., SELJAK, G. & ROT, M. 2015. Biological control of invasive *Dryocosmus kuriphilus* with introduced parasitoid *Torymus sinensis* in Croatia, Slovenia and Hungary. *Periodicum Biologorum*, 117: 471-477.
- MATOŠEVIĆ, D., LACKOVIĆ, N., KOS, K., KRISTON, E., MELIKA, G., ROT, M. & PERNEK, M. 2017a. Success of classical biocontrol agent *Torymus sinensis* within its expanding range in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 141 (9): 758-767. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12388>.
- MATOŠEVIĆ, D., MUJEZINOVIC, O. & DAUTBAŠIĆ, M. 2017b. First record of biocontrol agent *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) in Bosnia and Herzegovina. *South-east European forestry*, 8 (2): 147-149. DOI: <https://doi.org/10.15177/seefor.17-14>.
- PAPARELLA F., FERRACINI C., PORTALURI A., MANZO A. & ALMA, A. 2016. Biological control of the chestnut gall wasp with *T. sinensis*: a mathematical model. *Ecological Modelling*, 338: 17-36.
- PUJADE-VILLAR, J., TORRELL, A. & ROJO, M. 2013. Primers troballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípid d'origen asiàtic altament perillosa per al castanyer (Fagaceae). *Orsis*, 27: 295-301.
- QUACCHIA, A., MORIYA, S., BOSIO, G., SCAPIN, I. & ALMA, A. 2008. Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl*, 53: 829-839.
- ROS-FARRÉ, P. & PUJADE-VILLAR, J. 1998. Estudio mediante una trampa Malaise de la comunidad de cinípidos cecidógenos e inquilinos de Santa Coloma, Andorra (Hymenoptera, Cynipidae). *Ecologia*, 12: 441-454.

4.4.3. La plaga de la vespeta del castanyer *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) a Espanya: reclutament de parasitoides autòctons i associació amb inductors de gales a Catalunya

Jara-Chiquito, J.L., Askew, R.R. & Pujade-Villar, J. 2020

The invasive ACGW *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and association with oak gall inducers in Catalonia. *Forestry*, 93(1): 178–186, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz061> [publicat el 2019 on line].

IF: 2.133, Q1

The invasive ACGW *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and association with oak gall inducers in Catalonia

Juan Luis Jara-Chiquito^{1,*}, Richard R. Askew² and Juli Pujade-Villar¹

¹Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals (Secció Invertebrats), Facultat de Biologia, University of Barcelona, Diagonal, 643, Barcelona 08028, Spain

²Le Bourg est, 24510 St Marcel du Périgord, France.

*Corresponding author. Tel: +34-93-753-28-93; Fax: +34-93-754-03-79; E-mail: juanluisjarachiquito@gmail.com

Received 27 September 2018

The Asian chestnut gall wasp (ACGW), *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), is an invasive pest that affects chestnut trees. The first record of this pest in Spain was in 2012, in Catalonia, and it is now distributed in virtually every chestnut growing area in the country. In this study, we present an overview of parasitoid recruitment by ACGW in Catalonia over a 4-year period (2013–2016) comparing parasitoid communities attacking galls on oak and chestnut trees at the same sites. A total of 22 species of native parasitoids that normally attack oak cynipids emerged from ACGW galls, together with the non-native *Torymus sinensis*. The most abundant species were *Boatanomyia dorsalis*, *Torymus flavipes*, *Ormyrus pomaceus* and *Eupelmus urozonus*. The study also found that 20 of the 22 native parasitoids in ACGW galls were also reared from galls of 13 species of oak gall inducer (12 Cynipidae, 1 Cecidomyiidae).

Introduction

The Asian chestnut gall wasp (ACGW), *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), is the most damaging pest of *Castanea* (Fagaceae) species and hybrids, causing severe fruit yield loss due to the induction of galls on leaves and shoots (Murakami *et al.*, 1980; Quacchia *et al.*, 2008). Native to China, it was first reported in Japan in 1941. It was accidentally introduced into the USA (in 1974), Nepal (1999), Europe (2002), Taiwan (2010) and Turkey (2014) (Pérez *et al.*, 2018). In Europe, it was first recorded in the Piedmont region of Italy in 2002 (Aebi *et al.*, 2007). Since 2002, *D. kuriphilus* has spread throughout Italy and into France and Slovenia in 2005, Hungary and Switzerland in 2009, Croatia and Netherlands in 2010, Slovakia, the Czech Republic, and Spain in 2012, Portugal in 2014, amongst others (Demard and Cave, 2018). ACGW was first recorded in Catalonia (Spain) in 2012 and since then it has spread almost throughout the whole area by infesting native stands and orchards of European Sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) (Jara-Chiquito *et al.*, 2016). ACGW is thelytokous and spreads easily to distant places. A single female can rapidly establish a population in new territories (Abe *et al.*, 2007).

Up to 42 per cent of Catalonia is covered with forests (Anonimus, 2014). Also, according to Burriel *et al.* (2004), Catalonia has ~12 240 ha of forests containing chestnut trees

(*C. sativa*), usually mixed with native species of oak, *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus robur* L., *Quercus pyrenaica* Willd., *Quercus canariensis* Willd., *Quercus ilex* L., *Quercus suber*, *Quercus pubescens* Willd., L., *Quercus faginea* Lam. and hybrids like *Quercus cerrioides* Willk. & Costa.

This study presents sampling data from Catalonia and contributes to an understanding of some ecological interactions between the invasive ACGW and native parasitoids of gall inducers, mostly gall wasps, on neighbouring oaks. It is known that all native parasitoid species reared from ACGW in its invaded range are common species of parasitoids of oak cynipid gall wasps (Quacchia *et al.*, 2012; Matošević and Melika, 2013).

The aim of this study was to identify the parasitoids reared from newly formed ACGW galls in Catalonia and then to compare the local chalcid parasitoid community associated with oak gall wasps with the chalcid parasitoid community recruited by ACGW. A similar study is currently being undertaken in northern Spain by J. L. Nieves-Aldrey (Madrid) and team. Our research provides information about parasitoid host and host plant shifts and the adaptation of chalcid parasitoids to a novel host in forest ecosystems. This information is presented for the first time in Spain, and was collected over a 4-year period (2013–2016) before the widely introduced ACGW parasitoid *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) was established in Catalonia.

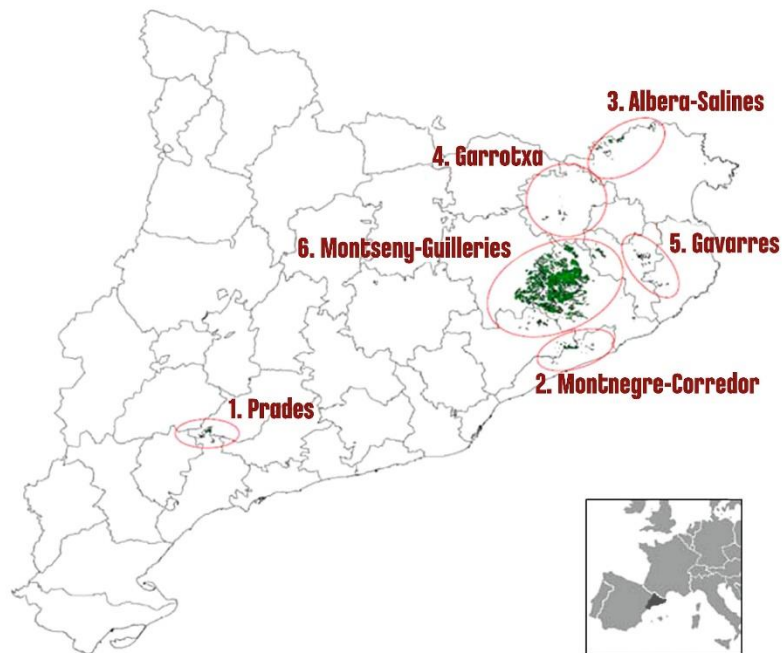


Figure 1 Distribution of chestnut tree stands in Catalonia (Aymerich *et al.*, 2015) and studied areas (Jara-Chiquito *et al.*, 2016).

Material and methods

Sampling of ACGW galls

ACGW galls were sampled at six locations in Catalonia (Figure 1), where chestnut trees were growing close to mixed forests that contained native species of oak (Jara-Chiquito *et al.*, 2016). Five of the locations consisted of natural stands of chestnut, whilst Prades, where ACGW erupted in 2016, contained chestnut orchards. Fresh galls were collected from 2013 to 2016, always during the first half of June.

Galls were randomly collected from low branches up to a height of ~2.5 m. To ensure that most galls contained mature pupae from which adults were likely to emerge, several galls were dissected before collections were made. During the 4 years of sampling at the six locations, a total of 19 445 galls was collected (6000 in 2013, 4534 in 2014, 4111 in 2015 and 4800 in 2016). The samples of galls were transported to the laboratory of the Biology Faculty, University of Barcelona, where they were stored in 0.25 m³ plastic breeding boxes at room temperature until adult gall wasps and parasitoids emerged. About 200 mL glass collecting tubes were fixed to the sides of the boxes. All adults of both *D. kuriphilus* and its parasitoids that emerged were removed once a week, from June until March, and stored in 70 per cent

ethanol for later identification. The material was determined in alcohol except for the more difficult species and genera, the specimens of which were air dried and glued on rectangular cards. In addition, some galls of ACGW were collected for dissection in the laboratory in order to study larval parasitism.

Sampling of oak galls

To study the reservoirs of parasitoids in oak galls, the Montseny-Guillerries area (Eastern Catalonia, 41°50'52"N 2°26'1"E) was sampled between October 2015 (asexual galls) and May 2016 (sexual galls). ACGW galls had also been collected for rearing at this site. Galls of *Dryomyia lichtensteini* were collected from evergreen Oaks (*Q. ilex*); galls of *Plagiotrohus quercusilicis* and *Plagiotrohus gallaeramulorum* from kermes Oaks (*Q. coccifera*); galls of *Andricus grossulariae*'s sexual form from cork oak (*Q. suber*); lastly, the remaining species mentioned in Table 2 were collected from downy oaks (*Q. pubescens*). Rearing and storage procedures were the same as those for galls of ACGW (above).

Parasitoid species identification

For the identification of Chalcidoidea parasitoids unpublished keys by Thuroczy and Askew and by Pujade-Villar, and the key in

Askew (1961), were used, together with keys to particular genera of parasitoids (e.g. Graham, 1969 for *Mesopolobus* and other Pteromalidae; Graham and Gijswijt, 1998 for *Torymus*; Doğanlar, 2011 for *Bootanomyia*, Zerova *et al.*, 2012 for *Ormyrus*; Gibson and Fusu, 2016 and Fusu, 2017 for *Eupelmus*). Larvae were identified using Gómez *et al.* (2008) and some specific papers by Gómez *et al.* (2008, 2011, 2013, 2017), Gómez and Nieves-Aldrey (2012, 2017) and Nieves-Aldrey *et al.* (2008).

Bootanomyia dorsalis is considered in this study as *B. dorsalis* 'sensu lato'. Doğanlar (2011) revised the genus *Bootanomyia*, transferred the *Megastigmus* species associated with cynipid oak galls to *Bootanomyia* and described new species. Nevertheless, the species key is inadequate for satisfactorily discriminating species in the *B. dorsalis* species group and in this paper *B. dorsalis* has to be considered as *B. dorsalis* complex.

On the other hand, recent detailed studies of *Eupelmus* (Gibson (2011), Al Khatib *et al.* (2014) and Gibson and Fusu (2016)) enable the differentiation of what was previously considered to be *Eupelmus annulatus* into two distinct species, both commonly reared from cynipid oak galls, viz. *E. azureus* Ratzeburg, 1844 (= *Eupelmus spongipartus* Förster, 1860) and *E. annulatus* Nees, 1834). Also, in this study, *Eupelmus urozonus* is referred to as *E. urozonus* sp. group.

Finally, *Ormyrus pomaceus* could be a complex of species (Pujade-Villar, 1989), but its breakdown into component morphospecies has not been satisfactorily achieved and *O. pomaceus* is here treated as a single species.

Results and discussion

ACGW arrived in Europe apparently without its natural enemies, and the establishment and efficacy of native parasitoids from cynipid galls on oaks and other plants in parasitising ACGW is being researched in many European countries in which this pest has recently become established (Aebi *et al.*, 2006; Quacchia *et al.*, 2012; Matošević and Melika, 2013; Melika *et al.*, 2013; Szabó *et al.*, 2014; Francati *et al.*, 2015; Kos *et al.*, 2015). The present study is the first in Catalonia to investigate parasitism of ACGW by native parasitoids, in particular those belonging to the oak gall parasitoid community.

Within the period 2013–2016, a total of 19 445 ACGW galls were collected from which 10 315 adult *D. kuriphilus* and 3694 individual parasitoids emerged (Table 1). A total of 22 species of native parasitoids belonging to five families of Chalcidoidea were recorded (Table 1). ACGW was detected in 2012, and in 2013, we recorded seven species of parasitoids attacking it, then 14 species in 2014, 17 species in 2015 and 22 species, together with the non-native *T. sinensis*, in 2016 (Table 1). The total number of parasitoid species recorded over the entire period was 23. Interestingly, the large family Eulophidae was not represented in the samples of parasitoids reared from ACGW during the 4 years of study. It is also interesting that native parasitoids were able to parasitise a new host gall and host plant in such a relatively short time. Not only are native parasitoids able to adapt to a new host plant (*Quercus* to *Castanea*) but also to an insect host genus (*Dryocosmus*) not previously present in the Iberian Peninsula.

Percentage parasitism increased every year. During the first year, it was very low (2.1 per cent), but 4 years later it had

increased significantly to 61.1 per cent. Six species were present in every ACGW sample: *E. urozonus*, *Eurytoma brunniventris*, *O. pomaceus*, *B. dorsalis* (previously named *Megastigmus dorsalis*), *Torymus flavipes* and *Mesopolobus sericeus*; these species each have a large range of Cynipini hosts (Askew *et al.*, 2013) only present in Fagaceae (Noyes, 2019).

The parasitoid species most frequently recorded was *B. dorsalis*, followed by *T. flavipes*, *O. pomaceus* and *E. urozonus*, together making up 70.6 per cent of all emerged parasitoids; these species have been mentioned previously in ACGW galls (Noyes, 2019). *Torymus flavipes* was also commonly recorded in Italy (Quacchia *et al.*, 2012), in Croatia (Matošević and Melika, 2013) and in Slovenia (Kos *et al.*, 2015). Other species, such as *Mesopolobus mediterraneus* and *Mesopolobus tibialis*, were much less frequent, but generally, once a species had entered the ACGW parasitoid community, it remained in the following years.

Trophic relationships are likely to include primary, secondary and even tertiary parasitism with few parasitoid species obligatorily attacking the cynipid gall inducer and most being facultative hyperparasitoids (Askew, 1961). This makes for complex food webs in oak galls, where the large number of possible trophic links may buffer large fluctuations in population size of the component species. A similar scenario may develop in ACGW galls, especially where populations are in proximity to cynipid oak gall populations, as more parasitoid species are recruited to the community (Matošević and Melika, 2013). The absence of inquiline cynipids from ACGW galls in Western Europe reduces the potential complexity of the food web, although an inquiline species has been recently discovered in ACGW galls in Greece (Melika *et al.*, 2018); inquilines are cynipids that have lost the facility to induce galls but are able to modify them as the galls develop.

The oak (*Quercus*) galls of Cynipini, and possibly of some species of Cecidomyiidae, are the reservoir sources of parasitoids that attack galls of ACGW. Thirteen kinds of galls belonging to 10 species have been examined (Table 2): nine Cynipini (collected on *Q. pubescens*, *Q. ilex* and *Q. suber*) and a Cecidomyiidae (*D. lichtensteini* on *Q. ilex*). From these galls a total of 20 parasitoid species have been obtained, all of which were reared also from our samples of galls of ACGW (Table 3). The only species reared from ACGW galls but not from our oak gall samples were *Torymus nobilis*, *Torymus notatus* and *T. sinensis*; these are discussed below.

Some of the species present at the beginning of this study and during the following years (*E. urozonus*, *E. brunniventris*, *O. pomaceus*, *B. dorsalis*, *T. flavipes* and *M. sericeus*) are likely to be primary parasitoids, although some of them could also be secondary, or even primary and secondary (or tertiary) parasitoids at the same time. According to the literature, *Torymus* species are primary parasitoids or parasitoids of inquilines in oak galls (Askew, 1965), thus suggesting that *T. flavipes* (in the absence of inquiline insects) would behave as a primary parasitoid of *D. kuriphilus* larvae in ACGW galls. In fact, we have noticed this behaviour when opening and studying ACGW galls (Figure 2a). According to Askew (1961), *E. brunniventris* is a polyphagous species that can act as a primary parasitoid (attacking either gall-making larvae or inquilines), as well as a secondary parasitoid attacking chalcidoid larvae like *M. tibialis* (occasionally obtained),

Resultats

Forestry

Table 1 Percentages of parasitoid species emerged from newly-formed *D. kuriphilus* galls in 2013–2016.

| Parasitoid families | Parasitoid species | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|-------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Eupelmidae | 1. <i>Eupelmus annulatus</i> | | 0.19 | 8.05 | 0.27 |
| | 2. <i>E. azureus</i> | | | 4.42 | 0.15 |
| | 3. <i>E. urozonus</i> | 6.50 | 9.02 | 2.96 | 9.62 |
| Eurytomidae | 4. <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0.81 | 2.30 | 2.51 | 0.69 |
| | 5. <i>Sycophila biguttata</i> | | 4.03 | 0.33 | 0.37 |
| | 6. <i>S. variegata</i> | | 10.94 | 4.85 | 5.48 |
| Ormyridae | 7. <i>Ormyrus nitidulus</i> | | 4.22 | 0.78 | 2.39 |
| | 8. <i>O. pomaceus</i> | 2.44 | 4.41 | 25.58 | 11.13 |
| Torymidae | 9. <i>B. dorsalis</i> | 19.52 | 36.85 | 36.63 | 21.80 |
| | 10. <i>Torymus auratus</i> | | 6.53 | 2.77 | 1.01 |
| | 11. <i>T. flavipes</i> | 51.21 | 15.93 | 2.26 | 30.99 |
| | 12. <i>T. geranii</i> | | | 2.60 | 2.32 |
| | 13. <i>T. nobilis</i> | | | | 0.15 |
| | 14. <i>T. notatus</i> | | | | 0.69 |
| Pteromalidae | 15. <i>T. sinensis</i> | | | | 1.09 |
| | 16. <i>Mesopolobus amaenus</i> | | | | 0.48 |
| | 17. <i>M. fasciventris</i> | | | 0.35 | 1.70 |
| | 18. <i>M. lichtensteini</i> | | 3.27 | 3.09 | 0.69 |
| | 19. <i>M. mediterraneus</i> | | 0.19 | 0.39 | 0.69 |
| | 20. <i>M. sericeus</i> | 9.76 | 0.19 | 1.30 | 7.12 |
| | 21. <i>M. tarsatus</i> | 9.76 | | 1.13 | 0.15 |
| | 22. <i>M. tibialis</i> | | 1.93 | | 0.87 |
| | 23. <i>Cecidostiba fungosa</i> | | | | 0.15 |
| | Total emerged parasitoids | 123 | 521 | 1155 | 1881 |
| % of parasitism | 2.10 | 14.90 | 47.67 | 61.13 | |
| Total number of species | 7 | 14 | 17 | 23 | |

T. auratus and *Sycophila biguttata* (absent in the first year collection) (Table 1). It can also be partially phytophagous, feeding on gall tissues. The trophic relations of *E. brunniventris* in ACGW galls are uncertain. *Ormyrus pomaceus* is a polyphagous species; Hanson (1992) mentions that polyphagous American *Ormyrus* (*O. distinctus*, *O. labotus* and *O. venustus*) attack ACGW larvae. Thus, it is probable that *O. pomaceus* is a primary parasitoid, although we cannot be sure that it is not also a secondary parasitoid. According to Askew (1966), *B. dorsalis* attacks inquiline larvae inside *Andricus kollari* galls, but for most oak galls its biology is unknown. In the case of ACGW galls, the biology of *B. dorsalis* is unknown because inquilines are not yet present in galls in our study area and we have always found solitary *B. dorsalis* larvae in the cynipid larval chambers (Figure 2b).

It was suggested by Askew (1961) that three properties of a cynipid oak gall are of importance in defining which species of chalcid parasitoid constitute its community. These features are (1) gall form or structure, (2) position on the host tree and organ galled and (3) season of development.

The oak gall that most resembles the ACGW gall in external form and situation on the tree is that of the sexual generation of *Andricus curvator*. Of the six most abundant parasitoids recorded from this gall in the western Palaearctic (Askew et al., 2013), all except the eulophid *Aulogymnus arsamis* were reared from ACGW galls in Catalonia. Significantly, the principal host oak

gall for *T. notatus* is *A. curvator* (sexual generation) (Askew et al., 2013), and this relatively uncommon species was obtained from ACGW galls in Catalonia. *Torymus notatus* belongs to the *T. cyaneus*-group (Graham and Gijswijt, 1998), the species of which are parasitoids in galls of Cynipini and are characterized by the frenal area of the scutellum being more or less smooth and delimited from the rest of the scutellum by an impressed line.








Torymus sinensis belongs to the same species-group as *T. notatus*. It is an oriental species parasitic on ACGW in its native range and has been introduced into several countries to control ACGW. *T. sinensis* was found for the first time in Spain in 2016 (Jara-Chiquito and Pujade-Villar, 2018), almost certainly having come from France, when we reared it during the final year of sampling ACGW in Catalonia (it was not present in samples before this date). No specimens were obtained from oak galls in Catalonia samples after 2016, but *T. sinensis* has been reported in Italy to attack *Biorhiza pallida* sexual form galls on oak (Ferracini et al., 2015) and 2 years later the oak galls of *A. curvator*, *A. cydoniae*, *A. inflator*, *A. kollari* and *B. pallida* sexual form galls (Ferracini et al., 2017). It is clear that *T. sinensis* has a broad potential host range and may attack non-target hosts (i.e. other than ACGW) in areas outside its indigenous range.

Torymus sinensis is a primary parasitoid that attacks gall-forming larvae and it is likely to compete with native primary parasitoids. This is a possible cause for concern considering that in

Resultats

ACGW native parasitoid recruitment in Catalonia

Table 2 List of parasitoid species emerging from oak galls and *D. kuriphilus* galls in Montseny-Guilleries (Catalonia) indicating the number of galls collected; in the parasitoids column the emergence periods are indicated in parenthesis.

| Host tree | Oak gall inducer | Parasitoid species |
|-----------|---|--|
| Dawny oak | <i>Andricus hispanicus</i> (asexual)  95 | <i>Eurytoma brunniventris</i> (v–viii, x) <i>Sycophila biguttata</i> (iii–vi) <i>S. variegata</i> (iii) <i>Ormyrus nitidulus</i> (v–vii) <i>O. pomaceus</i> (v–vi, viii) <i>Botanomyia dorsalis</i> (v, vii) <i>Torymus auratus</i> (iv–x) <i>Cecidostiba fungosa</i> (vi) <i>Eupelmus azureus</i> (iii–v, vi, ix) <i>E. annulatus</i> (iii–iv) <i>E. urozonus</i> (v–vi, ix–x) <i>Eupelmus azureus</i> (v–vi) <i>E. annulatus</i> (iv) <i>E. urozonus</i> (iv) |
| | <i>Andricus coriarius</i>  47 | <i>Eurytoma brunniventris</i> (v–vi) <i>Sycophila biguttata</i> (iii–vi) <i>S. variegata</i> (iv, xii) <i>Ormyrus nitidulus</i> (vi, viii) <i>O. pomaceus</i> (vi, viii–ix) <i>Botanomyia dorsalis</i> (iii–ix) <i>Cecidostiba fungosa</i> (iii, ix) |
| | <i>Andricus dentimitratus</i>  127 | <i>Sycophila biguttata</i> (iii–v) <i>Ormyrus nitidulus</i> (iv–vi) <i>O. pomaceus</i> (vi) <i>Botanomyia dorsalis</i> (iv–vi) <i>Torymus auratus</i> (iii, vi–vii) <i>Mesopolobus sericeus</i> (iv–v) <i>Cecidostiba fungosa</i> (iii–iv) |
| | <i>Andricus grossulariae</i> (asexual)  11 | <i>Eupelmus urozonus</i> (iv) <i>E. azureus</i> (v) <i>Sycophila biguttata</i> (iii–v) <i>Ormyrus pomaceus</i> (iv–vi) <i>Botanomyia dorsalis</i> (iv–vi) <i>Torymus auratus</i> (x) <i>Mesopolobus sericeus</i> (iii) <i>Cecidostiba fungosa</i> (iv–vi) |
| | <i>Neuroterus numismalis</i> (sexual) Fx5  44 | <i>Torymus flavipes</i> (iv–v) <i>Mesopolobus tibialis</i> (ii–iii) |
| | <i>Neuroterus numismalis</i> (asexual)  211 | <i>Ormyrus pomaceus</i> (v) <i>Torymus flavipes</i> (ii–iv) <i>Mesopolobus tibialis</i> (v–vi) |
| | <i>Neuroterus quercusbaccarum</i> (asexual)  176 | <i>Sycophila biguttata</i> (i–iv) <i>Ormyrus pomaceus</i> (iii, ix) <i>Torymus flavipes</i> (ii–iii) <i>Mesopolobus tibialis</i> (ii) <i>Eupelmus urozonus</i> (iv) |






(Continued)

Downloaded from https://academic.oup.com/forestry/advance-article-abstract/doi/10.1093/forestry/cpzz061/5645538 by guest on 07 December 2019

Resultats

Forestry

Table 2 Continued

| Host tree | Oak gall inducer | Parasitoid species |
|---------------|---|--|
| | <i>Neuroterus quercusbaccarum</i> (sexual)  89 | <i>Eurytoma brunniventris</i> (vi–viii) <i>Sycophila biguttata</i> (vi–vii) <i>Mesopolobus sericeus</i> (vi–vii) <i>Torymus auratus</i> (vi) <i>T. flavipes</i> (v–vi) <i>T. geranii</i> (vi–vii) <i>Ormyrus pomaceus</i> (v) <i>Mesopolobus amaenus</i> (vi) <i>M. fasciventris</i> (vi) <i>M. tibialis</i> (iv–vi) <i>Eupelmus urozonus</i> (vi–vii) <i>Eurytoma brunniventris</i> (vi–ix) <i>Torymus auratus</i> (x) <i>Ormyrus pomaceus</i> (ix) <i>Eupelmus urozonus</i> (v, x) |
| | <i>Cynips disticha</i> (asexual)  51 | <i>Sycophila variegata</i> (v–vii) <i>Torymus flavipes</i> (v–vi) <i>Ormyrus pomaceus</i> (vii–ix) <i>Mesopolobus lichtensteini</i> (vi–vii) <i>M. mediterraneus</i> (vi) <i>M. tarsatus</i> (vii–viii) <i>M. tibialis</i> (v, viii) <i>Eupelmus urozonus</i> (vi) |
| Kermes oak | <i>Plagiotrochus quercusilicis</i>  88 | <i>Ormyrus pomaceus</i> (v) <i>Bothanomyia dorsalis</i> (ii–iv) |
| | <i>Plagiotrochus gallaeramulorum</i>  5 | <i>Ormyrus pomaceus</i> (v) <i>Bothanomyia dorsalis</i> (ii–iv) |
| Evergreen oak | <i>Dryomyia lichtensteini</i>  76 | <i>Mesopolobus amaenus</i> (vi–vii) <i>M. lichtensteini</i> (v–vii) |
| Cork oak | <i>Andricus grossulariae</i> (sexual)  101 | <i>Eurytoma brunniventris</i> (v–vi) <i>Sycophila biguttata</i> (v–vi, viii) <i>S. variegata</i> (v–vi, x–xi) <i>Torymus auratus</i> (v–vii) <i>Ormyrus pomaceus</i> (v–vii) <i>Bothanomyia dorsalis</i> (v–vi, viii) |

Species obtained only from oak galls are not listed.

Japan *T. beneficus* (an indigenous parasitoid in Japan) was rapidly displaced by *T. sinensis* only a few years after the release of *T. sinensis* (Yara *et al.*, 2012). Monitoring the impact of *T. sinensis* on non-target hosts in Europe will be necessary. In Italy, preliminary studies affirm that the impact appears minimal (Ferracini *et al.*, 2017). From our observations (Jara-Chiquito *et al.*, unpublished data), *T. notatus* is the native species most likely to hybridize with *T. sinensis*; this possibility has recently been commented on in terms of phylogeny and morphology by Pagolotti *et al.* (2019).

Torymus nobilis was only an occasional parasitoid in ACGW galls, but this is not surprising because its oak gall range appears to be dictated by position on the tree. It attacks only subterranean or semisubterranean root oak galls and galls developing low down on oak boles. Its presence in ACGW galls might be due to galls being collected from low branches very close to the ground.

The season of host-gall development is clearly of importance in affecting parasitoid community composition. ACGW is developing in galls and susceptible to parasitoid attack mostly in

Resultats

ACGW native parasitoid recruitment in Catalonia

Table 3 List of parasitoids obtained from ACGW galls and their months of emergence from cynipid galls on *Quercus*, based on our parasitoid samples (indicated by 'x') or on data from the literature (indicated by 'o').

| Families | Species | Months | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------------------------|--------|----|-----|----|---|----|-----|------|----|---|----|-----|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Eupelmidae | <i>Eupelmus annulatus</i> | | | x | x | o | x | o | o | x | | | |
| | <i>E. azureus</i> | | o | o | x | x | x | o | o | o | | | |
| | <i>E. urozonus</i> | | o | o | x | x | x | x | o | x | x | o | |
| Eurytomidae | <i>Eurytoma brunniventris</i> | | | o | o | x | x | x | x | x | x | o | |
| | <i>Sycophila biguttata</i> | x | x | x | x | x | x | x | x | o | x | x | o |
| | <i>S. variegata</i> | | | x | x | o | o | o | o | o | o | o | x |
| Ormyridae | <i>Ormyrus nitidulus</i> | | | o | x | x | x | x | x | | | | |
| | <i>O. pomaceus</i> | o | o | x | x | x | x | x | x | x | o | o | o |
| Torymidae | <i>B. dorsalis</i> | o | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | o |
| | <i>Torymus auratus</i> | | o | o | x | x | x | x | x | x | x | o | o |
| | <i>T. flavipes</i> | | x | x | x | x | x | o | | | | | |
| | <i>T. geranii</i> | | | | o | o | x | x | | | | | |
| | <i>T. nobilis</i> | o | o | o | o | o | o | o | | | | | |
| | <i>T. notatus</i> | o | o | o | x | x | x | o | | | | | |
| | <i>T. sinensis</i> | | | | o | o | o | | | | | | |
| Pteromalidae | <i>Mesopolobus amaenus</i> | | | | o | o | x | x | o | | | | |
| | <i>M. fasciventris</i> | | | | o | o | x | o | o | o | o | | |
| | <i>M. lichtensteini</i> | | | | o | x | x | x | o | o | | | |
| | <i>M. mediterraneus</i> | | | | o | o | x | o | o | o | o | | |
| | <i>M. sericeus</i> | | | x | o | o | x | x | o | o | | | |
| | <i>M. tarsatus</i> | | | o | o | o | o | x | x | | | | |
| | <i>M. tibialis</i> | o | x | o | x | x | x | o | x | o | | | |
| | <i>Cecidostiba fungosa</i> | o | o | o | x | x | x | o | o | x | o | o | o |

Months in which the parasitoids can attack ACGW are indicated with grey shading.

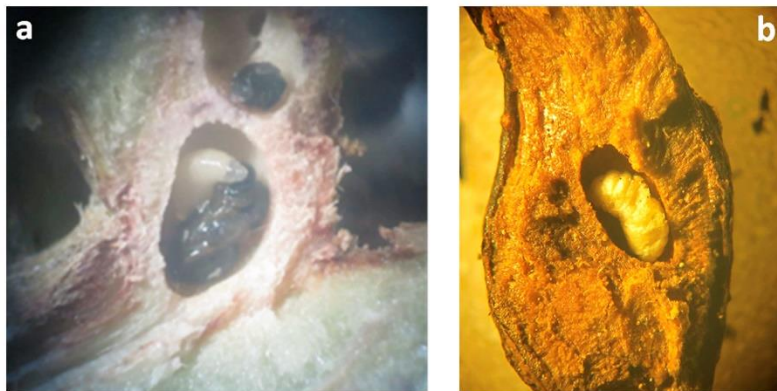


Figure 2 (a) *Torymus flavipes* larva attacking an ACGW pupa. (b) *Bootanomyia dorsalis* in an ACGW larval chamber.

the 3 months April to June. For example, *B. dorsalis* has a very long flight period (Table 3) and emergences from all six kinds of oak galls attacked (Table 2) coincided with the period of ACGW availability. On the other hand, *E. urozonus* was also obtained from six kinds of gall (Table 2), but emergences from galls of the sexual generation of *Neuroterus quercusbaccarum* (Table 2) in

June and July were too late to be able to attack ACGW. Similarly, ACGW was unavailable to *E. urozonus* emerging after June from *Andricus hispanicus* and *Cynips disticha* galls. Considering the shift of parasitoids from oak to the chestnut gall wasp, 13 types of oak galls were sampled in the Montseny-Guillerics area, and we found that all were parasitised by 20 of the 23 species of parasitoids that emerged from ACGW galls (Table 2). *Torymus sinensis* was not obtained from oak galls in Catalonia (Table 3) during our study period and none of the oak galls studied would be liable, because of their situation, to be attacked by *T. nobilis* (see above). *Andricus coriarius* (Hartig) was attacked by 10 native parasitoid species, all of which were also mostly recorded from ACGW galls at the same locations (Table 2). This suggests that most parasitoids that locally attack oak gall wasps are able to shift to a new host, the chestnut gall wasp, on another host plant, albeit one in a genus in the same family (Fagaceae).

Conclusions

As it has been demonstrated here and in other European countries, cynipid galls on *Quercus* constitute the most important reservoir source of parasitoids capable of attacking ACGW galls on *C. sativa*. The pressure of these parasitoids on ACGW is increasing year after year with parasitism reaching values around 60 per cent in some of the studied areas.

Not all parasitoid species obtained from oak galls are able to attack ACGW galls. Species recruited to the ACGW gall community must have appropriate phenology, flying during the period that ACGW is developing in its galls. Some parasitoid species appeared in the ACGW community in the first year of collection (e.g. *B. dorsalis* and *T. flavipes*) and they were continuously present during the entire period of study; others (*Mesopolobus tarsatus* and *M. tibialis*) were obtained only occasionally. Not all species that emerged from ACGW galls had parasitized *D. kuriphilus* larvae, as in this gall there is probably a complex trophic network, as in nearly all cynipid galls. It is essential to understand parasitoid trophic relationships, and to identify which species are the primary parasitoids of ACGW, before attempting biological control, because it is the primary parasitoids which are responsible for limiting numbers of *Dryocosmus*.

References

Al Khatib, F., Fusu, L., Cruand, A., Gibson, G., Borowiec, N., Rasplus, J.Y. et al. 2014 An integrative approach to species discrimination in the *Eupelmus urozonus* complex (Hymenoptera, Eupelmidae), with the description of 11 new species from the Western Palaearctic. *Syst. Entomol.* **39**, 806–862.

Abe, Y., Melika, G. and Stone, G.N. 2007 The diversity and phylogeography of cynipid gallwasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the oriental and eastern Palearctic regions, and their associated communities. *Orient. Insects* **41**, 169–212.

Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, G., Alma, A., Bosio, G., Quacchia, A. et al. 2006 Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. In *Ecology and Evolution of Galling Arthropods and their Associates*. K., Ozaki, J., Yukawa, T., Ohgushi, P.W., Price (eds.). Springer, pp. 103–121.

Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, G., Quacchia, A., Alma, A. and Stone, G.N. 2007 Native and introduced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPA Bull.* **37**, 166–171.

Anonim 2014 *Catalunya, un país de boscos. Generalitat de Catalunya*. Departament d'Agricultura, p. 10.

Askew, R.R. 1961 On the biology of the inhabitants of oak galls of Cynipidae (Hymenoptera) in Britain. *Trans. Soc. Brit. Ent.* **14**, 237–268.

Askew, R.R. 1965 The biology of the British species of the genus *Torymus* (Hymenoptera: Torymidae) associated with galls of Cynipidae (Hymenoptera) on oak, with special reference to alternation of forms. *Trans. Soc. Brit. Ent.*, **16**(9), 217–232.

Askew, R.R. 1966 Observations on the British species of *Megastigmus* Dalman (Hym., Torymidae) which inhabit Cynipid oak galls. *Entomologiste* **99**, 124–128.

Askew, R.R., Melika, G., Pujade-Villar, J., Schönrogge, K., Stone, G.N. and Nieves-Aldrey, J.L. 2013 Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the west Palaearctic. *Zootaxa* **3643**, 1–133.

Aymerich, P., Carreras, J., Carrillo, E., Ferré, A., Guardiola, M., Masalles, R.M. et al. 2015 Castanyedes. In *Manual dels Hàbitats de Catalunya*. J., Carreras, A., Farré, J., Vigo (eds.). Vol. **6**. Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya, pp. 74–75.

Burriel, J.A., Ibañez, J.J., Mata, T. and Vayreda, J. 2004 *Castanea sativa* (castanyer). In *Inventari ecològic i forestal de Catalunya*. C., Gracia (ed.). CREAF, pp. 134–142.

Demard, E.P. and Cave, R.D. 2018 *Asian Chestnut Gall Wasp*. Indian River Research and Education Center, Department of Entomology and Nematology, University of Florida Demard, University of Florida. Publ. no EENY-710. https://entnemdept.ifas.ufl.edu/creatures/TREES/Asian_chestnut_gall_wasp.html.

Doğanlar, M. 2011 Review of Palearctic and Australian species of *Boatanomyia* Girault 1915 (Hymenoptera: Torymidae: Megastigminae), with descriptions of new species. *Turk. J. Zool.* **35**(2), 123–157.

Ferracini, C., Ferrari, E., Saladini, M.A., Pontini, M., Corradetti, M. and Alma, A. 2015 2015 non-target host risk assessment for the parasitoid *Torymus sinensis*. *IOBC BioControl* **60**, 583–594.

Ferracini, C., Ferrari, E., Pontini, M., Hernández-Nova, K.L.E., Saladini, M.A. and Alma, A. 2017 Post-release evaluation of non-target effects of *Torymus sinensis*, the biological control agent of *Dryocosmus kuriphilus* in Italy. *IOBC BioControl* **62**, 445–456.

Francati, S., Alma, A., Ferracini, C., Pollini, A. and Dindo, M.L. 2015 Indigenous parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in a chestnut production area of Emilia Romagna (Italy). *Bull. Insectol.* **68**, 127–134.

Fusu, L. 2017 An integrative taxonomic study of European *Eupelmus* (*Macroneura*) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae), with a molecular and cytogenetic analysis of *Eupelmus* (*Macroneura*) *vesicularis*: Several species hiding under one name for 240 years. *Zool. J. Linnean Soc.* **20**, 1–85.

Gibson, G.A.P. 2011 The species of *Eupelmus* (*Eupelmus*) Dalman and *Eupelmus* (*Episolidelia*) Girault (Hymenoptera: Eupelmidae) in North America north of Mexico. *Zootaxa* **2951**, 1–97.

Gibson, G.A.P. and Fusu, L. 2016 Revision of the Palearctic species of *Eupelmus* (*Eupelmus*) Dalman (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae). *Zootaxa* **4081**(1), 001–331.

Gómez, J.F., Hernández Nieves, M., Gayubo, D.F. and Nieves-Aldrey, J.L. 2017 Terminal-instar larval systematics and biology of west European species of Ormyridae associated with insect galls (Hymenoptera, Chalcidoidea). *ZooKeys* **644**, 51–88.

Gómez, J.F. and Nieves-Aldrey, J.L. 2012 Notes on the larval morphology of Pteromalidae (hymenoptera: Chalcidoidea) species parasitoids of gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) in Europe. *Zootaxa* **3189**, 39–55.

Gómez, J.F. and Nieves-Aldrey, J.L. 2017 Terminal-instar larval morphology and systematics of Eulophidae and Eupelmidae species (Hym.,

- Chalcidoidea) parasitoids of gall wasps (Hym., Cynipidae) communities from Europe. *J. Syst. Evol.* **48**, 1–28.
- Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L. and Hernández Nieves, M. 2008 Comparative morphology, biology and phylogeny of terminal-instar larvae of the European species of Toryminae (Hym., Chalcidoidea, Torymidae) parasitoids of gall wasps (Hym. Cynipidae). *Zool. J. Linnean Soc.* **154**, 676–721.
- Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L., Hernández Nieves, M. and Stone, G.N. 2011 Comparative morphology and biology of terminal instar larvae of some Eurytoma (Hymenoptera, Eurytomidae) species parasitoids of gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae) in Western Europe. *Zoosystema* **33**(3), 287–323.
- Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L. and Stone, G.N. 2013 On the morphology of the terminal-instar larvae of some European species of *Sycophila* (Hymenoptera, Eurytomidae) parasitoids of gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae). *J. Nat. Hist.* **47**(47–48), 2937–2960.
- Graham, M.W.R.d.V. 1969 The Pteromalidae of North-Western Europe (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Bull. Brit. Mus (Nat. Hist.)* **16**, 1–908.
- Graham, M.W.R.d.V. and Gijswijt, M.J. 1998 Revision of the European species of *Torymus* Dalman (Hymenoptera: Torymidae). *Zool. Verh.* **317**, 1–202.
- Hanson, P. 1992 The Nearctic species of *Ormyrus* Westwood (Hymenoptera: Chalcidoidea: Ormyridae). *J. Nat. Hist.* **26**, 1333–1365.
- Jara-Chiquito, J.L., Heras, J. and Pujade-Villar, J. 2016 First data on the recruitment of native parasitoid wasps by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Catalonia (Iberian Peninsula). *Boletín de la S.E.A.* **59**, 219–226.
- Jara-Chiquito, J.L. and Pujade-Villar, J. 2018 *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae) has arrived in Spain. *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.* **82**, 3–4.
- Kos, K., Kriston, E. and Melika, G. 2015 Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. *Eur. J. Entomol.* **112**(4), 698–704.
- Matošević, D. and Melika, G. 2013 Recruitment of native parasitoids to a new invasive host: first results of *Dryocosmus kuriphilus* parasitoid assemblage in Croatia. *Bull. Insectol.* **66**, 231–238.
- Melika, G., Matošević, D., Kos, K., Bosio, G., Kriston, É., Krizbai, L. et al. 2013 Native parasitoids attacking the chestnut gallwasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), across Italy, Slovenia, Croatia and Hungary. In *Proceedings of II European Congress on Chestnut*. L., Radócz (ed.), International Society for Horticultural Science, p. 46.
- Melika, G., Memtsas, G.I., Nicholls, J.A. and Avtzis, D.N. 2018 New species of Cynipid inquiline, *Saphonecrus kuriphilusi* (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini), from *Dryocosmus kuriphilus* galls in Greece. *Zootaxa* **4441**(1), 109–120.
- Murakami, Y., Ao, H.B. and Chang, C.H. 1980 Natural enemies of the chestnut gall wasp in Hopel Province, China Hymenoptera: Chalcidoidea. *Appl. Entomol. Zool.* **15**, 184–186.
- Nieves-Aldrey, J.L., Hernández Nieves, M. and Gómez, J.F. 2008 Larval morphology and biology of three European species of *Megastigmus* (Hymenoptera, Torymidae, Megastigminae) parasitoids of gall wasps, including a comparison with the larvae of two seed-infesting species. *Zootaxa* **1746**, 46–60.
- Noyes, J.S. 2019 *Universal Chalcidoidea Database*. World Wide Web Electronic Publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidooids>.
- Pérez, A., Tang, C.-T., Stone, G.N., Nicholls, J.A., Schwéger, S., Bozsó, M. and Melika, G. 2018. Current status of the oak gallwasp (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) fauna of the eastern Palaearctic and oriental regions. *Zootaxa* **4433**(2), 245–289. DOI: 10.11646/zootaxa.4433.2.2.
- Pogolotti, C., Cuesta-Porta, V., Pujade-Villar, J. and Ferracini, C. 2019. Seasonal flight activity and genetic relatedness of *Torymus* species in Italy. *Agric. For. Entomol.* **21** (2), 159–167. DOI: 10.1111/afe.12316.
- Pujade-Villar, J. 1989 Sobre la variabilitat morfològica d'algunes espècies dels Ormyridae Foerster, una nova família d'himenòpters per a Catalunya (hymenoptera, Chalcidoidea). *Ses. Entom. ICHN-SCL*, **5**(1987): 77–90.
- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapin, I. and Alma, A. 2008 Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl* **53**, 829–839.
- Quacchia, A., Ferracini, C., Nicholls, J.A., Piazza, E., Saladini, M.A., Tota, F. et al. 2012 Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in North-Western Italy. *Insect Conserv. Diver.* **6**, 114–123.
- Szabó G., Kriston É., Bujdosó B., Bozsó M., Krizbai L. and Melika G. 2014 The sweetchestnut gallwasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951) (Hymenoptera: Cynipidae): Current distribution in Hungary and its natural enemies. *Növényvédelem* **50**(2), 49–56.
- Yara, Y., Matsuo, K., Sasawaki, T., Shimoda, T. and Moriya, S. 2012 Influence of the introduced parasitoid *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) on *T. koreanus* and *T. beneficus* as indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (hymenoptera: Cynipidae) on chestnut trees in Nagano Prefecture, Japan. *Appl. Entomol. Zool.* **47**, 55–60.
- Zerova, M.D., Seryogina, L.J. and van Harten, A. 2012 New and formerly unknown Ormyridae species from the United Arab Emirates (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Vestn. Zool.* **46**(2), 113–121.

4.5. Capítol 4

**Determinació, descripció i elucidació
de les diverses qüestions taxonòmiques,
biològiques i de seguiment de la plaga
de la vespeta del castanyer**

Aquest capítol, directament relacionat amb l'entomologia forestal, tracta d'una banda de dotar d'unes claus útils per a qualsevol tasca, tant de camp com de laboratori, per la determinació morfològica de la vespeta del castanyer i de les espècies del complex parasitoide reclutat per aquesta. Així, d'una banda es fa aportació a la important escomesa de fer divulgació dintre del sector forestal, donant a conèixer tant les espècies involucrades, com el seu paper invasor en el cas de la plaga i controlador en el cas dels parasitoides, i d'altra les zones de distribució on han estat mostrejades, juntament amb el moment de la irrupció de *T. sinensis* amb les consqüències que ha pogut comportar, constitueixen unes importants eines a l'hora de la presa de decisions i l'execució de les tasques de gestió forestal a les castanyedes i també, com no, de conservació d'aquestes mateixos formacions com a ecosistemes forestals.

Els treballs que incorpora aquest capítol són:

4.5.1. Jara-Chiquito, J.L. & Heras, J., 2020. Evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya 2020. *Catalunya forestal*, 145: 17-20.

4.5.2. Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J., 2022. Clau de determinació de les espècies parasitoides (Hym.: Chalcidoidea) de la vespeta del castanyer a Catalunya i comentaris de la seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym.: Cynipini). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86(2): 67-85.

En síntesi en aquests dos treballs es divulguen, d'una banda diferents actuacions silvícoles preventives contra la plaga de vespeta, les quals han de tenir en compte tant la dispersió de la vespeta i dels seus enemics naturals, com ara la propagació del xancre.

Tanmateix, entre aquells tractaments silvícoles viables econòmicament es divulga també la poda d'escarida primaveral, un nou tractament cultural destinat a pal·liar els danys produïts per aquesta plaga del castanyer.

I d'altra banda, es proporcionen unes claus de determinació de les 30 espècies de parasitoides (Hym., Chalcidoidea) obtinguts de gales de la vespeta del castanyer a Catalunya després del seguiment d'aquesta plaga durant diversos anys (2013-2017) on també es comenta la biologia dels parasitoides, la presència/absència d'espècies i la possibilitat de què el nombre de parasitoides sigui més alt en el futur. Finalment, també es fa un exercici crític de la presència i introducció del parasitoide *Torymus sinensis* (Hym., Chalcidoidea, Torymidae) a la península Ibèrica.

4.5.1. Evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya any 2020

Jara-Chiquito, J.L. & Heras, J., 2020

Evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya 2020. Catalunya forestal, 145: 17-20.

Evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya 2020



Juan Luis Jara

Biòleg i enginyer tècnic forestal (UB)



Jorge Heras

Enginyer forestal del Servei de Gestió Forestal (DARP)

Introducció

A Catalunya, el castanyer (*Castanea sativa*) és l'arbre forestal dominant a unes 12.000 ha principalment al Montseny-Guillerics, però també a la Garrotxa, l'Albera-Salines, les Gavarres, el Montnegre-Corredor i la Serra de Prades. Les nostres castanyedes actuals procedeixen gairebé totes de plantació, tant per a producció de fusta com de castanya. Tanmateix, la seva orientació majoritàriament cap a un ús forestal ha condicionat l'estructura de les seves masses ja que, destinades a la producció de fusta, han estat gestionades usualment com a bosc menut tot originant perxades amb densitats molt elevades. Durant el segle XX el castanyer va ser una de les espècies arbòries més rendibles econòmicament fins que, a partir dels anys 70, la pèrdua de mercat de molts productes tradicionals basats en fustes de petits diàmetres juntament amb la irrupció del xancre, un dels principals problemes fitosanitaris de les castanyedes catalanes provocat pel fong *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr, van fer que a moltes finques s'anés abandonant la gestió o se'n substituís l'espècie. La tècnica més adient per controlar aquesta patologia consisteix en la realització d'inoculacions amb soques hipovirulentes. Tot i que el resultat d'aquests tractaments no ha estat homogeni a tot el territori, la seva eficàcia sí que ha estat sobradament demostrada sobre el terreny. Una altra alteració, el cor roig, una decoloració de la fusta que deprecia molt el seu valor, ve a redundar en la dificultat de plantejar produccions de fusta de castanyer de qualitat.

La vespeta del castanyer

A més d'aquestes afeccions, els darrers anys ha aparegut una nova plaga, la vespeta del castanyer, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), la qual és una espècie exòtica invasora originària de Xina que afecta totes les diferents espècies de castanyer d'arreu del món. L'any 2002 va ser detectada per primer cop a Itàlia i es va anar estenent per tota Europa de forma inexorable fins que l'any 2012 es va ja confirmar oficialment la presència de l'insecte a Catalunya.



Fotografia 1. Gala en fulla de castanyer produïda per la vespeta *Dryocosmus kuriphilus*. Foto. A.Torrell



Fotografia 2. Gales en fulla i brot de castanyer produïdes per la vespeta *Dryocosmus kuriphilus*. Foto. J.L. Jara.

El seu principal símptoma és la formació de cecidis o gales, que són unes inflamacions dels teixits vegetals a brots i fulles amb coloracions verd vermelloses (Fotografies 1 i 2). Quan les infestacions són importants la gran quantitat de brots afectats fa que les fulles no es puguin desenvolupar i es redueixi la capacitat fotosintètica dels arbres, comproment així la pròpia producció de fusta. Però els casos més greus comporten una important pèrdua de la producció de fruits de castanya.



Fotografia 3. Adult de *Dryocosmus kuriphilus* fent la posta dins una gemma de castanyer. Foto. J.García.

D. kuriphilus és un himenòpter cinípid univoltí que només fa un sol cycle vital a l'any i que té la particularitat de què únicament presenta femelles, ja que es reproduïx per agàmia indefinida. La seva fenologia s'acobla perfectament amb la del castanyer, de forma que entre els mesos de juny i primers d'agost, els exemplars adults fan la posta d'ous a l'interior de borrons de castanyer (Fotografia 3). Seguidament, les larves de primer estadi hivernen fins a la primavera següent, on la interacció provoca que l'arbre originí les gales a l'interior de les quals la vespeta finalitzarà el seu desenvolupament biològic (Taula 1).

Prevençió i control

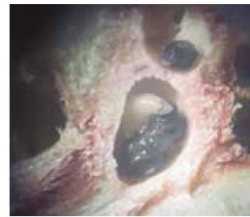
Les actuacions silvícoles preventives han de tenir en compte tant la dispersió de la vespeta i dels seus enemics naturals, com la propagació del xancre. Per això, seguint diversos autors i basant-nos en les nostres experiències de camp, creiem que cal considerar acuradament què fer amb les restes de poda i aclarida, l'època d'execució, la higiene de les eines, l'ús de fitosanitaris i demés aspectes relacionats amb les operacions (Taula 2). Una altra línia en la prevençió, actualment en estudi a l'IRTA, és la recerca i millora de varietats resistents de castanyer per a noves plantacions, particularment

com a peus a empeltar per obtenir varietats locals seleccionades.

Pel que fa al control, a causa de les singularitats biològiques d'aquest organisme i les de la seva interacció amb l'hoste, el control químic amb productes fitosanitaris o l'ús d'atraients per a exemplars adults no resulta adient, excepte en determinades arbredes ornamentals o a planters. Això ens porta efectivament a considerar el control biològic com a sortida més viable, a través de parasitoides que ataquen directament la vespeta.

Parasitoides autòctons

Entre els insectes que poden exercir el control de *D. kuriphilus* existeixen diferents parasitoides, que són organismes que per a completar el seu cycle reproductiu parasiten un únic hoste al qual finalment acaben matant. En el nostre cas, els parasitoides que ataquen les larves i pupes de la vespeta a l'interior de les seves gales els trobem entre els himenòpters calcidoïdeus (Fotografia 4). Aquests són en la seva majoria espècies autòctones que parasiten cinípides de les gales dels roures, que és d'on provenen, i per reclutament esdevenen controladors naturals per a aquesta nova plaga del castanyer (Fotografia 5).



Fotografia 4. Larva de *Torymus flavipes* parasitant una pupa de *Dryocosmus kuriphilus*. Foto. J.Pujade-Villar.

Taula 1. Fenologia de *Dryocosmus kuriphilus* amb *Castanea sativa* a Catalunya

| ARBRE | Borró dorment | | | Brotada fulles | | Floració | | Fructificació | | | Disseminació | |
|----------|---------------|--------|------|----------------|------|----------|--------|---------------|----------|---------|--------------|----------|
| | Gener | Febrer | Març | Abril | Maig | Juny | Juliol | Agost | Setembre | Octubre | Novembre | Desembre |
| VESPETA | | | | | | | | | | | | |
| Ou | ○ | ○ | ○ | | | ● | ● | ● | ● | ● | ○ | ○ |
| Larva 1 | - | - | - | - | | | - | - | - | - | - | - |
| Larva 2 | | | - | - | - | | | | | | | |
| Larva 3 | | | | - | - | - | | | | | | |
| Pre-pupa | | | | | ✕ | ✕ | ✕ | | | | | |
| Pupa | | | | | | ✕ | ✕ | | | | | |
| Adult | | | | | | ✕ | ✕ | ✕ | | | | |

Taula 2. Recomanacions per a esporgues i aclarides a Catalunya. Cs: castanyers, Dk: vespeta del castanyer, Cp: *Cryphonectria parasitica*, Ps: parasitoides autòctons, Ts: *Torymus sinensis*

| | Recomanació | Avantatges |
|-----------------|--------------------------------|---|
| Intensitat | Intensa, esporga | Cs reacciona molt bé a la posada en llum. Eliminació d'un màxim de gales amb larves de Dk. |
| Època | Primavera | Les larves de Dk deixaran de ser viables. Bona capacitat de cicatrització i baix risc de propagació de Cp. No interferència amb activitat dels adults dels Ps |
| Restes | Deixar-les sense cremar | No cal cremar per a que les larves de Dk deixin de ser viables. Permet l'emergència d'adults dels Ps, particularment Ts. |
| Insecticides | Evitar el seu ús indiscriminat | Evita perjudicar als Ps amb els productes fitosanitaris. |
| Profilaxi | Desinfecció de les eines | Evita la propagació de Cp. |
| Brots xucladors | Procurar eliminar-los tots | Treuen vitalitat al Cs i són els preferits a les postes per Dk. |
| Altres espècies | Respectar els roures locals | Les seves gales són la principal font i reservori de Ps contra el Dk. |



Fotografia 5. Adult de *Torymus flavipes*, parasitoide autòcton reclutat per la vespeta del castanyer. Foto. J.L. Jara.



Fotografia 6. Cambres de cria a laboratori. Foto. J.L. Jara.

En el marc del seguiment de la plaga de *D. kuriphilus* a Catalunya, entre els anys 2013 fins al 2017 es van fer unes sèries plurianuals de mostrejos recollint-se unes 5.000 gales cada estiu a diferents zones de distribució del castanyer. Les gales es col·lectaven quan les pupes de vespeta estaven en fase avançada i es posaven després a cambres de cria per fer recompte i identificació dels adults que emergien, tant vespetes com parasitoides (Fotografia 6). Aquesta metodologia ha permès anar constatant un augment progressiu a totes les zones, tant en el grau de parasitisme com en el nombre d'espècies de parasitoides autòctons reclutades per *D. kuriphilus*, identificant-se un total de 28 espècies diferents de parasitoides reclutades per la vespeta a Catalunya, 27 autòctones provinents dels roures i 1 exòtica (Taula 3).

Parasitoide exòtic

Torymus sinensis Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) és un parasitoide originari també de Xina que ataca específicament *D. kuriphilus*. Ha estat emprat amb èxit com a agent de control biològic clàssic al Japó,

productes no fusters | 20

catalunyaforestal
Octubre de 2020

als Estats Units i a Europa, on els primers alliberaments van tenir lloc a Itàlia el 2005. Anys més tard, en aquest país van enregistrar reduccions de les poblacions de vespeta a nivells tolerables d'infestació, inferiors a un 30%, tot animant països veïns com Eslovènia, Croàcia, Hongria i França a prendre també aquesta mateixa iniciativa, així com també han estat fets alliberaments a la península Ibèrica, especialment a Portugal i Galícia.

Tot i aquests alliberaments de *T. sinensis* als països del nostre entorn, a Catalunya no ha estat realitzat cap, pendent de les avaluacions que s'estaven realitzant sobre l'impacte de la plaga. Això no obstant, l'any 2016 va ser ja detectat aquest parasitoide exòtic a les comarques de la Garrotxa (Can Jordà), el Gironès (Sant Miquel de Celrà) i la Selva (Coll de Sant Marçal). Malgrat ser localitats distanciades més de 300 km dels punts d'alliberament a França, el fet de no haver-hi discontinuïtats a la distribució de *C. sativa* infestada de vespeta, juntament amb l'ajuda dels vents dominants, han fet possible la implantació de *T. sinensis* al nostre país per migració d'espècimens des de França.

Taula 3. Parasitoides detectats a gales de *Dryocosmus kuriphilus* a Catalunya

| Famílies (Chalcidoidea) | n | Espècies de parasitoides |
|-------------------------|----|-----------------------------------|
| Eupelmidae | 1 | <i>Eupelmus annulatus</i> |
| | 2 | <i>Eupelmus azureus</i> |
| | 3 | <i>Eupelmus urozonus</i> |
| Eurytomidae | 4 | <i>Eurytoma bruniventris</i> |
| | 5 | <i>Sycophila biguttata</i> |
| | 6 | <i>Sycophila variegata</i> |
| Ormyridae | 7 | <i>Ormyrus nitidulus</i> |
| | 8 | <i>Ormyrus pomaceus</i> |
| Torymidae | 9 | <i>Bootanomya dorsalis</i> |
| | 10 | <i>Bootanomya dumicola</i> |
| | 11 | <i>Torymus auratus</i> |
| | 12 | <i>Torymus erucarum</i> |
| | 13 | <i>Torymus flavipes</i> |
| | 14 | <i>Torymus formosus</i> |
| | 15 | <i>Torymus geranii</i> |
| | 16 | <i>Torymus nobilis</i> |
| | 17 | <i>Torymus notatus</i> |
| | 18 | <i>Torymus sinensis</i> |
| Pteromalidae | 19 | <i>Mesopolobus albitarsus</i> |
| | 20 | <i>Mesopolobus amaenus</i> |
| | 21 | <i>Mesopolobus fasciventris</i> |
| | 22 | <i>Mesopolobus liechtensteini</i> |
| | 23 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> |
| | 24 | <i>Mesopolobus sericeus</i> |
| | 25 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> |
| | 26 | <i>Mesopolobus tibialis</i> |
| | 27 | <i>Cecidostiba fungosa</i> |
| Eulophidae | 28 | <i>Aulogymnus obscuripes</i> |

Evolució de les afectacions de la vespeta a Catalunya

A partir de la seva detecció el 2012 l'expansió inicial va ser molt ràpida i el 2014 ja estaven infestades totes les castanyedes de Catalunya, excepte a Prades on no es va confirmar la seva presència fins el 2016. També la intensitat de les afectacions va augmentar amb molta rapidesa fins l'any 2018. D'acord tant amb les informacions dels prospectors de les xarxes de seguiment fitosanitari forestal (Red nivel I-MAPA i xarxa 8x8-GENCAT) com la facilitada per propietaris i gestors forestals, a partir de 2018 es va establir de manera generalitzada la intensitat de les afectacions i el 2019 va començar una certa davallada que enguany ha estat encara més acusada. A Prades, el 2019 encara hi havia afectacions importants mentre que el 2020 s'ha produït ja una davallada. Les raons d'aquesta davallada es deuen als següents quatre factors:

- **Dinàmica de l'espècie invasora**
Les espècies exòtiques invasores fan uns pics poblacionals creixents els primers anys per fer sobtades caigudes posteriorment, en ocasions molt més acusades que en altres.
- **Condicions meteorològiques**
Algunes de les anomalies climàtiques que s'han produït els darrers anys han pogut originar una mortalitat elevada en la població de vespeta. D'altra banda, determinats episodis meteorològics han estat favorables a la recuperació del vigor del castanyer a moltes zones on es trobava en estrès fisiològic.
- **Progressió de la comunitat de parasitoides autòctons**
S'ha constatat la progressió dels parasitoides autòctons a les gales de vespeta, tant en nombre d'espècies com en percentatge de parasitació, contribuint al control natural de la plaga.
- **Instal·lació de *T. sinensis***
L'establiment l'any 2016 d'aquest parasitoide exòtic influeix decisivament afavorint l'equilibri en les poblacions de *D. kuriphilus*.

Cal destacar que a la resta de la península no s'ha observat aquesta disminució en la intensitat de les afectacions tot i que, en alguns casos, s'estan fent importants esforços en el control biològic amb alliberaments de *T. sinensis* a plantacions productores de castanya. ●

4.5.2. Determinació de les espècies de parasitoides de la vespeta del castanyer a Catalunya (Hym.: Chalcidoidea) i comentaris de la seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipini)

Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J., 2022

Clau de determinació de les espècies parasitoides (Hym.: Chalcidoidea) de la vespeta del castanyer a Catalunya i comentaris de la seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym.: Cynipini). Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural, 86(2): 67-85.

GEA, FLORA ET FAUNA

Clau de determinació d'espècies parasitoides (Hym.: Chalcidoidea) de la vespeta del castanyer a Catalunya i comentaris de la seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym.: Cynipini)

Joan Lluís Jara-Chiquito* & Juli Pujade-Villar*

* Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals. Avda. Diagonal 643. 08028 Barcelona (Catalunya). A/e: juanluisjarachiquito@gmail.com, jpujade@ub.edu

Autor per a la correspondència: Joan Lluís Jara-Chiquito. A/e: juanluisjarachiquito@gmail.com

Rebut: 01.04.2022; Acceptat: 03.06.2022; Publicat: 30.06.2022

Resum

En aquest treball es proporciona una clau de determinació per les 29 espècies de parasitoides (Hym., Chalcidoidea) obtinguts de gales de la vespeta del castanyer, *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae: Cynipini), a Catalunya després del seguiment d'aquesta plaga sobre *Castanea sativa* durant diversos anys (2013-2017). També es comenta la biologia dels parasitoides, la presència/absència d'espècies i la possibilitat de que el nombre de parasitoides sigui més alt en el futur. Finalment, també es fa un exercici crític de la presència i introducció del parasitoida *Torymus sinensis* (Hym., Chalcidoidea, Torymidae) a la península Ibèrica.

Paraules clau: *Dryocosmus kuriphilus*, *Castanea*, parasitoides, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae, Megastigmidae, Ormyridae, Pteromalidae, Torymidae, Catalunya.

Abstract

Key to determine parasitoid species (Hym., Chalcidoidea) of the chestnut wasp in Catalonia and comments on its evolution in the control of *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipini)

In this paper we provide a key to the 29 species of parasitoids obtained from galls of ACGW, *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae: Cynipini), in Catalonia after monitoring this pest on *Castanea sativa* during several years (2013-2017). In addition, we discuss several concepts about the biology of parasitoids, as well as the presence/absence of different species and a possible increase in species diversity in the future. Lastly, we evaluate some aspects of the introduction and spread of the parasitoid *Torymus sinensis* (Hym., Chalcidoidea, Torymidae) in the Iberian Peninsula.

Key words: *Dryocosmus kuriphilus*, *Castanea*, parasitoides, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae, Megastigmidae, Ormyridae, Pteromalidae, Torymidae, Catalonia.

Introducció

Els Cynipini (Hym., Cynipidae), petites vespes caracteritzades per produir gales a les fagàcies, són atacades tant per inquilins (Hym., Cynipidae: Syncerini i Ceroptresini), com per parasitoides (Hym., Chalcidoidea: Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae, Megastigmidae, Pteromalidae, Ormyridae i Torymidae). A la regió del Paleàrtic occidental, els inquilins i els parasitoides han estat catalogats atenent a les espècies de gales que ataquen (Askew *et al.*, 2013).

Dryocosmus kuriphilus (Hym., Cynipidae: Cynipini), és una espècie invasora d'origen asiàtic inductora de gales en *Castanea* spp. que va ser introduïda a Europa via Itàlia l'any 2002 (Brussino *et al.*, 2002), atacant *C. sativa*; ràpidament

es va estendre per tota Europa (Avtzis *et al.*, 2019). A la península Ibèrica, aquesta espècie va ser detectada per primer cop l'any 2012 a Catalunya (Pujade-Villar *et al.*, 2013), trobant-se actualment a qualsevol indret de la península Ibèrica on l'hoste vegetal hi és present (Gil-Tapetado *et al.*, 2018; Nieves-Aldrey *et al.*, 2019; Dorado *et al.*, 2020).

En el marc del seguiment previ d'aquesta espècie plaga a Catalunya, entre els anys 2013 i 2017, es va portar a terme una sèrie de mostrejos amb la finalitat de conèixer la fauna parasitoida d'aquesta nova gala. Gràcies a aquest mostreig, s'ha pogut constatar un augment progressiu tant en el grau de parasitoidisme com en el nombre d'espècies autòctones de parasitoides que emergien de les gales a totes les zones de castanyer estudiades des de la seva troballa a Catalunya l'any

2012 (Jara-Chiquito *et al.*, 2016, 2019), havent-se identificat fins ara un total de 29 espècies diferents de parasitoides que aquí seran diferenciades amb una clau taxonòmica. De totes elles, 28 són autòctones coincidents amb les espècies que ataquen gales dels roures (Jara-Chiquito *et al.*, 2019), i una, *Torymus sinensis*, és exòtica, la qual va arribar des de França de forma involuntària (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018). Al marge dels parasitoides, durant aquest seguiment no s'ha constatat l'emergència de cap espècie de cinípid inquilí d'aquestes gales, malgrat que a Grècia se'n va citar una espècie pertanyent al gènere *Saphonecerus* (Melika *et al.*, 2018), *S. kuriphitusi* Melika & Avtzis, 2018.

Material i mètodes

Les gales de *D. kuriphilus* es col·lectaven quan les pupes de la vespeta estaven en fase avançada de desenvolupament; posteriorment, es posaven dins de cambres de cria per fer recompte i identificació dels adults que emergien.

Les espècies de calcidoideus emergides de les gales de *D. kuriphilus* han estat identificades a partir de les claus realitzades pel darrer autor (Pujade-Villar, 1991a), o publicades en part (Pujade-Villar, J. (1989, 1991b, 1994a, 1994b), tenint en compte les revisions posteriors a 1994 fetes per alguns autors. És el cas dels gèneres *Eupelmus* Dalman, 1820 (Askew &

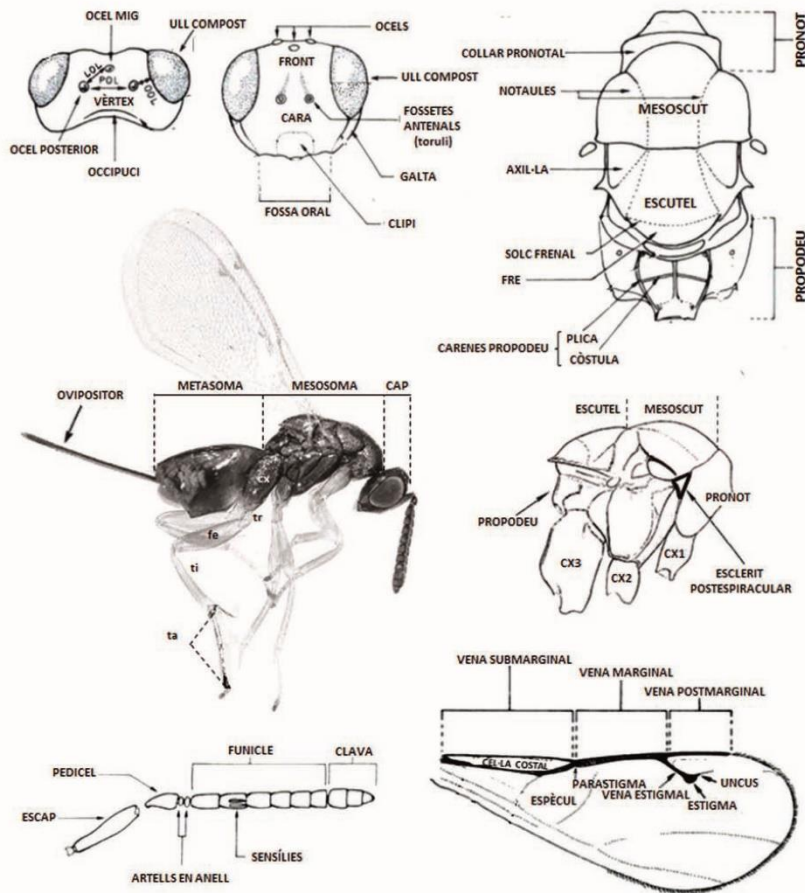


Figura 1. Principals aspectes morfològics anomenats a la clau d'identificació (cx = coxa, tr = trocànter, fe = fèmur, ti = tíbia, ta = tars). Dibuixos modificats a partir de Graham (1969); autor de la fotografia: Gonzalo Jara Giral.

Nieves-Aldrey, 2000; Gibson, 1995; Gibson & Fusu, 2016), *Bootonomyia* Girault 1915 (Doğanlar, 2015), *Ormyrus* Westwood, 1832 (Narendran, 1999; Zerova & Scryogina, 2006), *Torymus* Dalman, 1820 (Graham & Gijswijt, 1998), *Eurytoma* Illiger, 1807 (Zerova, 2010), entre altres.

Donat que no totes les espècies ni tots els gèneres coneguts de les gales de Cynipini a Catalunya han estat detectats a les gales de *D. kuriphilus*, la clau ha estat redactada de manera que permeti discriminar espècies no emergides de la gala del castanyer, però que sí es troben en gales de roures; d'aquesta forma si no concorda amb els caràcters explicats, es tractaria d'una espècie no inclosa en la clau.

Els caràcters morfològics a tenir en compte per poder seguir la clau de famílies i espècies es troben a la figura 1. Abreujacions utilitzades a la clau de determinació són (Fig. 1): POL = distància entre els ocells posteriors, OOL = distància entre l'ocel lateral i l'ocel compost, LOL = distància entre un dels ocells posteriors o laterals i l'ocel mig o frontal, i l'índex o/t = ovipositor/tibia.

Per a algunes de les dades que s'exposaran a la discussió ha estat consultat el coneixement que es té de cada parasitoides (Askew *et al.*, 2013 i Noyes, 2019). A més a més, Noyes (2019) ha estat utilitzat a més per saber el total d'espècies parasitoides emergides de la gala de *D. kuriphilus* a Europa (Apendix 1). També han estat consultats els treballs que aporten noves dades no incloses en els estudis anteriorment mencionats com és el cas de Jennings & Askew (2020), per exemple, que citen per primer cop una espècie d'Eupelmidae (Chalcidoidea), amb femelles braquípteres (*Eupelmus vesicularis* (Retzius, 1783)) a partir de gales de *D. kuriphilus*.

Resultats

A continuació, es presenta la clau per identificar les 29 espècies de parasitoides obtingudes de gales de *Dryocosmus kuriphilus* a Catalunya.

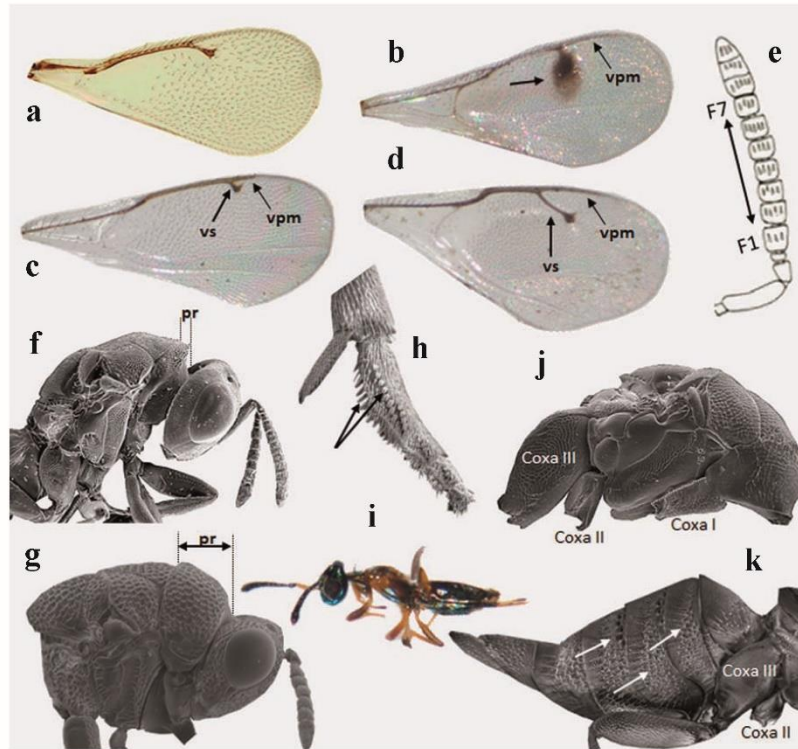


Figura 2. Caràcters morfològics utilitzats per reconèixer les famílies de Chalcidoidea associades a gales de Cynipini. (a-d) primer parell d'ales (autor A. Ribes†), (e) antena, (f) cap i mesosoma en visió lateral d'un Pteromalidae, (g) cap i mesosoma en visió lateral d'un Eurytomidae, (h) tarsòmers del segon parell de potes d'una femella d'un Eupelmidae indicant les estructures denticulars, (i) hàbitus en visió lateral d'un Eupelmidae braquípter (autor A. Ribes†), (j) mesosoma d'un Torymidae, (k) mesosoma de la femella d'un Ormyridae. F1-F7: artells del funicle 1 a 7, pr: pronot, vs: vena estigmal, vpm: vena postmarginal.

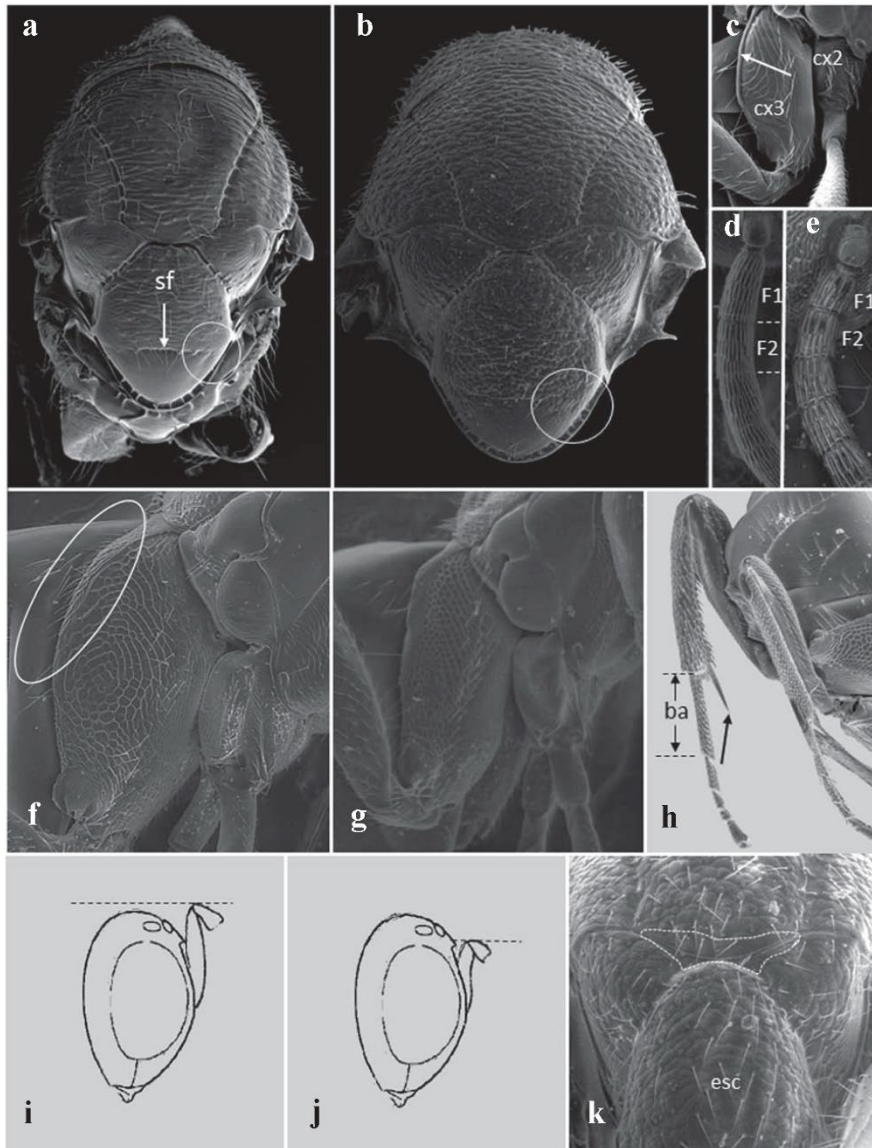


Figura 3. Torymidae: (a) Mesosoma en visió dorsal de *Torymus sinensis* (sf = solc frenal), (b) mesosoma en visió dorsal de *T. notatus*, (c) segon i tercer parell de coxes assenyalant la carena dorsal del tercer parell de coxes, (d) primers segments del funicle del mascle de *T. sinensis*, (e) primers segments del funicle del mascle de *T. notatus*, (f) tercer parell de coxes de *T. auratus* assenyalant la pilositat dorso-lateral, (g) tercer parell de coxes de *T. erucarum*, (h) tercer parell de potes de *T. flavipes* assenyalant el llarg esperó (ba = basitars), (i-j) llargària de l'escap, (k) part basal de mesoscut i part proximal de l'escutel (esc) indicant l'àrea llisa en el mascle de *T. geranii*.

- 1 Tarses amb quatre artells. Vena postmarginal a vegades absent (Fig. 2a).....Eulophidae
[Cap amb coloració de grogós a ataronjat al voltant de la boca; mesosoma negrós amb una forta iridescència metàl·lica; ala davantera amb l'espècul tancat inferiorment per una línia de setes fins a la vena submarginal, estigma llarg i estret amb el marge posterior formant un angle obtús d'almenys 150° amb la vena estigmal, i vena postmarginal 1,5x més llarga que la vena estigmal; antena de la femella amb el seu primer segment funicular pràcticament tan llarg com el pedicel; tibies fortament enfosquides; notaules complets, rectes; mesoscut i escutel de color verd violaci i fosc]..... *Autogynmus obscuriceps* (Mayr)
- Tarses amb cinc artells. Vena postmarginal sempre present (Figs. 2b-d).....2
- 2 Antena amb set segments en el funicle (Fig. 2e).....3
- Antena amb un funicle de tres a sis segments.....5
- 3 Coxes posteriors petites, poc més grans que el segon parell de coxes. Basitars del segon parell de potes de les femelles amb dues rengleres d'espines negres ventrals (Fig. 2h). Vena estigmal tan llarga com la postmarginal. Estigma sempre petit i sense grans enfosquiments al seu voltant. Ovipositor bi-acolorit, rarament d'un sol color. A vegades femelles braquipteres (Fig. 2i).....Eupelmidae-7
- Coxes posteriors gruixudes (dues vegades més llargues que amples), molt més grans que les segones coxes (Fig. 2j) i vena estigmal més curta que la vena postmarginal; en el cas de que les coxes posteriors siguin diferents, l'estigma del primer parell d'ales està fortament engruixit i envoltat d'una taca o enfosquiment molt aparent (Fig. 2b). Basitars del segon parell de potes de les femelles sense espines negres. Ovipositor llarg i sempre d'un sol color. Sempre alats.....4
- 4 Ala davantera amb l'estigma arrodonit, gros, engrandit, més al que ample i com a mínim més al que l'amplada de la cella costal (Fig. 2b); vena postmarginal com a mínim tan llarga com la vena marginal (Fig. 2b). Cap i metasoma verd metàl·lic amb àrees de color groc d'extensió variable..... Megastigmidae-9
- Ala davantera amb l'estigma petit i no engrandit (Fig. 2c); vena post-marginal mol més curta que la vena marginal (Fig. 2c). Cap i mesosoma sense àrees grogues.....Torymidac-10
- 5 Coxes posteriors molt llargues, unes 4,0x la longitud de les coxes del segon parell de potes (Fig. 2k). Metasoma amb una escultura grollera formada per una retícula de fosses i crestes (Fig. 2k); el mascle amb carenes laterals, la femella amb una carena dorsal mitjana. Vena estigmal molt curta.....Ormyridac-17
- Coxes posteriors no tan llargues (com a molt 2,0x la longitud de les coxes del segon parell de potes). Metasoma majoritàriament llis o com a molt amb una reticulació fina i dèbil en els dos sexes. Vena estigmal llarga (Fig. 2d) o ales amb una taca fosca molt marcada (Figs. 4a-c).....6
- 6 Pronot ample, gairebé rectangular (Fig. 2g). Coloració totalment negra o parcialment groga, mai metàl·lica. Mesosoma amb fortes puntuacions pilíferes umbilicades (Fig. 2g). Metasoma de les femelles amb una forma ovada molt característica en visió lateral (Figs. 4b, d).....Eurytomidae-18
- Pronot curt i transversal (Fig. 2f). Coloració verda metàl·lica o bronze. Escultura del mesosoma sense punts pilíferes umbilicats. Metasoma de les femelles diferent.....Pteromalidae-21
- 7 Femelles: Vena postmarginal més curta que l'estigmal; cos verd, amb tons bronze, rarament amb reflexes blaus; beines de l'ovopositor menors de 3/4 la longitud de la tibia posterior i menor que la meitat de la longitud del metasoma, amb una banda groga al mig delimitada distalment per una franja de color negre. Mascles: amb l'uncus estigmal allargat fins arribar a més de la meitat de la distància cap a la vena postmarginal; cos verd blavós fosc; antena amb els artells del funicle quadrats, una mica més amples que llargs, funicle no eixamplat de la base a l'apex.....*Eupelmus urozonus* Dalman
- Femelles: vena post marginal una mica més llarga que la vena estigmal; cos blau-verd, amb tons violeta i mai amb tons bronze; beines de l'ovopositor normalment tan llargues com la tibia posterior i sempre més grans que 0,85x la tibia i més gran que la meitat de la longitud del metasoma, amb la banda groga del mig amb delimitació distal sense contrast, mai negra. Mascles: amb l'uncus estigmal curt arribant a menys de la meitat de la distància cap a la vena post marginal; cos del mascle blavós fosc amb tons violeta; antena amb els artells distals del funicle transversos, funicle eixamplat de la base a l'apex.....8
- 8 Front reticulat o rugós reticulat, de coloració verd blavosa i mat. Femelles amb el fèmur del segon parell de potes de coloració clara contrastant amb la coloració dels fèmurs de les altres potes. Mascles amb la tibia del segon parell de potes amb una zona pàl·lida més o menys extensa.....*Eupelmus annulatus* Nees
- Front llis, de coloració violeta iridescent i brillant. Femelles amb el fèmur del segon parell de potes fosc semblant als fèmurs de les altres potes. Mascles amb la tibia del segon parell de potes completament fosca.....*Eupelmus azureus* Ratzeburg
- 9 Cos majoritàriament marró vermellós; pronot pàl·lid, amb coloració metàl·lica verd fosc a violeta restringida a la meitat anterior del mesonot, base de l'escutel i la meitat posterior del propodeu. Metasoma clarament peciolat, peciol lleugerament més llarg que ample. Escutel amb el fre visible, part posterior llisa. Ovipositor d'una longitud semblant al metasoma.....*Bootonomyia dumicola* Bouček
- Cos de coloració variable, des d'extensament verd metàl·lica a gairebé completament groga. Metasoma no peciolat, peciol transvers i inconspicue. Escutel fortament esculturat en tota la seva superfície, solc frenal poc diferenciat amb una feble sutura. Ovipositor 1,4x més llarg que el metasoma.....*Bootonomyia dorsalis* (Fabricius)

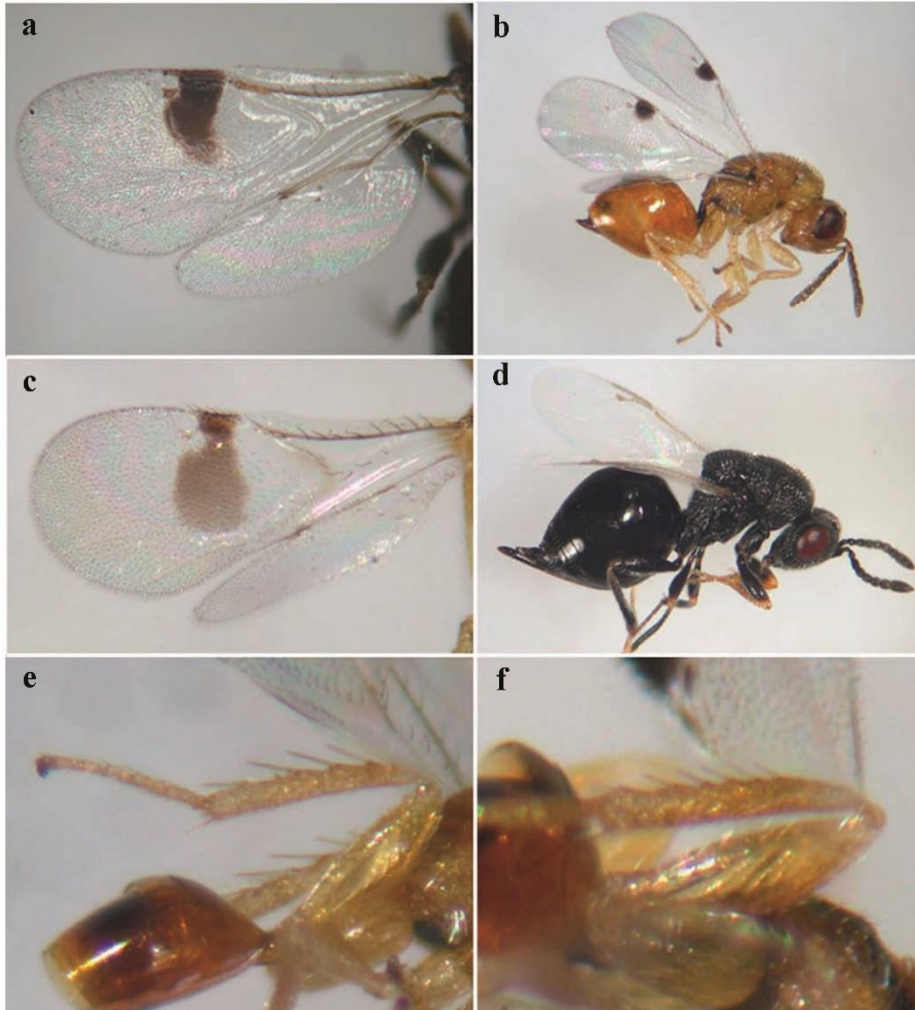


Figura 4. Eurytomidae: (a) Ales de *Sycophila biguttata*, (b) hàbitus *S. variegata*, (c) ales de *S. flavicollis*, (d) hàbitus d'una femella d'*Eurytoma* sp. (e) esperons de la tibia del tercer parell de potes de *S. flavicollis*, (f) esperons de la tibia del tercer parell de potes de *S. variegata*. Autor A. Ribes?

10 Escutel amb un solc frenal transversal (Figs. 3a-b), que separa una zona anterior esculpurada d'una altra inferior esculpurada o no. Coxa posterior carinada dorsalment (Fig. 3c).....11
 Escutel sense solc frenal, uniformement esculpurat en tota la seva superfície, o amb un solc frenal inconspicue que no separa dues zones amb diferent esculpura. Coxa posterior no carinada dorsalment (Figs. 3f-g).....12

11 Escutel amb una àrea frenal parcialment llisa, alutaci a prop del solc frenal (Fig. 3b). Carenes propodeals irregularment estriades. Mesoscut fortament coriaci (Fig. 3b). Ala amb l'estigma sovint vorejat per un dèbil enfosquiment (Figs. 6a-b). Antena de les femelles amb l'escap de coloració verd metàllica i brillant; segments funiculars amb dues fileres de sensílics en tots els segments del funicle. Antena del mascle amb els artells del funicle subqua-

- drats o un xic més llarg que amples i amb dues fileres de sensílies a vegades difícils de veure (Fig. 3e).....
*Torymus notatus* (Kalker)
- Escutel amb l'àrea frenal completament llisa (Fig. 3a). Carenes propodeals regularment configurades. Mesoscut amb elements lineals transversos (Fig. 3a). Estigma alar mai enfosquit (Figs. 6c-d). Antena de la femella amb l'escap de color groguenc-marró, mate; segments funiculars només amb una filera de sensílies. Antena del mascle amb els artells del funicle clarament més llargs que amples, i el primer segment funicular compta amb quatre denses fileres de sensílies mentre que els segments següents només presenten tres fileres (Fig. 3d).....
*Torymus sinensis* Kamijo
- 12 Tibia posterior amb l'esperó intern robust i més llarg que mig basitars i que l'amplada de la tibia (Fig. 3h). Marge dorsal de la coxa posterior glabra a la seva meitat basal. Cos verd bronze. Femella amb el metasoma sense taques pàl·lides.....
*Torymus flavipes* (Walker)
 [Les femelles presenten dimorfisme estacional: la generació estival té les potes i coxes anteriors grogues i l'ovipositor llarg (més de tres vegades la longitud de la darrera tibia); la generació hivernal presenta els fèmurs i tibies enfosquits i l'ovipositor més curt (índex o/t < 3)]
- Tibia posterior amb l'esperó intern més curt que mig basitars i que l'amplada de la tibia. Sense la resta de caràcters esmentats.....13
- 13 Marge dorsal de la coxa posterior glabre en la seva meitat basal, tot prescindint de qualsevol d'aquelles setes llargues i esparses que sobresurten del marge dorsal des de la cara interna de la coxa (Fig. 3g). Cap i tòrax a vegades extensament de color coure, porpra o violeta.....14
- Marge dorsal de la coxa posterior poblat de moltes setes curtes a la seva meitat basal (Fig. 3f), a vegades esparses en espècimens petits. Cap i tòrax principalment verds.....16
- 14 Escap antenal curt en els dos sexes, vist el cap lateralment arribant com a molt al nivell dels ocells (Fig. 3j). Metasoma de coloració metàl·lica. Mesoscut i escutel amb punts pilífers als mascles.....*Torymus formosus* (Walker)
- Escap antenal més llarg en els dos sexes, arribant com a mínim al nivell del vèrtex (Fig. 3i). Metasoma amb una àmplia banda basal pàl·lida groc-rogenca, a vegades reduïda als mascles. Mascles sense puntuació pilífera al mesoscut i escutel.....15
- 15 Ovipositor més curt que la resta del cos, però més llarg que el metasoma. Coloració de la femella blava a violeta; al mascle majoritàriament verd-blava, però amb una coloració porpra especialment a escutel i propodeu. Tibia posterior del mascle enfosquida medialment. Metasoma en els dos sexes amb una banda pàl·lida basal ben marcada.....*Torymus nobilis* Boheman
- Ovipositor molt més llarg que la resta del cos. Mesosoma verd amb iridiscència bronze, coure o rogenca. Tibia posterior del mascle no enfosquida medialment. Metasoma en el mascle amb la banda pàl·lida basal reduïda a no-més unes taques laterals, ben desenvolupada a les femelles.....*Torymus erucarum* (Shrank)
- 16 Antena amb el primer segment funicular més curt que el pedicel en els dos sexes. Metasoma de la femella amb una estreta àrea basal pàl·lida de color groc vermellós; ovipositor mai més llarg que la resta del cos. Mascles amb la part posterior del mesoscut llisa (Fig. 3k); fèmurs del primer i segon parell de potes enfosquits com a mínim en la seva meitat basal.....*Torymus geranii* (Walker)
- Antena amb el primer segment funicular al menys tan llarg com el pedicel en els dos sexes. Metasoma de la femella sense cap àrea basal pàl·lida; ovipositor sempre més llarg que la resta del cos. Mascles amb el mesoscut completament esculturat; fèmurs del primer i segon parell de potes gairebé completament de color groc.....
*Torymus auratus* (Müller)
- 17 Coloració verd-blavosa amb tons bronze. Distància LOL igual a la distància OOL (Fig. 5b). Metasoma de la femella amb l'última tergita 1,5-2,0x més llarga que la seva amplada basal (Fig. 5d); mida del metasoma més l'ovipositor sempre més llarga que el doble de la longitud del mesosoma. Cos gran, longitud usualment 4,8 mm.....
*Ormyrus nitidulus* (Fabricius)
- Coloració verd metàl·lica amb reflexes coures. Distància LOL més gran que OOL (Fig. 5a). Metasoma de la femella amb l'última tergita tan llarga com la seva amplada basal o menor (Fig. 5c); mida del metasoma més l'ovipositor com a molt tan llarg com el doble del mesosoma. Cos de menor grandària (normalment, 1,5-4,3 mm les femelles i 1-3 mm els mascles).....
*Ormyrus pomaceus* (Geoffroy in Foucroy)
- 18 Ala davantera clara, sense cap taca fosca adjunta a la vena marginal (Fig. 4d). Cos completament negre. Mascles amb els artells del funicle peciolats (Fig. 5f) i provints de llargues setes. Femelles amb antenes filiformes (Fig. 5e).....
*Eurytoma*
 [Tibia posterior sense espines llargues.....
*E. brunniventris* Ratzeburg]
- Ala davantera amb una taca fosca a sota de la vena marginal (Figs. 4a-c). Cos amb alguns marcs pàl·lids i altres vegades totalment pàl·lid. Antenes filiformes en els dos sexes.....19
- 19 Cos majoritàriament de color groc. Ales anteriors amb una franja fosca piriforme àmplia, d'apex arrodonit (Fig. 4c). Tibia posterior amb espines gruixudes i llargues, més llargues que l'amplada de la tibia (Fig. 4c).....
*Sycophila flavicollis* (Walker)
- Cos de coloració variable entre groc i negre. Ales amb taca alar d'aspecte diferent (Figs. 4a-b). Tibia posterior amb espines més curtes que l'amplada de la tibia (Fig. 4f).....20
- 20 Cos majoritàriament de color negre, amb zones grogues variables. Vena marginal unes tres vegades més llarga

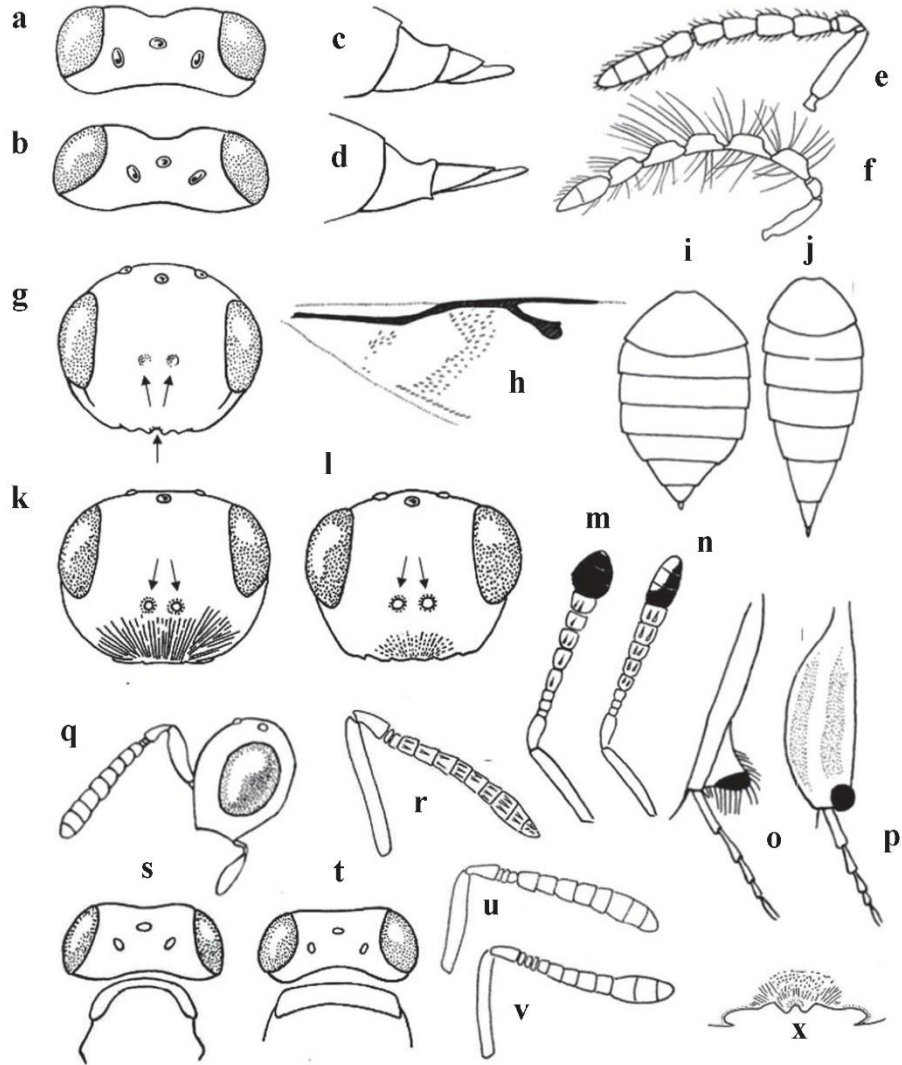


Figura 5. (a) Cap en visió dorsal d'*Ormyrus pomaceus*, (b) cap en visió dorsal d'*O. nitidulus*, (c) darrers segments del metasoma d'*O. pomaceus*, (d) darrers segments del metasoma d'*O. nitidulus*, (e) antena de la femella d'*Eurytoma bruniventrís*, (f) antena del mascle d'*E. bruniventrís*, (g) cap en visió frontal de *Cecidostiba fungosa*, (h) ala de *C. fungosa*, (i-j) dos models de metasomes de femelles de *Mesopolobus* en visió dorsal, (k-l) dos models de caps en visió frontal de *Mesopolobus*, (m) antena del mascle de *M. mediterraneus*, (n) antena del mascle de *M. lichtensteini*, (o) primera tibia de *M. fasciventris*, (p) primera tibia de *M. tibialis*, (q) cap del mascle en visió lateral de *M. sericeus* amb el palpòmer o darrer segment del palp, (r) antena de la femella de *M. tibialis*, (s) cap i pronot en visió dorsal de *M. mediterraneus*, (t) cap i pronot en visió dorsal de *M. amaenus*, (u) antena de la femella de *M. amaenus* omertent les sensílies, (v) antena de la femella de *M. lichtensteini* omertent les sensílies, (x) fosa oral bidentada de *M. sericeus*.

- que la seva amplada apical; a sota d'aquesta una única taca fosca en forma de mitja lluna que s'estén més enllà de la meitat de l'ala (Fig. 4a). Mesosoma i metasoma negres amb marques groguenques usualment restringides als angles anteriors del pronot i a sota de la base de l'ala davantera.....*Sycophila biguttata* (Swederus)
- Cos de coloració variable, des de majoritàriament groc a majoritàriament negre. Vena marginal menys de tres vegades la seva amplada apical; a sota d'aquesta una petita taca fosca que no sobrepassa la meitat de l'ala (Fig. 4b). Mesosoma i metasoma grocs a vegades amb alguna àrea negra (Fig. 4b).....*Sycophila variegata* (Swederus)
- 21 Antenes inserides clarament per sobre del nivell del marge inferior dels ulls compostos en visió frontal (Fig. 5g). Mascles sense cap mena de modificació a les tibies mitjanes.....*Cecidostiba* [Ales anteriors hialines (Fig. 5h), clipi emarginat amb una destacada osca medial (Fig. 5g); collar pronotal amb carena posterior aguda; propodeu amb una carena central marcada; mesosoma verdós amb reflexes blaus o daurats; tibia posterior totalment groga.....*C. fungosa* Geoffroy in Fourcroy]
- Antenes inserides al mateix nivell o un xic per sota del marge inferior dels ulls compostos (Figs. 5k-l). Tibies mitjanes dels mascles sovint amb modificacions conspicues (Fig. 5o-p).....22
- 22 Vena marginal curta, d'una grandària semblant a la de la vena estigmal o un xic més llarga, però més curta que la vena postmarginal. Cap i metasoma verd-blau a violeta. Clipi amb una escultura estriada que s'estén fins arribar a la galta (Fig. 5k). Propodeu amb carenes laterals incompletes, que són visibles només a la part posterior i àrea medial amb una escultura reticulada regular. Mascle amb el metasoma sense bandes sub-basals transversals i amb tots els fèmurs fortament enfosquits a la seva part medial.....23
- Vena marginal més llarga. Rarament tan curta com en el cas anterior, però aleshores l'escultura de la cara i de les galtes és diferent. Clipi dèbilment reticulat, a vegades estriat (fig. 5l). Cap i metasoma verds amb reflexes blaus o bronzes. Propodeu amb carenes laterals completes i àrea medial majoritàriament llisa o amb una feble escultura estriada o reticulada. Mascle amb el metasoma de vegades amb bandes sub-basals transversals groguenques i amb els fèmurs pàl·lids, o bé amb el fèmur posterior dèbilment enfosquit.....24
- 23 Cap en visió frontal de contorn quasi circular amb les galtes prominents, dilatades (Fig. 5k); en visió dorsal 2,0x més ample que llarg. Clipi amb el marge gairebé recte. Metasoma a les femelles un xic més llarg que el mesosoma i com a molt 1,5x tan llarg com ample.....*Mesopolobus tarsatus* (Nees)
- Cap en visió frontal de contorn trapezoïdal amb les galtes dèbilment corbades (Fig. 5l), en visió dorsal més del doble més ample que llarg. Clipi amb el marge lleugerament sinuós. Metasoma a les femelles tan llarg com el cap i mesosoma junts i gairebé el doble més llarg que ample.....*Mesopolobus albitarsus* (Walker)
- 24 Femelles: amb les potes predominantment grogues; metasoma llarg i ovalat, lleugerament més del doble més llarg que ample (Fig. 5j). Mascles: amb el penúltim pal·lòmer maxil·lar conspicuament modificat en forma d'espàtula i de color groc (Fig. 5q).....25
- Femelles: amb els fèmurs i tibies de les potes amb diferents graus d'enfosquiment; metasoma menys del doble més llarg que ample (Fig. 5i). Mascles: amb l'últim pal·lòmer maxil·lar sense cap modificació.....26
- 25 Clipi fortament emarginat mostrant una profunda incisió medial, bidentat (Fig. 5x). Venació de les ales uniformement verd pàl·lid. Mascle amb la tibia mitjana sense modificacions.....*Mesopolobus sericeus* (Förster)
- Clipi feblement emarginat mostrant només una suau ondulació superficial. Venació amb el parastigma i vena estigmal fosques. Mascle amb la tibia mitjana modificada a prop de l'apex per una prolongació triangular proveïda d'una taca negra i vorejada per un serrell de setes negres (Fig. 5o).....*Mesopolobus fasciventris* Westwood
- 26 Femelles: antena amb dos segments en anell i sis segments funiculars; tercer artell amb sensilies, igual o un xic més curt que el quart (Fig. 5r). Mascle: amb la tibia mitjana conspicuament aplanada i ampla, amb una callositat circular negra a l'apex del marge extern, tibia anterior també una mica expandida i aplanada (Fig. 5p); antena amb el funicle groc i amb els últims artells tenyits de negre, amb la clava negra i més llarga que ampla.....*Mesopolobus tibialis* (Westwood)
- Femelles: antenes amb tres artells en anell i 5 segments funiculars. Mascle: sense modificacions tibials; antena amb el funicle groc i la clava negra i curta, a vegades gairebé rodona. Esclerita postspiracular llisa en els dos sexes.....27
- 27 Collar pronotal estret en visió dorsal, clarament menor que la distància OOL (Fig. 5s), i com una setena part de la longitud del mesoscut. Clipi amb el marge anterior poc emarginat medialment. Mesosoma de coloració bronze o coure; potes pàl·lides. Antena del mascle amb tres artells en anell (a vegades el tercer quadrat, però sempre molt més petit que el següent artell del funicle), i amb la clava curta bastant arrodonida i completament negra (Fig. 5m).....*Mesopolobus mediterraneus* (Mayr)
- Collar pronotal ample, subigual o més gran que la distància OOL (Fig. 5t). Clipi amb el marge anterior fortament emarginat medialment, bidentat. Mesosoma principalment verdós; potes groguenques o molt feblement enfosquides.....28
- 28 Femelles: antenes amb tres artells en anell on el tercer no és anel·liforme i és notablement més llarg que els anteriors (Fig. 5u); cos robust, com a mínim de més de 2 mm de longitud. Mascles: amb el sisè artell del funicle lleugerament enfosquit i amb la clava negra amb l'apex

- pàl·lid; metasoma amb la coloració pàl·lida sub-basal sovint reduïda a una taca; fèmur del primer parell de potes amb una petita marca fosca. Clipi amb el marge anterior profundament emarginat medialment, bidentat, en els dos sexes (semblant a la Fig. 5x).....*Mesopolobus amaenus* (Walker)
- Femelles: antenes amb tres artells en anell transversals on el tercer no és més llarg que el segon (Fig. 5v); cos més estilitzat, de 2 mm de longitud com a molt. Mascles: amb tots els artells del fúncle uniformement grocs i amb la clava descolorida, negre només per l'exterior (Fig. 5n); metasoma amb una ampla banda pàl·lida sub-basal transversal; fèmur del primer parell de potes completament groc. Clipi amb el marge anterior feblement emarginat medialment en els dos sexes.....*Mesopolobus lichtensteini* (Mayr)

Discussió

Des que *D. kuriphilus* va ser introduïda a Europa, de seguida es va veure que diverses espècies autòctones de parasitoides atacaven les seves gales. Des d'aleshores s'han publicat diversos estudis on es citen espècies de Chalcidoidea autòctones emergides de les gales de la vespeta del castanyer. Així, destaquem els treballs realitzats a Croàcia (Matošević & Mchika, 2013), Eslovènia (Kos *et al.*, 2015), Espanya (Dorado *et al.*, 2020; Gil-Tapetado *et al.*, 2021; Jara-Chiquito *et al.*, 2016, 2019; Pérez-Otero *et al.*, 2017), França (Jennings & Askew, 2020; Muri *et al.*, 2021), Gran Bretanya (Jennings & Askew, 2020), Hongria (Szabo *et al.*, 2014), Itàlia (Aebi *et al.*, 2007; Francati *et al.*, 2015; Panzavolta *et al.*, 2013, 2018; Quacchia *et al.*, 2013), Portugal (Soares Cardoso, 2020), entre d'altres.

A Espanya, el nombre actual d'espècies de parasitoides de gales de Cynipidae en fagàcies és de 78 (Taula 1). A Catalunya han estat citades un total de 62 espècies, de les quals el 45 % (29) han emergit de gales de *D. kuriphilus* (Taula 1 i Apèndix 1). Per explicar aquests resultats, cal tenir en compte la biologia d'aquestes espècies parasitoides i la seva distribució al nord-est ibèric.

De la família Eurytomidae han emergit un total de 4 espècies, 1 del gènere *Eurytoma* i 3 de *Sycophila* Walker, 1871. *Eurytoma brunniventris* Ratzeburg, 1852 és una espècie polífaga exclusiva de gales de Cynipini, present en roures de diferents seccions, capaç d'atacar-ne tant el cinípid inductor com els seus inquilins i parasitoides. D'altra banda, *E. brunniventris* és una espècie polimòrfica (Pujade-Villar 1991a), de manera que podria tractar-se d'un complex d'espècies (Ács *et al.*, 2002). De fet, *E. adleriae* Zerova, 1995 va ser descrita a partir d'unes mostres prèviament identificades com *E. brunniventris*; en conseqüència, com tampoc hem detectat l'espècie *E. adleriae* probablement estarà poc registrada i *E. brunniventris* sobre-enregistrada (Askew *et al.*, 2013). No hem detectat *E. setigera* Mayr, 1878, malgrat es menciona en el llistat de Noyes (2019), fet que segurament es degui a que no és una espècie gaire habitual a Catalunya com tampoc *E.*

adleriae Zerova, 1995, citada a Espanya però de la qual se'n desconeix la localitat. (Askew *et al.*, 2013). De les 5 espècies de *Sycophila* conegudes a Espanya, 4 d'elles (totes excepte *S. iracemae* Nieves-Aldrey, 1983), estan presents a Catalunya. D'aquestes, tres han estat detectades en gales de *D. kuriphilus*: *S. biguttata* (Swederus, 1795), *S. flavicollis* (Walker, 1934) i *S. variegata* (Curtis, 1831). En la nostra àrea d'estudi, *S. biguttata* i *S. variegata* estan associades principalment a gales de roures, mentre que *S. flavicollis* i *S. binotata* (Fonscolombe, 1832) tenen una clara preferència per gales del gènere *Plagiotrochus* Mayr, 1882 sobre *Q. coccifera* L. Mentre que *S. flavicollis* apareix de forma ocasional en gales de *D. kuriphilus* a Catalunya (2 exemplars) només de Prades, *S. binotata* no ha estat detectada encara. La peculiar biologia d'aquestes dues espècies pel que fa a referència a l'hoste vegetal podria ser un impediment per colonitzar gales del castanyer. Ni *Sycophila flavicollis* ni *S. binotata* estan incloses en el llistat de Noyes (2019) en gales de *D. kuriphilus*.

Megastigmidae era fins Janšta *et al.* (2018) considerada com una subfamília de Torymidae i, a *Bootanomyia* Girault, 1915, es van ubicar (Doğanlar, 2009) les espècies tradicionalment incloses a *Megastigmus* Dalman, 1820, que s'obtenien de gales de Cynipidae col·lectades sobre *Quercus* L. i *Rosa* L. A Catalunya es coneixen 3 espècies de *Bootanomyia* que emergeixen de gales dels roures: *B. dorsalis* (Fabricius, 1798), parasitoid primari amb ovipositor curt que ataca gales relativament petites inclosa *D. kuriphilus*; *B. stigmatizans* (Fabricius, 1798) absent en *D. kuriphilus*, segurament perquè la seva biologia està lligada a gales grans i lignificades la qual cosa implica un ovipositor molt llarg; i *B. dumicola* Bouček, 1982 associada exclusivament a gales de *P. gallaeramulorum* (Boyer de Fonscolombe, 1832) (= *kiefferianus* Tavaras, 1901), a *Q. coccifera*. L'únic exemplar obtingut de *B. dumicola* l'hem de considerar com accidental; no podem explicar la seva presència a *D. kuriphilus*, a no ser que la gala es trobés parcialment soterrada com succeeix a *P. gallaeramulorum*. Malgrat s'ha buscat intensament en el lloc de col·lecta aquest parasitoid, mai més ha estat obtingut a partir de gales de *D. kuriphilus*, per la qual cosa pensem que ha de ser una ubicació fortuïta. Per la seva banda, cal dir que *B. dorsalis* és una espècie relativament polimòrfica (Pujade-Villar 1991a), de manera que podria tractar-se d'un complex d'espècies (Nicholls *et al.* 2010).

Dels dos gèneres de Torymidae presents a gales dels roures a Espanya (*Adontomerus* Nikol'skaya, 1955 i *Torymus* Dalman, 1820), només espècies del darrer gènere han emergit de gales de la vespeta del castanyer. L'única espècie d'*Adontomerus* obtinguda de gales de cinípids (*A. crassipes* (Bouček, 1982)), va ser citada a partir de material col·lectat pel darrer autor (JP-V) a Askew & Nieves-Aldrey (1988); aquesta espècie no ha estat citada mai a partir de gales de *D. kuriphilus*. De les 12 espècies conegudes de *Torymus* de gales de Cynipini a Espanya, 10 d'elles estan citades a Catalunya i 8 han aparegut de gales de *D. kuriphilus*, de les quals *T. sinensis* va ser introduïda des de França possiblement abans del 2016 (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018). Tres espècies destaquen per sobre de totes les altres per la

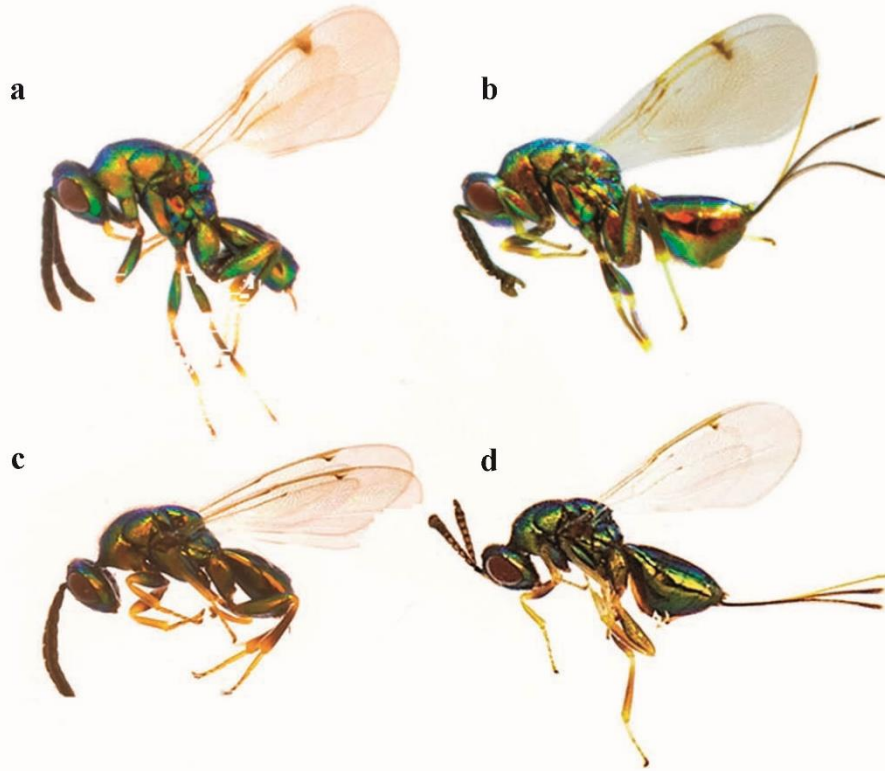


Figura 6. Hàbitus en visió lateral: (a) del mascle de *Torymus notatus*, (b) de la femella de *T. notatus*, (c) del mascle de *Torymus sinensis*, (d) de la femella de *T. sinensis*. Autor de les fotografies: Gonzalo Jara Giral.

seva abundància en gales del castanyer: *T. auratus* (Müller, 1764), *T. flavipes* (Walker, 1833) i *T. notatus* (Walker, 1833). *Torymus auratus* és una espècie polífaga restringida a gales de Cynipini capaç d'atacar tant el cinípid inductor com els inquilins, així com també dues espècies de parasitoides: *S. biguttata* i *E. bruniventris*, ambdues força presents en gales de *D. kuriphilus*. *Torymus notatus*, és una espècie morfològicament molt similar a *T. sinensis* (Fig. 6), caracteritzada per atacar algunes espècies de Cynipini i també *T. auratus*, això explicaria la seva gran abundància en aquest tipus de gales. *Torymus flavipes* és una espècie associada a gales de Cecidomyiidae i Tephritidae (Diptera) i a les tribus Cynipini i Diplolepidini (Cynipidae), atacant en aquest darrer cas tant larves dels inductors com també diverses espècies d'inquilins i parasitoides (entre elles *E. bruniventris*, *Mesopolobus tibialis* i *T. notatus*), fet que explicaria la seva abundància en les gales de *D. kuriphilus*. *Torymus geranii* (Walker, 1833) i

T. nobilis Boheman, 1834, són parasitoides primaris d'algunes espècies de Cynipini i Diplolepidini, per la qual cosa es comportarà segurament de la mateixa manera en les gales de *D. kuriphilus*. *Torymus formosus* (Walker, 1833), ataca gales subterrànies o semi-enterrades, per tant el que s'ha esmentat anteriorment per *B. dumicola* també ha de ser aplicat aquí. Finalment, la darrera espècie de Torymidae obtinguda és *T. erucarum* (Schrank, 1781), la qual és ocasional en aquest tipus de gales, trobant-se en les espècies autòctones fonamentalment en gales enterrades, encara que també s'han citat en algunes espècies de gales aèries. Les dues espècies que no han emergit de gales de *D. kuriphilus* malgrat estar citades a Catalunya són: *T. affinis* (Fonscolombe, 1832), amb l'ovipositor molt llarg i biològicament associada gairebé de forma exclusiva a la forma sexual de *B. pallida* (Olivier, 1791), i *T. cyaneus* Walker, 1847, lligada gairebé de forma exclusiva a gales asexuals del gènere *Cynips* Linnaeus, 1758. Aquestes

Resultats

Taula 1. Nombre d'espècies parasitoides de Chalcidoidea en gales de roures (Cynipini) i en gales de *D. kuriphilus* a Europa, Espanya i Catalunya. Els números entre parèntesi indiquen espècies emergides, però presumiblement mal ubicades o erròniament identificades, ja que ataquen gales de cinípids associades a plantes herbàcies: *Eurytoma rosae* Nees, 1834, i *Sycophila concinna* Boheman, 1836 (Eurytomidae); *Ormyrus rufimanus* Mayr, 1904 (Ormyridae); *Torymus ramicola* Ruschka, 1921 (Torymidae).

| FAMÍLLA: Subfamília | Gèneres | Nº d'espècies en les gales de Cynipini a: | | | Nº d'espècies parasitoides en gales de <i>D. kuriphilus</i> a: | |
|----------------------------|------------------------|---|---------|-----------|--|--------|
| | | Europa | Espanya | Catalunya | Catalunya | Europa |
| EURYTOMIDAE | <i>Eurytoma</i> | 6 | 3 | 2 | 1 | 5(1) |
| | <i>Sycophila</i> | 5 | 5 | 4 | 3 | 3(1) |
| MEGASTIGMINAE | <i>Bootonomyia</i> | 5 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| TORYMIDAE | <i>Adontomerus</i> | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | <i>Torymus</i> | 17 | 12 | 10 | 8 | 8(1) |
| ORMYRIDAE | <i>Ormyrus</i> | 2 | 2 | 2 | 2 | 2(1) |
| PTEROMALIDAE: Ormocerinae | <i>Ormocerus</i> | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| PTEROMALIDAE: Pteromalinae | <i>Arthrolytus</i> | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Caenacis</i> | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | <i>Cecidostiba</i> | 6 | 5 | 5 | 1 | 2 |
| | <i>Cyrtopyx</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Eumacepolus</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | <i>Hobbya</i> | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| | <i>Mesopolobus</i> | 11 | 11 | 10 | 8 | 8 |
| | <i>Eupelmus</i> | 9 | 7 | 5 | 3 | 8 |
| | <i>Merostenus</i> | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| EULOPHIDAE: Eulophinae | <i>Aulogymsus</i> | 9 | 8 | 8 | 1 | 1 |
| EULOPHIDAE: Tetrastichinae | <i>Aprostocetus</i> | 7 | 4 | 3 | 0 | 1 |
| | <i>Baryscapus</i> | 4 | 3 | 2 | 0 | 1 |
| | <i>Mnometrastichus</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EULOPHIDAE: Entedoninae | <i>Pediobius</i> | 7 | 3 | 3 | 0 | 2 |
| | | 101 | 78 | 62 | 29 | 41(4) |

dues darreres espècies i *T. notatus* pertanyen a l'antic grup «*Syntomaspis* Foerster, 1856» que, a l'igual que *T. sinensis*, es caracteritzen per tenir un solc frenal; la resta d'espècies esmentades s'inclouen en l'antic subgènere *Torymus* o bé *Callimome* Spinola, 1811, caracteritzat per manca de solc frenal.

Pel que fa als Ormyridae, les dues espècies d'*Ormyrus* Westwood, 1832 (*O. nitidulus* (Fabricius, 1804) i *O. pomaceus* (Geoffroy, 1785)), que es troben en gales de roures, han emergit també de les gales de *D. kuriphilus*. Ambdues són fonamentalment parasitoides primaris d'un gran nombre de gales de Cynipini, essent més abundant *O. pomaceus* en *D. kuriphilus*, segurament per la seva menor grandària. Segons Pujade-Villar (1989), *Ormyrus pomaceus* és polimòrfica i també ho és, però en menor grau *O. nitidulus*, per la qual cosa és possible de que es tracti de complexos d'espècies.

La família Pteromalidae inclou 26 espècies conegudes a Espanya en gales dels roures pertanyents a un total de 8 gèneres diferents: *Arthrolytus* Thomson, 1878; *Caenacis* Förster, 1856; *Cecidostiba* Thomson, 1878; *Cyrtopyx* Delucchi, 1956; *Eumacepolus* Graham, 1957; *Hobbya* Delucchi, 1957; *Mesopolobus* Westwood, 1833 i *Ormocerus* Walker, 1834. A Catalunya, els gèneres *Arthrolytus*, *Cyrtopyx* i *Eumacepo-*

lus no han estat citats en gales de roures, i Noyes (2019) no esmenta cap espècie europea d'aquests gèneres associada a gales de *D. kuriphilus*. El mateix podríem dir pels gèneres *Caenacis* i *Hobbya*, que malgrat estar presents a Catalunya en gales de Cynipini, cap espècie a Europa ha estat mai citada en gales produïdes per la vespeta del castanyer. *Cecidostiba* és un gènere que inclou 5 espècies en gales de roures de les quals només han emergit en la nostra àrea d'estudi, una d'elles: *C. fungosa* (Geoffroy, 1785); aquesta i *C. semifascia* (Walker, 1835), són les úniques espècies mencionades algun cop a *D. kuriphilus*, segons indica Noyes (2019). Ambdues ataquen moltes gales de Cynipini (Askew *et al.*, 2013), però *C. semifascia* prefereix *B. pallida* (forma sexual), i aquesta gala no és massa habitual en les zones prospectades, raó per la qual segurament no ha emergit de les gales del castanyer. El gènere més important de Pteromalidae a les gales de *D. kuriphilus* és sens dubte *Mesopolobus*; de les 11 espècies conegudes a Espanya en gales de Cynipini, 10 es troben a Catalunya i 8 han estat col·lectades a partir de gales de *D. kuriphilus*. Totes les espècies presents a Catalunya han estat citades a Europa (Noyes, 2019) en gales de la vespeta del castanyer a excepció de *M. xanthocerus* (Thomson, 1878), espècie que

Resultats

CLAU DE DETERMINACIÓ D'ESPÈCIES PARASITOIDES DE LA VESPETA DEL CASTANYER A CATALUNYA

79

GEA, FLORA I FAUNA

Taula 2. Evolució de les espècies parasitoides en la plaga de *D. kuriphilus* a Catalunya des de 2013 fins a 2017. Les indicades amb un «*» corresponen a emergències que es deuen produir a la primera anualitat i que van quedar perdudes entre les fulles o gales a les capsades d'emergència.

| Collecta | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | | | |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------|
| | v-10.ix | v-10.ix | v-10.ix | v-10.ix | 10.xi.2016- 5.v.2017 | 9.ix.2017- 10.i.2018 | 11.i- 15.v.2018 | |
| Medi de captura | OH | OH | OH | OH | sec | OH | OH | sec |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 7 | 47 | 34 | 181 | 1 | 68 | 5 | |
| <i>Eurytoma brunniventris</i> | 1 | 12 | 29 | 13 | | 7 | | |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 2 | 23 | 295 | 209 | 13 | 29 | | |
| <i>Bootonomya dorsalis</i> | 20 | 192 | 423 | 410 | | 12 | | |
| <i>Torymus flavipes</i> | 53 | 83 | 26 | 583 | | 67 | | |
| <i>Mesopolobus sericeus</i> | 30 | 1 | 15 | 134 | | 26 | | |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 10 | | 13 | 3 | | 0 | | |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | | 1 | 93 | 5 | | 5 | | |
| <i>Sycophyla bigutata</i> | | 21 | 4 | 7 | | 2 | | |
| <i>Sycophyla variegata</i> | | 57 | 56 | 103 | | 88 | | |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | | 22 | 9 | 45 | | 2 | | |
| <i>Torymus auratus</i> | | 34 | 32 | 19 | | 13 | | |
| <i>Mesopolobus liechtensteini</i> | | 17 | 36 | 13 | | 6 | | |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | | 1 | 5 | 13 | | 1 | | |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | | 10 | | 16 | | 0 | | |
| <i>Torymus geranii</i> | | | 30 | 43 | | 2 | | |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | | | 4 | 32 | | 3 | | |
| <i>Eupelmus azureus</i> | | | 51 | 3 | | 7 | | |
| <i>Torymus nobilis</i> | | | | 3 | | 1 | | |
| <i>Cecidostiba fungosa</i> | | | | 3 | | 0 | | |
| <i>Torymus notatus</i> | | | | 13 | 393 | 6 | 857 | 444 |
| <i>Torymus sinensis</i> | | | | | 45 | 5 | 2447 | 23 |
| <i>Mesopolobus amaeus</i> | | | | 9 | | 9 | | |
| <i>Torymus formosus</i> | | | | | 4* | 4 | 4* | |
| <i>Aulogymsus obscuriceps</i> | | | | | | | 6* | |
| <i>Bootonomya dumicola</i> | | | | | | 1 | | |
| <i>Torymus erucarum</i> | | | | | | 7 | | |
| <i>Mesopolobus albotarsus</i> | | | | | | 7 | | |
| <i>Sycophila flavicollis</i> | | | | | | 2 | | |
| <i>Mesopolobus xanthocerus</i> | | | | | | 1 | | |
| Nombre de parasitoides | 123 | 521 | 1155 | 1881 | 456 | 381 | 3319 | 467 |
| Total parasitoides | 123 | 521 | 1155 | | 2337 | | | 4167 |
| <i>D.k.</i> + parasitoides | 7450 | 3509 | 2423 | | 3641 | | | 4231 |
| % parasitisme | 1,65% | 14,85% | 47,67% | | 64,19% | | | 98,50% |

nosaltres tampoc hem localitzat. En el nostre estudi, tampoc hem obtingut *M. dubius* (Walker, 1834). *Mesopolobus albitarsus* (Walker, 1834), és una espècie ocasional que ha estat citada per primer cop a Espanya (Jara-Chiquito *et al.*, 2022), precisament en gales de *D. kuriphilus*. Hi ha 3 espècies molt polífagues: *M. amaeus* (Walker, 1834), *M. liechtensteini* (Mayr, 1903) i *M. mediterraneus* (Mayr, 1903), que són fonamentalment parasitoides primaris d'un gran nombre de gales de fagàcies tant de Cynipidae com de Cecidomyiidae; per altra banda, *M. mediterraneus* ha estat citada també com a parasitoides de diverses famílies de coleòpters i lepidòpters. La biologia tan variada d'aquestes 3 espècies fa que siguin parasitoides habituals de *D. kuriphilus*, segurament atacant directament les larves de la vespeta del castanyer. *Mesopolobus tarsatus* (Nees, 1834), en la nostra àrea d'estudi és

ocasional i es troba lligada a 2 espècies sexuades autòctones (Pujade-Villar, J. 1994; Jara-Chiquito *et al.*, 2019): *Andricus burgundus* Giraud, 1859 i *Plagiotrochus quercusilicis* (Fabricius, 1798). Finalment, les tres darreres espècies: *M. fasciventris* Westwood, 1833, *M. sericeus* (Förster, 1770) i *M. tibialis* (Westwood, 1833), ataquen un nombre molt gran de gales de Cynipidae (Askew *et al.*, 2013), per la qual cosa la seva presència està assegurada degut als seus reservoris (Jara-Chiquito *et al.*, 2019), malgrat no han estat obtingudes de forma habitual.

Pel que fa als Eupelmidae, les 3 espècies més habituals en gales de roures han emergit de les gales de *D. kuriphilus*: *E. annulatus* Nees, 1834, *E. azureus* Ratzeburg, 1844 i *E. urozonus* Dalman, 1820. No hem trobat cap espècie braquiptera, i les altres espècies alades presents a Espanya no

s'han trobat encara a Catalunya. Les 3 espècies mencionades són extremadament polífagues, atacant diversos ordres d'insectes (Noyes, 2019), podent ser parasitoides primaris o hiperparasitoides. Aquesta versatilitat d'hostes pot explicar perfectament la seva presència en les gales de la vespeta del castanyer.

La darrera família, Eulophidae, és la més pobrament representada en gales de *D. kuriphilus*, tant a nivell català (1 espècie) com a nivell europeu (4 espècies; Noyes, 2019), si tenim en compte que a Espanya se'n coneixen 18 espècies a gales de roures, de les quals 16 han estat també citades a Catalunya. De fet, l'única espècie obtinguda, *Aulogygnus obscuripes* (Mayr, 1877), va ser citada a Catalunya de forma ocasional a partir de gales de la forma sexual d'*Andricus pseudoinflator* (Pujade-Villar, 1991b), espècie força habitual als nostres boscos. Desconeixem la raó de la seva poca diversitat d'culòfids en gales de *D. kuriphilus*.

El futur de la plaga de *D. kuriphilus* és incert, però segurament haurem de conviure amb ella, tot i que les poblacions a Catalunya pel general han minvat moltíssim. A dia d'avui *D. kuriphilus* no es troba catalogada com a plaga a Catalunya sinó com a espècie invasora, essent les poblacions de la vespeta del castanyer molt reduïdes en la major part del territori.

D'altra banda és molt probable que els parasitoides autòctons haurien pogut encarregar-se, sense *T. sinensis*, del seu control amb el temps, doncs tant el nombre d'espècies com el nombre d'espècimens parasitoides emergits de les gales de la vespeta del castanyer (Taula 2) han anat en augment any rere any (Jara-Chiquito *et al.*, 2022). De fet, la gran pressió de parasitoides en les gales de *D. kuriphilus* per part de la fauna autòctona fa pensar que possiblement era completament innecessària la introducció de *T. sinensis* per controlar aquesta plaga. Els parasitoides han estat capaços de canviar d'hoste vegetal per atacar gales de Cynipini localitzades al castanyer a partir de Cynipini que fan gales sobre roures (Jara-Chiquito *et al.*, 2019).

Un altre aspecte lligat a la plaga de *D. kuriphilus*, i que cal valorar, és l'efecte de la introducció de *T. sinensis* com agent pel seu control. Aquesta espècie va ser introduïda en molts Països per tractar-se d'un parasitoide exclusiu de la vespeta del castanyer a la Xina. Uns estudis previs, fets segurament a corre cuita, per interessos econòmics i pressions polítiques i/o dels mitjans informatius (Gavira & Figueroa, 2017), davant la problemàtica que presentava aquesta espècie a Itàlia, van avalar la seva introducció, ja que mostraven la seva incapacitat d'atacar altres gales (Quacchia *et al.*, 2008; Quacchia *et al.*, 2014). Més tard, es va publicar la impossibilitat d'hibridisme de *T. sinensis* amb les espècies autòctones (Quacchia *et al.*, 2014), degut a la fenologia tardana de *T. sinensis*. Tot semblava perfecte des d'un punt de vista teòric, però les coses no s'han comportat precisament així, coincidint d'aquesta manera amb les reflexions de Gibbs *et al.* (2011). A Itàlia, ja s'ha comprovat que la introducció de *T. sinensis* ha provocat un desplaçament negatiu de les poblacions autòctones de parasitoides en les gales dels roures (Ferracini *et al.*, 2015, 2018), un desplaçament d'espècies natives que ja havia estat mencionat que succeïa en altres països on s'havia introduït

T. sinensis; així, s'havia constatat que *T. sinensis* era capaç de desplaçar *Torymus beneficus* al Japó (Yara *et al.*, 2007, 2012), i de desplaçar *Ormyrus labotus* Walker, 1843 als Estats Units (Cooper & Rieske, 2011). Les possibles problemàtiques de desplaçament de la fauna parasitoide a l'ecosistema català estan per avaluar, però segur que hi seran, tret que ja s'estiguin produint. La 'no hibridació' es sustentava en la biologia de *T. sinensis*, doncs aquesta espècie emergeix l'any següent després d'una llarga diapausa, mentre que els parasitoides autòctons no presentaven a priori diapausa i per tant no coincidien les seves poblacions de vol amb les de *T. sinensis*. Les dades mostrades recentment (Jara-Chiquito *et al.*, 2022), han posat en evidència que *T. notatus* presenta dos períodes d'emergència, un entre finals de primavera i començaments d'estiu, i l'altre a la primavera del segon any coincidint amb l'emergència de *T. sinensis*. Aquestes dues espècies són morfològicament molt semblants i filogenèticament molt properes (Pogolotti *et al.*, 2019), per la qual cosa no és gens descartable la hibridació entre *T. sinensis* i *T. notatus*; al Japó (Yara, 2014; Yara *et al.*, 2000) aquesta hibridació ja ha estat corroborada amb *T. beneficus* Yasumatsu & Kamijo, 1979. De fet, si la disposició de les sensílies en el funicle de les antenes de les femelles d'aquestes dues espècies és un caràcter distintiu (només una filera a *T. sinensis* i dues a *T. notatus*), ja hem trobat exemplars de *T. notatus* amb una disposició desordenada de les fileres i exemplars de *T. sinensis* amb sensílies a diferents alçades; això podria ser una evidència indirecta de que la hibridació ja s'està produint. A Catalunya (Jara-Chiquito & Pujade-Villar, 2018), *T. sinensis* va arribar de forma natural, però involuntària a partir dels alliberaments que es van fer a França (Borowiec *et al.*, 2014, 2018), ja que mai es va aprovar el seu alliberament a Catalunya per part del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació (fins el maig de 2021), ni tampoc posteriorment a aquesta data pel Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural. A Espanya, però, les coses han estat molt diferents: l'alliberament de *T. sinensis* va ser autoritzat pel «Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)», de forma controlada a Màlaga, Galícia i Astúries l'any 2015, però també els anys 2016 i 2017 (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019), quan ja eren coneguts els possibles efectes negatius de la seva introducció, tot incomplint la normativa sobre la introducció de espècies exòtiques (Gavira & Figueroa, 2017). Les grans pressions del sector del fruit de la castanya i l'absència de col·lectius (entre ells els científics), que reclamessin prudència van ser-ne la causa (Gavira & Figueroa, 2017). Per tot això, la introducció de *T. sinensis* a Europa en general, i a Espanya en particular, ha resultat ser precipitada. Malgrat això, aquesta espècie havia d'arribar tard o d'hora a la península Ibèrica des de França, i des del seu establiment, es veu clarament que l'efecte de *T. sinensis* en el control de la plaga en el nord-est ibèric ha estat molt important (Taula 2). Malgrat aquesta dada, s'hauria d'estudiar la possibilitat de que aquesta espècie es comporti exclusivament com un parasitoide primari fora de la regió autòctona i que en realitat la seva abundància no sigui deguda a que es comporti també com un hiperparasitoide. Si això succeís, moltes de les baixes

de les larves de *D. kuriphilus* no es deuen a la presència de *T. sinensis*.

En conclusió, els efectes de *T. sinensis* en els nostres ecosistemes estan per veure però segur que hi seran.

Agraïments

Agraïm molt sincerament als dos avaluadors, les observacions i comentaris realitzats, que han millorat el resultat final del treball, i al Dr. R.R. Askew pels seus comentaris respecte la biologia de *Torymus notatus*.

Bibliografia

- Ács, Z., Melika, G., Kalo, P. & Kiss, G. B. 2002. *Molecular analysis in Eurytoma rosae species-group (Chalcidoidea: Eurytomidae)*. In: Melika, G. & Thuróczy, C. (Eds) Parasitic Wasps: evolution, systematics, biodiversity and biological control. Agriinform, Budapest. P. 234-240.
- Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, G., Quacchia, A., Alma, A. & Stone, G. N. 2007. Native and induced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, 37: 166-171.
- Askew, R. R. & Nieves-Aldrey, J. L. 1988. Some Monodontomerinae and Megastigminae (Torymidae) associated with Cynipidae in Spain (Hymenoptera). *Entomologica Scandinavica*, 18: 355-360.
- Askew, R. R. & Nieves-Aldrey, J. L. 2000. The genus *Eupelmus* Dalman, 1820 (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eupelmidae) in peninsular Spain and the Canary Islands, with taxonomic notes and descriptions of new species. *Graellsia*, 56: 49-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2000.v56.i0.309>
- Askew, R.R., Melika, G., Pujade-Villar, J., Schönrogge, K., Stone G. N. & Nieves-Aldrey, J. L. 2013. Catalogue of parasitoides and inquilines in cynipid oak galls in the West Palearctic. *Zootaxa*, 3643 (1): 1-133. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3643.1.1>
- Avtzis, D. N., Melika, G., Matošević, D. & Coyle, D. R., 2019. The Asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*: a global invader and a successful case of classical biological control. *Journal of Pest Science*, 92(9): 107-115. DOI: [10.1007/s10340-018-1046-1](https://doi.org/10.1007/s10340-018-1046-1)
- Borowiec, N., Thaon, M., Brancaccio, L., Warot, S., Vercken, E., Fauvergue, X. B., Ris, N. & Malausa, J. C. 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, 29 (1): 7-10.
- Borowiec, N., Thaon, M., Brancaccio, L., Cailleret, B., Ris, N. & Vercken, E. 2018. Early population dynamics in classical biological control: establishment of the exotic parasitoid *Torymus sinensis* of control of its target pest, the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*, in France. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166: 367-379. DOI: <https://doi.org/10.1111/eea.12660>
- Brussino, G., Bosio, G., Baudino, M., Giordano, R., Ramello, F. & Melika, G. 2002. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *Informatore agrario*, 37: 59-61.
- Cooper, W. R. & Rieske, L. K. 2011. A native and an introduced parasitoid utilize an exotic gall-maker host. *BioControl*, 56(5): 725-734. DOI: [10.1007/s10526-011-9350-1](https://doi.org/10.1007/s10526-011-9350-1)
- Doğanlar, M. 2015. Review of Palearctic and Australian species of *Bootonomia* Girault 1915 (Hymenoptera: Torymidae: Megastigminae), with descriptions of new species. *Turkish Journal of Zoology*, 35 (2): 123-157. DOI: [10.3906/zoo-0905-15](https://doi.org/10.3906/zoo-0905-15)
- Dorado, F. J., Pujade-Villar, J., Muñoz-Adalia, E. J., Vinagrero, J. C., Díez-Casero, J. J. & Fernández-Fernández, M. M. 2020. Characterization of native parasitoid community associated with the invasive pest *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Cantabria (northern Spain). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35 (7): 334-340. DOI: [10.1080/02827581.2020.1808055](https://doi.org/10.1080/02827581.2020.1808055)
- Ferracini, C., Bertolino, S., Bernardo, U., Bonsignore, C. P., Faccoli, M., Ferrari, E., Lupi, D., Maini, S., Mazzon, L., Nugnes, F., Rocco, A., Santi, F. & Tavella, L. 2018. Do *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and agroforestry System affect native parasitoides associated with the Asian chestnut gall wasp? *Biological Control*, 121: 36-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.01.009>
- Ferracini, C., Ferrari, E., Saladini, M. A., Pontini, M., Corradetti, M., Alma, A. 2015. Non-target host risk assessment for the parasitoid *Torymus sinensis*. *BioControl*, 60: 593-594. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9676-1>
- Francati, S., Alma, A., Ferracini, C., Pollini, A. & Dindo, M. L. 2015. Indigenous parasitoides associated with *Dryocosmus kuriphilus* in a chestnut production area of Emilia Romagna (Italy). *Bulletin of Insectology*, 68 (1): 127-134.
- Fusu, L. 2017. An integrative taxonomic study of European *Eupelmus* (*Macroneura*) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae), with a molecular and cytogenetic analysis of *Eupelmus* (*Macroneura*) *vesicularis*: several species hiding under one name for 240 years. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 20: 1-85
- Gavira, O. & Figueroa, F. F. 2017. La introducció de *Torymus sinensis* como control biológico. *Revista Ecologista*, 92: 28-30. [Accessible a: <https://www.ecologistasenaccion.org/34758/una-solucion-pegriosa-contra-la-avisilla-dcl-castano/#nh27-11>].
- Gibbs, M., Schönrogge, K., Alma, A., Melika, G., Quacchia, A., Stone, G. N. & Aebi, A. 2011. *Torymus sinensis*: a viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe? *BioControl*, 56: 527-538.
- Gibson, G. A. P. & Fusu, L. 2016. Revision of the Palaearctic species of *Eupelmus* (*Eupelmus*) Dalman (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae). *Zootaxa*, 4081(1): 1-331. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4081.1.1>
- Gibson, G.A.P. 1995. *Parasitic wasps of the subfamily Eupelminae: classification and revision of world genera (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae)*. Memoirs on Entomology, International, 5. Gainesville: Associated Publishers. 421 p.
- Gil-Tapetado, D., Castedo-Dorado, F., Nieves-Aldrey, J. L. & Lombardero, M.J. 2021. Gall size of *Dryocosmus kuriphilus* limits down-regulation by native parasitoides. *Biological Invasions*, 23: 1157-1174. DOI: [10.1007/s10530-020-02427-x](https://doi.org/10.1007/s10530-020-02427-x)
- Gil-Tapetado, D., Gómez, J. F., Cabrero-Sañudo, F.J. & Nieves-Aldrey, J.L. 2018. Distribution and dispersal of the invasive Asian chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), across the heterogeneous landscape of the Iberian Peninsula. *European Journal of Entomology*, 115: 575-586. DOI: [10.14411/ejc.2018.055](https://doi.org/10.14411/ejc.2018.055)
- Graham M. W. R. de V. 1969. The Pteromalidae of Northwestern Europe. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Supplement*, 16: 1-908.
- Graham M. W. R. de V. & Gijswijt, M.J., 1998. Revision of the European species of *Torymus* Dalman (Hymenoptera: Torymidae). *Zoologische Verhandlungen*, 317: 1-202.
- Janšta, P., Cruaud, A., Delvare, G., Genson, G., Heraty, J., Kirzová, B. & Rasplus, G.-Y. 2018. Torymidae (Hymenoptera, Chalcidoidea) revised: molecular phylogeny, circumscription and reclassification of the family with discussion of its biogeography

- and evolution of life-history traits. *Cladistics*, 34: 627-651. DOI: 10.1111/cla.12228
- Jara-Chiquito, J. L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.
- Jara-Chiquito, J. L., Askew, R. & Pujade-Villar, J. 2019. The invasive asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and associations with oak gall inducers in Catalonia. *Forestry*, 93 (1): 178-186. DOI:10.1093/forestry/cpy061
- Jara-Chiquito, J. L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para la Avispilla del Castaño en Cataluña. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219-226.
- Jara-Chiquito, J. L., Heras Dolader, J. & Pujade-Villar, J. 2022. La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86 (1): 13-24. DOI: 10.2436/20.1502.01.100
- Jennings & Askew, R. R. 2020. Recruitment of native parasitoides by an introduced gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Britain and France. *Entomologist's Monthly Magazine*, 156: 111-116. DOI: 10.31184/M00138908.1562.4034
- Kos, K., Kriston, E. & Melika, G. 2015. Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. *European Journal of Entomology*, 112 (4): 698-704. DOI: 10.14411/eje.2015.091
- Matošević, D. & Melika, G. 2013. Recruitment of native parasitoides to a new invasive host: First results of *Dryocosmus kuriphilus* parasitoid assemblage in Croatia. *Bulletin of Insectology*, 66 (2): 231-238.
- Melika, G., Mcmats, G. I., Nicholls, J. A. & Avtzis, D. N. 2018. New species of cynipid inquiline, *Saphonecrus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini), from *Dryocosmus kuriphilus* galls in Greece. *Zootaxa*, 4441 (1): 109-120. DOI: 10.11646/zootaxa.4441.1.6
- Muru, D., Borowiec, N., Thao, M., Ris, N., Viciriu, M. I., Warot, S. & Vercken, E. 2021. The open bar is closed: restructuration of a native parasitoid community following successful control of an invasive pest. *Peer Community Journal*, 1: e30. DOI: 10.24072/pcjournal.43
- Narendran, T. C. 1999. *Indo-Australian Ormyridae (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. Privately published, University of Calicut, India, 227 p.
- Nicholls, J. A., Preuss, S., Hayward, A., Melika, G., Csóka, G., Nieves-Aldrey, J. L., Askew, R. R., Tavakoli, M., Schönrogge, K. & Stone, G. N. 2010. Concordant phylogeography and cryptic speciation in two Western Palaearctic oak gall parasitoid species complexes. *Molecular Ecology*, 19: 592-609. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04499.x>
- Nieves-Aldrey, J. L., Gil-Tapetado, D., Gavira, O. R., Boyero, J. R., Polidori, C., Lombardero, M. J., Blanco, D., Rey del Castillo, C., Rodríguez-Rojo, M. P., Vela, J. M. & Wong, M. E. 2019. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and first data on establishment after experimental releases. *Forest Systems*, 28(1): e001, 11 pág. DOI: 10.5424/fs/2019281-14361
- Noyes, J. S. 2019. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. [<http://www.nhm.ac.uk/chalcidooids/>]; [data de consulta: 27 de març de 2022].
- Panzavolta, T., Bernardo, U., Bracalini, M., Cascone, P., Croci, F., Gebiola, M., Iodice, L., Tiberi, R. & Guerrieri, E. 2013. Native parasitoides associated with *Dryocosmus kuriphilus* in Tuscany, Italy. *Bulletin of Insectology*, 66 (2): 195-201.
- Panzavolta, T., Croci, F., Bracalini, M., Melika, G., Benedettelli, S., Tellini Florenzano, G. & Tiberi, R. 2018. Population dynamics of native parasitoides associated with the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Italy. *Psyche*, ID 8078049, 13 p. DOI:<https://doi.org/10.1155/2018/8078049>
- Pérez-Otero, R., Crespo, D. & Mansilla, J. P. 2017. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Galicia (NW Spain): pest dispersion, associated parasitoides and first biological control attempts. *Archivos entomológicos*, 17: 439-448.
- Pogolotti, C., Cuesta-Porta, V., Pujade-Villar, J. & Ferracini, C. 2019. Seasonal flight activity and genetic relatedness of *Torymus* species in Italy. *Agricultural and Forest Entomology*, 21(2): 159-167. DOI: 10.1111/afc.12316
- Pujade-Villar J., Torrell, A. & Rojo, M. 2013. Primeres troballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípid d'origen asiàtic altament perillosa pel castanyer (Fagaceae). *Orsis*, 27: 295-301.
- Pujade-Villar, J. 1989. Sobre la variabilitat morfològica d'algunes espècies dels Ormyridae Foerster, una nova família d'himenòpters per a Catalunya (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Sessió Conjunta d'Entomologia de l'Institut Català d'Història Natural i la Societat Catalana de Lepidopterologia*, 5: 77-90.
- Pujade-Villar, J. 1991a. *Contribució al coneixement dels cinípids cecidògens dels arbres i arbusts de Catalunya, dels cinípids associats a aquests i dels seus paràsits*. Tesis doctoral, 1.111 pp., UB. [Disponible a la UB: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=241253>]
- Pujade-Villar, J. 1991b. Nuevas aportaciones al conocimiento de *Aulogymnus* Förster, 1851 (Hym., Chal., Eulophidae) para la Península Ibérica, con la descripción de una especie nueva, *Aulogymnus balani* sp. n. *Graellsia*, 47: 139-154.
- Pujade-Villar, J. 1994a. Especies de *Mesopolobus* (Hym., Pteromalidae) asociadas a agallas de Cynipini (Hym., Cynipidae) del nordeste ibérico y notas sobre la validez de *M. lichtensteini* (Mayr, 1903). *Eos*, 69 (1993): 63-73.
- Pujade-Villar, J. 1994b. Sobre les espècies de *Sycophila* Walker, 1871 relacionades amb cinipo-cecidis recol·lectats sobre *Quercus* i *Rosa* a Catalunya (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eurytomidae). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 61: 69-79.
- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapin, G., Alma, A. 2008. Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl*, 53: 829-839
- Quacchia, A., Ferracini, C., Nicholls, J. A., Piazza, E., Saladini, M., Tota, F., Melika, G. & Alma, A. 2013. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in north-western Italy. *Insect Conservation and Diversity*, 6 (2): 114-123. DOI: 10.1111/j.1752-4598.2012.00192.x
- Quacchia, A., Moriya, S., Askew, R. & Schönrogge, K. 2014. *Torymus sinensis*: biology, host range and hybridization. *Acta Hort.*, 1043: 105-111. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1043.13>
- Soares Cardoso, J. F., 2020. *The endemic parasitoides of the chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Portugal and biocontrol with Torymus sinensis Kamijo (Hymenoptera: Torymidae)*. Tesis de maestría. [Disponible a: <http://hdl.handle.net/1822/73648>]; [data de consulta: 20 de març de 2022].
- Szabo, G., Kirston, É., Bujdosó, B., Bozsó M., Krizbai, L. & Melika, G., 2014. The sweetchestnut gallwasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951): current distribution in Hungary and its natural enemies. *Növényvédelem*, 50 (2): 49-56.
- Yara, K. 2014. Interaction between *Torymus sinensis* (Hymenoptera:

- Torymidae) and *T. beneficus*, introduced and indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 48 (1): 35-40. DOI: 10.6090/jarq.48.35
- Yara, K., Matsuo, K., Sasawaki, T., Shimoda, T. & Moriya, S. 2012. Influence of the introduced parasitoid *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) on *T. koreanus* and *T. beneficus* as indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) on chestnut trees in Nagano Prefecture, Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 47 (1): 55-60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13355-011-0088-0>
- Yara, K., Sasawaki, T. & Kunimi, Y. 2007. Displacement of *Torymus beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) by *T. sinensis*, an indigenous and introduced parasitoid of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Japanese chestnut fields: Possible involvement in hybridization. *Biological Control*, 42: 148-154.
- Yara, K., Yano, E., Sasawaki, T. & Shiga, M. 2000. Detection of hybrids introduced *Torymus sinensis* and native *T. beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) in central Japan, using malic enzyme. *Applied Entomology and Zoology*, 35 (2): 201-206.
- Zerova, M. D. & Seryogina, L. Y. 2006. Review of Palearctic Ormyridae (Hymenoptera, Chalcidoidea), with description of two new species. *Vestnik Zoologii*, 40 (1): 27-40.
- Zerova, M. D. 2010. Palearctic species of the genus *Eurytoma* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eurytomidae): morphobiological analysis, trophic associations, a key to the species. *Vestnik Zoologii*, 24: 1-203.

Apèndix

Llistat d'espècies parasitoides (Chalcidoidea) presents a gales de Cynipini a Europa. Les assenyalades amb ** han estat citades a Catalunya. No hem afegit les 4 espècies que són parasitoides de gales de plantes herbàcies (Taula 1), ni els gèneres *Gastrancistrus* Westwood 1833 (Pteromalidae) i *Cirrospilus* Westwood, 1832 (Eulophidae: *C. diallus* Walker, 1838 i *C. viticola* (Rondani, 1877)), així com tampoc les espècies *Closterocerus trifasciatus* Westwood, 1833 (Eulophidae) i *Mesopolobus graminum* Hardh, 1950 (Pteromalidae), ja que la seva presència no és regular, o fins i tot, el Cynipini esmentat podria no ser l'hostatger veritable. Tampoc *Eupelmus splendens* Giraud, 1872, dones podria ser una identificació errònia, ja que el seu hostatger habitual és *Pediaspis aceris* (Gmelin, 1790) (Cynipidae: Pediaspidini). En canvi hem inclòs *Pediobius saulius* (Walker, 1839) atès que ha estat citada tant en gales de *Dryocosmus kuriphilus* com en d'altres gales de Cynipini).

EURYTOMIDAE

- Eurytoma* Illiger, 1807
adleriae Zerova, 1995
**bruniventris* Ratzeburg, 1852
querceticola Zerova, 1995
schaeferi Yasumatsu & Kamijo, 1979
**setigera* Mayr, 1878 (= *pistacina* auct. nec Rondani, 1877)
spinipes Kalina, 1970
Sycophila Walker, 1871
**biguttata* (Swederus, 1795)
**binotata* (Fonscolombe, 1832)
**flavicollis* (Walker, 1834)
iracemae Nieves-Aldrey, 1983
**variegata* (Curtis, 1831)

MEGASTIGMIDAE

- Bootanyomyia* Girault, 1915 (= *Megastigmus* Dalman, 1820)
almusensis Doğanlar, 1989
**dorsalis* (Fabricius, 1798)
**dumicola* Bouček, 1982
**stigmatizans* (Fabricius, 1798)
synophiri Mayr, 1874

TORYMIDAE

- Adontomerus* Nikol'skaya, 1955
**crassipes* (Bouček, 1982)
Torymus Dalman, 1820 (= *Syntomaspis* Förster, 1856)
**affinis* (Fonscolombe, 1832)
**auratus* (Müller, 1764) (= *nitens* Walker, 1833; = *nigricornis* Boheman, 1834)
cerri (Mayr, 1874)
**cyaneus* Walker, 1847
**erucarum* (Schrank, 1781)
fastuosus Boheman, 1834
favanli Steffan, 1962
**flavipes* (Walker, 1833) (= *auratus* Geoffroy, 1785 nec Müller, 1764)
**formosus* (Walker, 1833) (= *amoenus* Boheman, 1834)
**geranii* (Walker, 1833)
longicalcar Graham, 1994
macrurus (Förster, 1859)
**nobilis* Boheman, 1834
**notatus* (Walker, 1833)
roboris (Walker, 1833)
scutellaris (Walker, 1833)
**sinensis* Kamijo, 1982 (introduïda)

ORMYRIDAE

- Ormyrus* Westwood, 1832
**nitidulus* (Fabricius, 1804)
**pomaceus* (Geoffroy, 1785) (= *punctiger* Westwood, 1832)

PTEROMALIDAE, Ormocerinae

- Ormocerus* Walker, 1834
**laus* Walker, 1834
**vernalis* Walker, 1834

PTEROMALIDAE, Pteromalinae

- Arthrolytus* Thomson, 1878
glandium Bouček, 1967
incisus Askew & Nieves-Aldrey, 1982
nanus Askew & Nieves-Aldrey, 1982
ocellus (Walker, 1834)
Caenacis Förster, 1856
**lauta* (Walker, 1835b)
Cecidostiba Thomson, 1878
**atra* Askew, 1975
**fungosa* (Geoffroy, 1785) (= *hilaris* Walker, 1836, = *adana* Askew, 1961)
**geganus* (Walker, 1848)
**ilicina* Nieves-Aldrey & Askew, 1988
saportai Graham, 1984
**semifascia* (Walker, 1835)
Cyrtotypx Delucchi, 1956
robustus (Masi, 1907)
Eumaceopolus Graham, 1957
obscurior Graham, 1961
Hobbya Delucchi, 1957
**stenonota* (Ratzeburg, 1848) (= *kollari* Askew, 1959)
Mesopolobus Westwood, 1833
**albitarsus* (Walker, 1834)
**amaenus* (Walker, 1834)
**dubius* (Walker, 1834)
**fasciiventris* Westwood, 1833
fuscipes (Walker, 1834)
**lichtensteini* (Mayr, 1903)
**mediterraneus* (Mayr, 1903)
**sericeus* (Förster, 1770) (= *jucundus* Walker, 1834)
**tarsatus* (Nees, 1834) (= *squamifer* Thomson, 1878)
**tibialis* (Westwood, 1833)
**xanthocerus* (Thomson, 1878)

EUPELMIDAE

- Eupelmus* Dalman, 1820
**annulatus* Nees, 1834
aseculatus Kalina, 1981
**azureus* Ratzeburg, 1844 (= *spongipartus* Förster, 1860)
cerri Förster, 1860 (= *synophiri* De Stefani, 1898)
kiefferi De Stefani, 1898
matranus Erdős, 1947
**seculatus* (Férrière, 1954)
**urozonus* Dalman, 1820
**vesicularis* (Retzius, 1783)

Merostenus Walker, 1837 (= *Reikosiella* Yoshimoto, 1969)
rostratus (Ruschka, 1921)

EULOPHIDAE, Eulophinae

Aulogymnus Förster, 1851

- **arsames* (Walker, 1838a)
- **balani* Pujade-Villar, 1991
- **bicolor* (Askew, 1975a)
- **euedorschus* (Walker, 1839)
- **gallarum* (Linnaeus, 1761)
- **obscuripes* (Mayr, 1877) (= *kelebiana* Erdős, 1958)
- **skianeuros* (Ratzeburg, 1844)
- **testaceoviridis* (Erdős, 1961)
- **trilineatus* (Mayr, 1877)

EULOPHIDAE, Tetrastichinae

Aprostocetus Westwood, 1833

- **aethiops* (Zetterstedt, 1838)
- **biorhiza* (Szelényi, 1941)
- **cerricola* (Erdős, 1954)
- **domenichinii* (Erdős, 1969)

**fusificola* Graham, 1987

glandicola Graham, 1987

**rufescens* Graham, 1987

Baryscapus Förster, 1856

anasillus Graham, 1991

berhidamus Erdős, 1954

**diaphantus* (Walker, 1839)

**pallidae* Graham, 1991

Minotetrastichus Kostjukov, 1977

frontalis (Nees, 1834)

EULOPHIDAE, Entedoninae

Pediobius Walker, 1846

chilaspidis Bouček, 1965

**clita* (Walker, 1839)

erllesi Pujade-Villar, 1995

**lysis* (Walker, 1839)

pygo (Walker, 1839)

**rotundatus* (Fonscolombe, 1832)

sautius (Walker, 1839)

4.6. Capítol 5

**Anàlisi estadística de les dades de
mostreig obtingudes i trets principals
sobre l'evolució de la plaga de la
vespeta del castanyer a Catalunya**

Aquest capítol, està dedicat al tractament estadístic de les dades dels mostreigs i inclou un únic treball amb l'aportació d'una l'anàlisi de les variacions poblacionals de vespeta del castanyer i el seu complex parasitoide a Catalunya, al llarg de les anualitats compreses entre 2014 i 2017.

El treball que incorpora aquest capítol és:

4.6.1. Jara-Chiquito, J.L., Oliva, F., Lobato-Vila, I. & Pujade-Villar, P. (en avaluació). Variations in parasitoid populations attacking *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) over a four-year period in Catalonia (Spain). *Journal of Plant Interactions*, submitted.

En resum, en aquest treball es fa una anàlisi de la variació poblacional de les diferents mostres i anualitats compreses entre 2014 i 2017 a Catalunya mitjançant les següents eines, que s'exposen a continuació: NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) de Kruskal com a tècnica exploratòria per observar possibles relacions entre punts de mostreig i la seva evolució al llarg dels anys, PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance) de dos factors per examinar aquelles diferències significatives entre els punts i els anys, CAP (Canonical Analysis of Principal coordinates) que ens permet obtenir l'espai de dimensió dos que maximitza les diferències dels mostreigs entre anys, SIMPER (Similarity Percentatges) per identificar les espècies més característiques corresponents a cada any i tests PC (Pairwise Comparisons) per explicar la variabilitat entre mostres.

Els resultats ens han permès concloure que, malgrat el reclutament d'espècies parasitoides per *D. kuriphilus*, va augmentant el nombre d'espècies anualitat darrera anualitat, les poblacions d'aquestes espècies pateixen variacions poblacionals de manera que es produeix un canvi estadísticament significatiu de les poblacions del pool d'espècies en cada anualitat. Aquest canvi s'ha donat dintre del que podríem anomenar un procés de transició en la comunitat, en el que hi ha hagut una successiva substitució de les espècies parasitoides i en el que finalment l'acció parasitològica conjunta entre *T. notatus* i *T. sinensis* a les darreres anualitats ha aconseguit controlar la plaga a Catalunya.

4.6.1. Anàlisi estadística de les dades de mostreig de vespeta del castanyer a Catalunya a les anualitats compreses entre 2014 i 2017

J.L. Jara-Chiquito, F. Oliva, I. Lobato-Vila & J. Pujade-Villar (en avaluació). Variations in parasitoid populations attacking *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) over a four-year period in Catalonia (Spain). *Journal of Plant Interactions*, submitted.

[IF: 4.029 (2021), Q1]

1 **Variations in parasitoid populations attacking *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu**
 2 **(Hymenoptera: Cynipidae) over a four-year period in Catalonia (Spain).**

3
 4 Jara-Chiquito, J.L.¹, Oliva, F.², Lobato-Vila, I.^{1*} & Pujade-Villar, J.¹

5
 6 ¹ Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia. Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències
 7 Ambientals. Avda. Diagonal 643. 08028-Barcelona, Catalonia. A/e: juanluisjarachiquito@gmail.com,
 8 jpujade@ub.edu

9 ² Universitat de Barcelona, Facultat de Biologia, Departament de Genètica, Microbiologia i Estadística,
 10 Avda. Diagonal 643, 08028 Barcelona, Catalonia. Email: foliva@ub.edu

11
 12 *Corresponding author: Irene Lobato-Vila. E-mail: tenshi.irene@gmail.com

13
 14
 15 **Abstract**

16 *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), is an invasive species that affects
 17 chestnut trees. The first record of this pest in Spain was in 2012, in Catalonia, and
 18 nowadays it is present on virtually every chestnut stand in the country. Here, we expose
 19 the variations in parasitoid populations attacking *D. kuriphilus* over a four-year period
 20 (2014-2017) at 12 different sample sites in Catalonia. In total, 30 parasitoid species, 29
 21 native ones usually attacking oak cynipids plus the non-native *Torymus sinensis*, emerged
 22 from *D. kuriphilus* galls. Analysis of parasitoid abundances allows us to conclude that,
 23 although number of species increases year after year, recruitment of these species varies
 24 in population sizes and there has been a statistically significant transition in community
 25 composition over the four years. The result of this transition is that *D. kuriphilus* declines
 26 until it is finally controlled by the parasitism of both *T. sinensis* and *T. notatus* with some
 27 slight intervention of other parasitoid populations that are present but less abundant. A
 28 high natural dispersal of parasitoids by their own flight or by wind, together with a
 29 somewhat monotonous trophic niche represented by chestnut galls, could explain the
 30 relative homogenization of the parasitoid species pool.

31
 32 **Key words:** *Dryocosmus kuriphilus*, galls, parasitoids, populations, statistics, Catalonia.

33
 34 **Introduction**

35 *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) is the most
 36 damaging pest of *Castanea* (Fagaceae) species and hybrids, causing severe fruit yield loss
 37 due to the induction of galls on leaves and shoots (Murakami *et al.*, 1980; Quacchia *et*
 38 *al.*, 2008). Native to China, *D. kuriphilus* was first recorded in Catalonia (Spain) in 2012
 39 (Pujade-Villar *et al.*, 2013) and since then it has spread almost throughout the whole
 40 country by infesting native stands and orchards of European Sweet Chestnut (*Castanea*
 41 *sativa* Mill.) (Jara *et al.*, 2016; Gil-Tapetado *et al.*, 2018; Nieves-Aldrey *et al.*, 2019;
 42 Dorado *et al.*, 2020). This cynipid is thelytokous and spreads easily to distant places while
 43 a single female can rapidly establish a population in new territories (Abe *et al.*, 2007;
 44 Avtzis *et al.*, 2019). Massive induction of galls by the insect ends up in bud deformation,
 45 abortion of flowers and fruits, decreasing of the photosynthetic area in foliage, and a
 46 general reduction of tree growth and vigour. As a pest, this exotic species may produce
 47 significant economic losses due to the damages it causes to timber and fruit production.
 48 (Kato & Hijii, 1997; Ugolini *et al.*, 2014; Sartor *et al.*, 2015; Gehring *et al.*, 2017, 2018).

49 Since this species was introduced, several native species were immediately seen
 50 attacking *D. kuriphilus* galls and different studies appeared citing native Chalcidoidea
 51 species emerging from chestnut wasp galls. Thus, we should like to highlight the work

52 carried out in Croatia (Matošević & Melika, 2013), Slovenia (Kos *et al.*, 2015), Spain
 53 (Dorado *et al.*, 2020; Gil-Tapetado *et al.*, 2021; Jara-Chiquito *et al.*, 2016, 2019; Pérez-
 54 Otero *et al.*, 2017), France (Jennings & Askew, 2020; Muru *et al.*, 2021), Great Britain
 55 (Jennings & Askew, 2020), Hungary (Szabo *et al.*, 2014), Italy (Aebi *et al.*, 2007; Francati
 56 *et al.*, 2015; Panzavolta *et al.*, 2013, 2018; Quacchia *et al.*, 2013), Portugal (Soares
 57 Cardoso, 2020), among others.

58 As part of the monitoring of this pest in Catalonia, between 2014 and 2017, we
 59 carried out a series of samplings with the aim of getting to know the parasitoid fauna of
 60 this new species. This sampling has shown a progressive increase both in degree of
 61 parasitism and in number of native species of parasitoids emerging from *D. kuriphilus*
 62 galls, in all the chestnut sample sites studied (Jara-Chiquito *et al.*, 2016, 2019). A total of
 63 30 different species of parasitoids have been identified so far (Jara-Chiquito & Pujade-
 64 Villar, 2022), 29 are native, matching those species attacking oak galls (Jara-Chiquito *et*
 65 *al.*, 2019) and one is exotic, *Torymus sinensis*, introduced involuntarily from France (Jara-
 66 Chiquito & Pujade-Villar, 2018). We must emphasize that no inquiline species has
 67 emerged from these galls, despite the fact that a *Saphonecrus* species has been cited in
 68 Greece (Melika *et al.*, 2018): *S. kuriphilusi* Melika & Avtzis, 2018.

69 This study presenting sampling data from Catalonia, contributes to an
 70 understanding of some ecological interactions between the invasive *D. kuriphilus* and
 71 native parasitoids of gall inducers, mostly gall wasps, recruited on neighbouring oaks.
 72 We have observed that, over different years and different sampling sites, parasitoid
 73 populations are different. For this reason, we want to analyze which the different
 74 parasitoid populations are and test how they interact over time since the plague has arrived
 75 to Catalonia. In this study, we have evaluated a consecutive four-year sampling period
 76 (2014-2017). From 2018 on the pest has decreased a lot, being considered just an
 77 introduced species nowadays in Catalonia.

80 **Material and methods**

82 Samplings of *D. kuriphilus* galls

83 *Dryocosmus kuriphilus* galls were sampled at twelve locations in Catalonia (Fig.
 84 1), in six areas where chestnut trees are growing in natural stands containing native
 85 species of oak in the near (Jara-Chiquito *et al.*, 2016). Fresh galls were collected from
 86 2014 to 2017, always during the first half of June. During the four-year sampling period
 87 a total of 19 445 galls were collected. All samples of galls were delivered to laboratory
 88 in order to be stored in breeding boxes until adult gall wasps and parasitoids emerged.
 89 *Dryocosmus kuriphilus* and its recruited parasitoids were then removed and preserved in
 90 70% ethanol for identification.

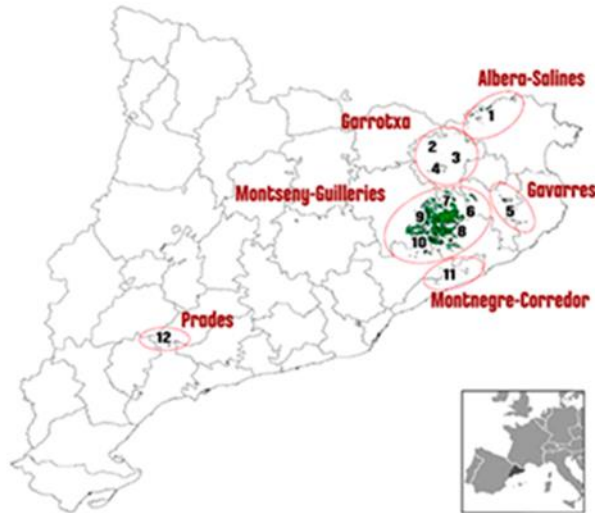


Figure 1. Distribution of chestnut tree stands in Catalonia (Aymerich *et al.*, 2015), showing the six studied areas and 12 sample sites (Jara-Chiquito *et al.*, 2016).

Parasitoid species identification

For the identification of Chalcidoidea parasitoids unpublished keys by Thuroczy & Askew and by Pujade-Villar, and the key in Askew (1961a), were used, together with keys to particular genera of parasitoids (e.g. Graham (1969) for *Mesopolobus* and other Pteromalidae, Graham & Gijswijt (1998) for *Torymus*, Doğanlar (2011) for *Bootanomyia*, Zerova *et al.* (2012) for *Ormyrus*, Gibson & Fusu (2016) and Fusu (2017) for *Eupelmus*). Larvae were identified using Gómez *et al.* (2008) and some specific papers by Gómez *et al.* (2008, 2011, 2017), Gómez & Nieves-Aldrey (2012, 2017) and Nieves-Aldrey *et al.* (2008). *Bootanomyia dorsalis* is considered in this study as *B. dorsalis* ‘sensu lato’. Doğanlar (2011) revised the genus *Bootanomyia*, transferred the *Megastigmus* species associated with cynipid oak galls to *Bootanomyia* and described new species. Nevertheless, the species key is inadequate for correctly discriminating species in the *B. dorsalis* species group, so in this paper *B. dorsalis* has to be considered as *B. dorsalis* complex. Moreover, recent detailed studies of *Eupelmus* (Gibson (2011), Al Khatib *et al.* (2014) and Gibson & Fusu (2016)) enables the differentiation of what was previously considered to be *Eupelmus annulatus* into two distinct species, both commonly reared from cynipid oak galls, *viz.* *Eupelmus azureus* Ratzeburg, 1844 (= *E. spongipartus* Förster, 1860) and *E. annulatus* Nees, 1834. Also, in this study to be referred *E. urozonus* as *E. urozonus* sp. group. Finally, *Ormyrus pomaceus* could be a complex of species (Pujade-Villar, 1989), but its breakdown into component morphospecies has not been satisfactorily achieved and *O. pomaceus* is here treated as a single species.

Statistical analysis

Besides the usual descriptive statistics and plots to summarize the data, we have also used multivariate analysis techniques. Firstly, due to the asymmetric distribution of parasitoids abundances, we have applied a square root transformation to the raw data. The dissimilarities between sampling sites have been calculated using the Bray-Curtis index. As a preliminar exploratory representation technique, we have performed Kruskal's non-metric multidimensional scaling (NMDS). Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA) has been used to test for significant differences between years, applying a two way crossed design (site specified as a random effects factor and year as a fixed effects factor). Canonical analysis of principal coordinates (CAP) has been

128 executed to obtain a representation that maximizes the differences between years in a two
 129 dimensional space. Finally, a similarity percentages analysis (SIMPER) has been applied
 130 to explain better those species that mainly contribute to the similarity (or dissimilarity)
 131 within and between groups. All these analysis techniques have been executed using the
 132 software PRIMER 7 with PERMANOVA+.

133

134

135 **Results and discussion**

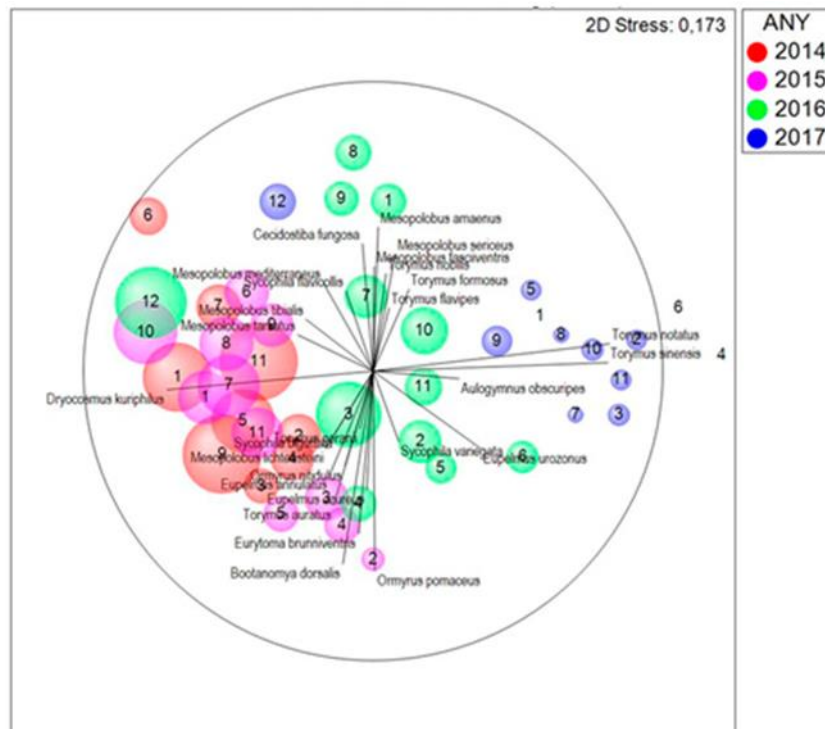
136

137 We have considered Catalonia as a "global population", sampling a series of 12
 138 sites over a four-year period.

139 As an exploratory representation technique, we have chosen a Kruskal's NMDS
 140 in order to visualize the relationships between sampling sites and their variations over the
 141 four years. The interpretation of this representation can be quite revealing as close
 142 observations possibly denote similar species community compositions. The correlations
 143 between the square root transformed abundances (species) and the axes of the NMDS has
 144 been represented, allowing us to relate the species and the observations (sampling sites
 145 and years). The representation of the result of Kruskal's NMDS in a two-dimensional
 146 space (Fig. 2) is acceptable from the point of view of dimensionality reduction (Stress =
 147 0.17). No characteristic pattern is observed with regard to the sampling sites, but different
 148 distribution of the observations for each year is evident.

149

150



151

152 **Figure 2.** Two-dimensional representation obtained with Kruskal's NMDS. Numbers indicate sample sites
 153 and bubble size denotes abundance of *D. kuriphilus*. Years are marked with different colours, as it is stated
 154 on the legend. Lines inside the circle represent the correlations between the species and the NMDS axes.
 155

156

157

158 Years 2014 and 2015, when *D. kuriphilus* populations were high, appear on the
 159 left of the graph. Apparently, they are not too different the ones from each other since

160 they appear partially mixed in the representation. This may be explained because 2014
 161 has fewer sampling sites than 2015. Year 2016 is in an intermediate position, representing
 162 an intermediate change in populations taking into account the previous and the following
 163 years. Finally, 2017, which is clearly on the right, would end with a definitive change in
 164 the composition of the parasitoid community, where the populations of *D. kuriphilus* have
 165 been drastically reduced. In the opposite direction, we observe that *Torymus notatus* and
 166 *Torymus sinensis* populations show clearly an inverse relationship with *D. kuriphilus*
 167 populations. Correlations circle for the abundances of the species with the axes tells that
 168 there has been an obvious change in the structure of the community over the years, with
 169 a transition of the species.

170 The execution of a two-way crossed design with PERMANOVA (Table 1)
 171 allowed us to detect that there are statistical significant differences between years
 172 ($p=0.0001$) and variability between sites ($p=0.0051$) as well.

173

174 **Table 1.** Results of application of the two-way crossed PERMANOVA model (factors year and site).
 175 Statistically significant values are in red.

176

| | | | | | | Unique |
|--------------|----|-------|--------|----------|---------------|--------|
| Source | df | SS | MS | Pseudo-F | P(perm) | perms |
| YEAR | 3 | 41417 | 13806 | 10,65 | 0,0001 | 9926 |
| ORDER | 11 | 22191 | 2017,4 | 1,5563 | 0,0051 | 9832 |
| Res | 29 | 37592 | 1296,3 | | | |
| Total | 43 | 98987 | | | | |

177

178

179

180

181

182

183

184

185

186

187

188

189

190

191

We subsequently applied pairwise comparisons tests between years. Results show
 significant differences (p -value lower than 0.0083, which is the threshold of the
 Bonferroni correction for six comparisons and risk $\alpha=0.05$) for all comparisons except
 for the case of 2014 vs 2015 (Table 2). In fact, NMDS analysis had previously anticipated
 what PERMANOVA now confirms. In other words, community composition has been
 changing significantly over the years, except between 2014 and 2015 (nevertheless we
 have to note that $p=0.0094$ is very close to the threshold and maybe a major number of
 sampling sites would be able to detect significant differences).

Table 2. Results of the pairwise comparisons tests between years. Statistically significant values are in red,
 denoting a p -value lower than 0.0083 (Bonferroni correction).

| | | | Unique |
|------------|--------|---------------|--------|
| Groups | t | P(perm) | perms |
| 2014, 2015 | 1,9386 | 0,0094 | 9941 |
| 2014, 2016 | 2,2487 | 0,0033 | 9950 |
| 2014, 2017 | 4,2223 | 0,0002 | 9942 |
| 2015, 2016 | 2,5258 | 0,0012 | 9940 |
| 2015, 2017 | 4,4149 | 0,0001 | 9949 |
| 2016, 2017 | 3,0647 | 0,0004 | 993 |

192

193

194

195

196

197

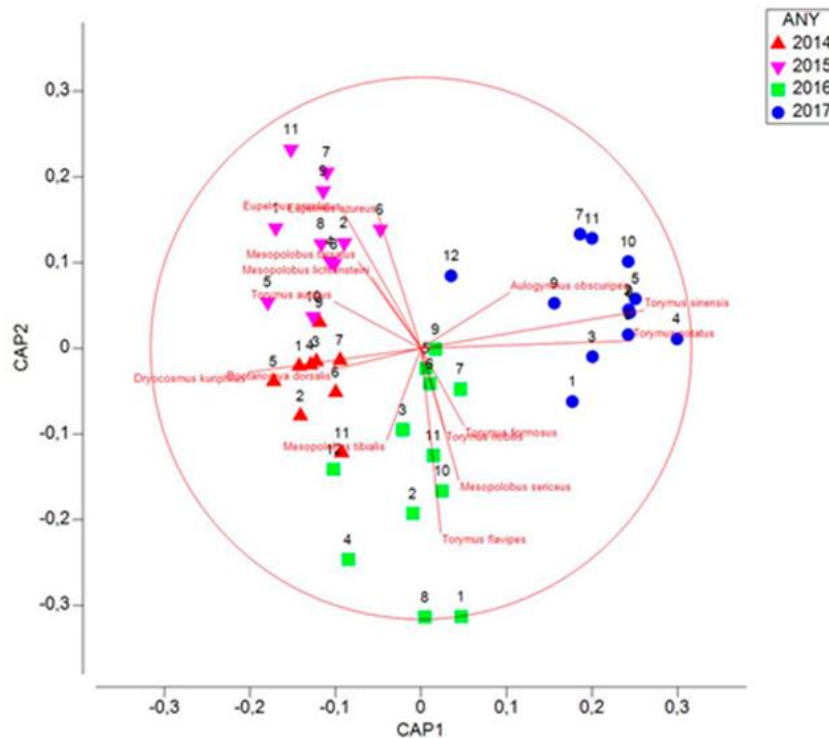
Sample sites have been specified as a random factor. This implies that we consider
 them "representatives" of all possible sampling sites in Catalonia, without presupposing
 that they have been chosen according to specific or differential characteristics. The result

198 has been that there is significant variability between sites, that is to say, there are
 199 differences between locations. However, given that this factor has been labelled as
 200 random, it is not methodologically consistent to make paired comparisons with it. Despite
 201 all these considerations, once executed pairwise comparisons between sites (Appendix 1)
 202 no significant differences have come out. These results may seem contradictory but it is
 203 probably due to sample sizes resulting in a poor statistical power of the tests. That is why
 204 if we consider "site" to be a random effect factor, it is not consistent to show paired
 205 comparisons as a result; but if the test is done anyway (in fact considering "site" as a fixed
 206 factor), we detect no significant difference. Therefore, the only option left is to discuss
 207 the results of comparisons between sites from a descriptive point of view, that is, from
 208 their relative positions in the graphs.

209 This consideration is consistent with certain monotony that chestnut stands have
 210 as a trophic niche for the gale-inducing cynipid in our study area. Proximity between
 211 sites, even being ecologically different, may represent a homogenizer effect for the
 212 parasitoid complex as well. Jara Chiquito et al. (2019) mentioned that the more diversity
 213 in oak species, which act as reservoirs for parasitoids, the more diversity in number of
 214 new recruited native parasitoid species.

215 As seen, the PERMANOVA analysis allowed us to detect significant differences
 216 between years. Therefore, we have decided to apply a CAP. The purpose of this technique
 217 is searching for those axes in the multivariate space that are the best in the sense of
 218 optimally discriminating between groups, in this case, between years. Likewise,
 219 information used is that one provided by the Bray-Curtis distances matrix.

220



221

222

223 **Figure 3.** Representation of the two first axes obtained with CAP, denoting the observations belonging to
 224 each year. Numbers indicate sample sites and lines inside the circle represent the correlations between the
 225 species and the CAP axes.

226

227

228

In this case, CAP technique allows us to obtain a two-dimensional space that maximizes the separation, meaning the differences, of the observations between years

229 (Fig. 3). Its interpretation is qualitatively similar to that obtained with NMDS, in the sense
 230 of allowing us to see a transition between years. Contrast between *D. kuriphilus* in front
 231 of *T. notatus* and *T. sinensis* is evident here, with 2016 being a year of transition between
 232 the composition of 2014-2015 and 2017. In this case, the populations of parasitoids in
 233 2014 and 2015 are separated (to the left of the graph), which reinforces the hypothesis
 234 that there has also been significant changes in the community composition in these two
 235 years, despite the p-value in the PERMANOVA pairwise comparison (nearly significant,
 236 but above the threshold once applied the Bonferroni correction).

237 We have seen that the recruited species of parasitoids and those of the cynipid
 238 itself vary over the years in time and not so much so between the different sampling sites.
 239 This implies a homogeneous behaviour of the pest throughout the territory. The
 240 application of SIMPER analysis allows us to identify the most characteristic species of
 241 each year and, at the same time, those that have varied the most between years and that
 242 explain the differences in the composition of communities.

243 We observe that the most abundant species in 2014 and 2015 is, by far, *D.*
 244 *kuriphilus*. It remains the most abundant in 2016, but with a clear reduction in abundance,
 245 which is strongly accentuated in 2017. *Bootanomyia dorsalis* is the second most abundant
 246 species in 2014 and maintains its population in 2015 and 2016, but its abundance
 247 decreases dramatically in 2017. On the other hand, *Torymus flavipes* and *T. notatus* make
 248 important rises and become the second and third most abundant species in 2016, being
 249 noteworthy that *T. notatus* had not been identified in 2014 and 2015 samplings. Finally,
 250 *T. sinensis* appears in some sample sites in 2016 and becomes the most abundant species
 251 in 2017, with *T. notatus* being the second, with a strong growth compared to 2016.

252
 253 The comparison between years of the community composition allows us to see a
 254 population transition, in the sense of appearance and disappearance of species, or strong
 255 growths and decreases in their abundances. At overall level, the comparison between
 256 2014 and 2017 show us how *T. sinensis* goes from being non-existent to becoming the
 257 most abundant species. Similarly happens with *T. notatus*. At the same time, we can
 258 observe that there has been a drastic reduction in the abundance of *D. kuriphilus*. On the
 259 other hand, there is also a remarkable reduction of *Bootanomyia dorsalis* in these years.
 260 Changes in these four species populations between 2014 and 2017 explain 70% of the
 261 dissimilarity of the community composition occurred over those four years.

262 Then, we can evaluate average similarity between sites for each year (Appendix
 263 2). For example, in 2014, the average similarity is 51.58 (on a scale of 0 to 100) or, what
 264 is the same, the average dissimilarity is 48.42. We see that the lowest similarity between
 265 sites is in 2016 (39.79), which means that there are relevant differences between sites in
 266 the composition of the community.

267 SIMPER analysis calculates how much each species participates in the total
 268 similarity, that is, it calculates the decomposition of the total similarity with the
 269 contribution of each species (Appendix 2). In 2014, the species that contributes the most
 270 to similarity between sites is *D. kuriphilus* (32.26 for a total 51.58, which is equivalent to
 271 62.55% of the total similarity), with an average abundance of 13.86 observations
 272 (remember that abundances have been square root transformed). The "Sim/SD" column
 273 is the mean similarity divided by the typical deviation (SD) of the similarities at each site.
 274 Comparatively, a high value (low relative value of SD) indicates that the species has
 275 consistently contributed to the total similarity, so this means that in all (or in many of) the
 276 sites their contribution has been relevant. We can see that *D. kuriphilus* has not only been
 277 the species with a higher average contribution, but has done so in a "regular" manner at
 278 the sites (quotient Sim/SD high). If we examine the species of each of the years in a

279 cumulative contribution of 75% maximum similarity (Appendix 2) we observe that 2
 280 species participate in 2014 (*D. kuriphilus* and *B. dorsalis*) but *D. kuriphilus* contributes
 281 with 62.55% and *B. dorsalis* with 10.30%. Then a total four species participate in 2015
 282 (*D. kuriphilus*, *E. annulatus*, *S. variegata* and *E. azureus*) highlighting the cumulative
 283 similarity contribution of *D. kuriphilus* with 49.48%. In 2016, participate also four species
 284 (*D. kuriphilus*, *T. flavipes*, *T. notatus* and *M. sericeus*) where the highest contribution is
 285 also that one of *D. kuriphilus* with 36.03%, followed by *T. flavipes* and *T. notatus* with
 286 19.63% and 11.43%, respectively. Finally, in 2017 things change drastically since the
 287 species that aggregate together 75% of cumulative similarity are precisely those ones that
 288 end up controlling the plague (*T. sinensis* with 41.18% and *T. notatus* with 33.22%).
 289 These data indicate that during the first years the pest species is precisely the dominant
 290 one (although some parasitoid species are also involved to a lesser degree), but at the
 291 same time show that over the years the importance of *D. kuriphilus* is decreasing from
 292 62.55% in 2014 to 4.58% in 2017. Meanwhile the contributions of *T. notatus* and *T.*
 293 *sinensis* are the ones becoming the most important in the populations studied in 2017. On
 294 the other hand, the fact that parasitoid species involving 75% of the cumulative similarity
 295 vary along the whole period, demonstrate that there are population changes between the
 296 different species and years.

297 In another way, we can do a similar analysis comparing two years and analyzing
 298 how the dissimilarity is fragmented depending on the contribution of each species
 299 (Appendix 3). For instance, let us have a look at the results for 2014-2015. The average
 300 dissimilarity between the sites for both years is 53.97 (or similarity 46.03). When
 301 examining the species with a cumulative contribution of 75% maximum similarity, we
 302 observe that the species that contributes the most to the difference between both years is
 303 *D. kuriphilus* (Appendix 3), which goes from an abundance of 13.86 in 2014 to 9.60 in
 304 2015, being its contribution to the dissimilarity 13.12 (24.30% for a total of 53.97). Here
 305 Diss/SD quotient is one of the highest, confirming that it is not an isolated event at one
 306 (or a few) sites, for example. In this sense, it is also relevant that the evident increase of
 307 *E. annulatus* and *E. azureus* species is accompanied by high values of Diss/SD (1.57 and
 308 1.57 respectively), confirming that it is not an isolated site fact, as well. Similar comments
 309 could be made between the other pairs of years compared (Appendix 3). We can see that
 310 *D. kuriphilus* is always present in all the dissimilarities with a high average contribution,
 311 but "regularly" in the sites (high Sim/SD quotient), it is to say, its Diss/SD value not
 312 always is the higher.

313 If we examine the species of each year, per pairs of consecutive years with a
 314 cumulative contribution of 75% maximum similarity, we observe that (Appendix 3) in
 315 2014-2015 participate eight species (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis*, *O. pomaceus*, *E.*
 316 *annulatus*, *E. azureus*, *S. variegata*, *T. flavipes* and *T. auratus*). Nevertheless, *D.*
 317 *kuriphilus* does so with 24.30% contribution and *B. dorsalis* with 13.15%, being this
 318 contribution lower than 10% (between 4.40 and 8.87) for the rest of mentioned species.

319 In 2015-2016, there was an increase in species and replacement of some of them
 320 (for example *T. auratus* by *T. notatus*). A total nine species participate (*D. kuriphilus*, *B.*
 321 *dorsalis*, *O. pomaceus*, *E. annulatus*, *E. urozonus*, *S. variegata*, *M. sericeus*, *T. flavipes*
 322 and *T. notatus*). Here the contribution of cumulative similarity of both *D. kuriphilus* with
 323 13.06% and *T. flavipes* with 10.94% and being this contribution less than 10% (between
 324 3.30 and 9.63) for the other mentioned species.

325 The situation changes radically in 2016-2017 since 7 species participate (*D.*
 326 *kuriphilus*, *B. dorsalis*, *O. pomaceus*, *E. urozonus*, *T. flavipes*, *T. sinensis* and *T. notatus*)
 327 with an average dissimilarity of 70,47. This time *D. kuriphilus* is not the species that
 328 contributes the most in dissimilarity since it is clearly surpassed by *T. sinensis* (with

Resultats

329 12.72% and 20.94 respectively) being the contribution of *T. notatus* also high (12.59%)
 330 and that of the rest of the species less than 10% (between 4.82% and 8.63).

331 Taking the first and last year sampled (2014-2017) we obtain a very high average
 332 dissimilarity of 80.87 which makes evident a very different population set, where 5
 333 species (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis*, *S. variegata*, *T. sinensis* and *T. notatus*) aggregate 75%
 334 of cumulative similarity. *Torymus sinensis* (with 24.21%) and *T. notatus* (with 18.19%)
 335 are the species that end up controlling the pest, while the high dissimilarity value of *D.*
 336 *kuriphilus* (21.77%) is precisely due to the drastic population decline of this pest species.

337 Although there is a population replacement by pairs of years with a maximum
 338 cumulative dissimilarity of 75%, we see that three species (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis* and
 339 *S. variegata*) are always present, *T. notatus* appears in the intermediate period remaining
 340 until the end, and *T. sinensis* appears at the end.

341 This also means a functional change in the recruitment process of parasitoids over
 342 time, so we could consider a population transition, taking into account Elton's postulates
 343 (Elton, 1958). Therefore, polyphagous or more generalist species appear first, then
 344 secondary parasitoids with hyperparasitoids and finally specialist parasitoids,
 345 competitively superior in the range of available resources represented by the niche of
 346 chestnut galls (Stachowicz & Tilman, 2005).

347 In summary, although species recruitment number is increasing year after year
 348 (Table 3), the populations of these species suffer population variations, so that a
 349 statistically significant change occurs in them along a transition of the species pool per
 350 each year. Because of this transition, pest species *D. kuriphilus* declines until it is finally
 351 controlled by the combined parasitism of *T. sinensis* and *T. notatus* together with the more
 352 discreet intervention of the other parasitoid species that are present in different population
 353 abundances over the years.

354 **Table 3.** Emerged parasitoid species of *D. kuriphilus* ordered by annual emergence. For each genus of
 355 Cynipini present in the Iberian Peninsula, indicates the number of morphogalls that emerge in Europe (EU),
 356 Spain (Ñ) and Catalonia (CAT). Years are expressed in ordinal numbers: 1: 2013, 2: 2014, 3: 2015, 4: 2016
 357 and 5: 2017. Regarding *Eupelmus azureus* there are no reliable data and *Torymus sinensis* is an introduced
 358 species. Data prepared from Askew *et al.* (2013).
 359
 360

| Anualitats | Espècies parasitoides | Gèneres de Cynipini presents a la PI i nombre de morfogales amb emergència de parasitoids a EU (Ñ/CAT) | | | | | | | | | TOTAL EU (Ñ/CAT) |
|---------------|----------------------------------|--|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|----------------------|-------------------------|------------------|--------------------|---------------------|
| | | <i>Andricus</i> | <i>Biorhiza</i> | <i>Callirhytis</i> | <i>Cynips</i> | <i>Neuroterus</i> | <i>Plagiotrochus</i> | <i>Pseudoneuroterus</i> | <i>Synophrus</i> | <i>Trigonaspis</i> | |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 54 (20/11) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 8 (5/4) | 6 (3/1) | 5 (5/4) | 3 (1/1) | 1 (0/0) | 2 (1/0) | 82 (37/23) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Eurytoma bruniventris</i> | 64 (16/14) | 1 (1/1) | 3 (1/1) | 7 (4/4) | 8 (6/5) | 6 (6/5) | 2 (1/1) | | 2 (1/0) | 91 (36/31) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 59 (19/15) | 1 (1/1) | | 7 (4/4) | 8 (7/5) | 10 (10/10) | 3 (1/1) | | 2 (2/0) | 90 (44/36) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Bootanyomyia dorsalis</i> | 39 (14/12) | 1 (1/1) | 3 (2/1) | 4 (1/0) | | 5 (5/4) | 2 (1/1) | | 1 (1/0) | 55 (25/19) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Torymus flavipes</i> | 18 (3/3) | 1 (1/1) | | 4 (1/1) | 9 (6/4) | 2 (2/2) | 1 (0/0) | | 1 (0/0) | 36 (13/11) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 26 (10/8) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | 5 (2/1) | 5 (4/4) | 1 (1/1) | | | | 39 (18/15) |
| 1, -, 3, 4, - | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 4 (2/1) | | | | | 1 (1/1) | | | | 5 (3/2) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Sycophyla biguttata</i> | 48 (14/12) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 8 (4/2) | 7 (7/3) | 2 (2/2) | 2 (1/1) | | 3 (1/0) | 73 (31/22) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Sycophyla variegata</i> | 23 (7/3) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 3 (0/0) | 2 (2/0) | 6 (6/5) | 1 (1/1) | | | 38 (8/11) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 43 (9/6) | 1 (1/1) | | 4 (2/1) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | | 52 (12/8) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Torymus auratus</i> | 25 (6/4) | 1 (1/1) | | 6 (4/2) | 5 (1/0) | 1 (1/1) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | 2 (0/0) | 42 (14/9) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 44 (4/3) | 1 (1/1) | | 6 (0/0) | 1 (0/0) | | | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 54 (5/4) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 7 (6/4) | 1 (1/1) | | 2 (2/0) | 4 (4/3) | 5 (5/4) | 1 (0/0) | | | 20 (18/12) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 6 (4/3) | | | | | 10 (10/7) | 1 (1/1) | | | 17 (15/11) |
| 2, -, 4, - | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 59 (11/9) | 1 (1/1) | | 8 (5/3) | 9 (9/6) | 5 (5/2) | 1 (1/1) | | 2 (1/0) | 43 (32/22) |
| 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 26 (2/1) | 1 (1/1) | | 7 (3/1) | 9 (5/3) | | 2 (0/0) | | 3 (1/0) | 48 (12/6) |
| 3, 4, 5 | <i>Torymus geranii</i> | 10 (1/1) | 1 (1/1) | | 7 (3/2) | 2 (0/0) | | | | 1 (1/0) | 21 (5/5) |
| 3, 4, 5 | <i>Eupelmus azureus</i> | | | | | | | | | | |
| 4, 5 | <i>Mesopolobus amaesus</i> | 28 (6/3) | 2 (0/0) | | 4 (0/0) | 3 (1/1) | | | | | 37 (7/4) |
| 4, 5 | <i>Torymus notatus</i> | 3 (3/2) | 1 (1/0) | | | 2 (1/0) | 5 (5/4) | | 1 (0/0) | | 12 (10/6) |
| 4, 5 | <i>Torymus nobilis</i> | 4 (2/1) | 1 (1/0) | | | | | | | 1 (0/0) | 6 (3/1) |
| 4, 5 | <i>Torymus formosus</i> | 3 (2/1) | | | | | | | | 1 (0/0) | 4 (2/1) |
| ?, 4, 5 | <i>Torymus sinensis</i> | | | | | | | | | | |
| 4, - | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 41 (8/5) | 2 (1/1) | 2 (0/0) | 6 (3/1) | 2 (0/0) | | 3 (1/1) | | 2 (0/0) | 58 (13/8) |
| 5 | <i>Mesopolobus xanthocerus</i> | 28 (8/5) | 1 (1/1) | | | 4 (3/2) | 4 (4/1) | 1 (1/1) | | 1 (0/0) | 39 (17/10) |
| 5 | <i>Sycophila flavicollis</i> | 10 (4/1) | | 2 (0/0) | | | 4 (4/4) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | | 18 (9/6) |
| 5 | <i>Aulogymnus obscuriceps</i> | 7 (2/2) | | | | | | 1 (0/0) | | | 8 (2/2) |
| 5 | <i>Mesopolobus albirtarsus</i> | 4 (0/0) | | | | 1 (0/0) | | | | | 5 (0/0) |
| 5 | <i>Torymus erucarum</i> | 5 (1/1) | | | 2 (0/0) | | | | | | 7 (1/1) |
| 5 | <i>Bootanyomyia dumicola</i> | | | | | | 1 (1/0) | | | | 1 (1/0) |

361
 362

363 On the other hand, sites with chestnut stands neighboured by other forest species
 364 and vegetation are not significantly different in terms of parasitoid populations. This may
 365 be due to the fact of proximity, where natural dispersion of parasitoids is very high and
 366 easy, whether by their own flight or by the wind. At the same time, galls on chestnut trees
 367 represents a relatively homogenous trophic niche, also explaining homogenization of the
 368 parasitoid species pool.

369
 370

371 References

372

- 373 Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, G., Quacchia, A., Alma, A. & Stone, G.N. 2007.
 374 Native and induced parasitoides attacking the invasive chestnut gall wasp
 375 *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, 37: 166-171.
- 376 Al Khatib, F., Fusu, L., Cruand, A., Gibson, G., Borowiec, N., Rasplus, J.Y., Ris, N. and
 377 Delvare, G. 2014. An integrative approach to species discrimination in the
 378 *Eupelmus urozonus* complex (Hymenoptera, Eupelmidae), with the description
 379 of 11 new species from the Western Palaearctic. *Syst. Entomol.*, 39, 806–862.
- 380 Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance.
 381 *Austral Ecology* 26: 32-46.
- 382 Anderson, M.J. & Robinson, J. 2003. Generalized discriminant analysis based on
 383 distances. *Australian & New Zealand Journal of Statistics* 45: 301-318.
- 384 Anderson, M.J. & Willis, T.J. 2003. Canonical analysis of principal coordinates: a useful
 385 method of constrained ordination for ecology. *Ecology* 84: 511-525.
- 386 Askew, R.R. 1961a. On the biology of the inhabitants of oak galls of Cynipidae
 387 (Hymenoptera) in Britain. *Trans. Soc. Brit. Ent.*, 14, 237–268.
- 388 Askew, R.R. 1961b. On the Palaearctic species of *Syntomaspis* Förster (Hym.,
 389 Chalcidoidea, Torymidae). *Entomol. Mon. Mag.*, 46, 184-191.
- 390 Avtzis, D.N., Melika, G., Matošević, D. & Coyle, D.R., 2019. The Asian chestnut gall
 391 wasp *Dryocosmus kuriphilus*: a global invader and a successful case of classical
 392 biological control. *Journal of Pest Science*, 92(9): 107-115. DOI:
 393 10.1007/s10340-018-1046-1
- 394 Aymerich, P., Carreras J., Carrillo, E., Ferré A., Guardiola M., Masalles, R.M., Mercadal,
 395 G., Mercadé A., Pérez-Haase, A., Salvat, A. and Vilar R., 2015. Castanyedes. In
 396 *Manual dels Hàbitats de Catalunya*. J. Carreras, A. Farré and J. Vigo (eds.).
 397 Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya, Barcelona,
 398 vol. 6.4, pp. 74-75.
- 399 Bray, J.R. & Curtis, J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern
 400 Wisconsin. *Ecological Monographs* 27: 325-349.
- 401 Brussino, G., Bosio, G., Baudino, M., Giordano, R., Ramello, F. & Melika, G., 2002.
 402 Nuovo cinipide galligeno in Piemonte. Pericoloso insetto esotico per il castagno
 403 europeo. *L'Informatore Agrario*, 37: 59-61.
- 404 Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community
 405 structure. *Aust J Ecol* 18:117–143
- 406 Doğanlar, M. 2011. Review of Palearctic and Australian species of *Bootanomyia* Girault
 407 1915 (Hymenoptera: Torymidae: Megastigminae), with descriptions of new
 408 species. *Turk. J. Zool.*, 35(2), 123-157.
- 409 Dorado, F.J., Pujade-Villar, J., Muñoz-Adalia, E.J., Vinagrero, J.C., Diez-Casero, J.J. &
 410 Fernández-Fernández, M.M. 2020. Characterization of native parasitoid
 411 community associated with the invasive pest *Dryocosmus kuriphilus*

- 412 (Hymenoptera: Cynipidae) in Cantabria (northern Spain), *Scandinavian Journal*
 413 *of Forest Research*, 35:7: 334-340. DOI: 10.1080/02827581.2020.1808055
- 414 Elton, C.S. 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. University of Chicago
 415 Press.
- 416 Francati, S., Alma, A., Ferracini, C., Pollini, A. & Dindo, M.L. 2015. Indigenous
 417 parasitoides associated with *Dryocosmus kuriphilus* in a chestnut production
 418 area of Emilia Romagna (Italy). *Bulletin of Insectology*, 68 (1): 127-134.
- 419 Fusu, L. 2017. An integrative taxonomic study of European *Eupelmus* (*Macroneura*)
 420 (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae), with a molecular and cytogenetic
 421 analysis of *Eupelmus* (*Macroneura*) *vesicularis*: several species hiding under
 422 one name for 240 years. *Zool. J. Linnean Soc.*, 20, 1–85.
- 423 Gehring, E., Bellosi, B., Quacchia, A. & Conedera, M. 2017. Assessing the impact of
 424 *Dryocosmus kuriphilus* on the chestnut tree: branch architecture matters. *J. Pest*
 425 *Sci.*, 91: 189–202.
- 426 Gehring, E., Bellosi, B., Quacchia, A., & Conedera, M. 2018. Assessing the impact of
 427 *Dryocosmus kuriphilus* on the chestnut tree: branch architecture matters. *Journal*
 428 *of Pest Science*, 91: 189–202.
- 429 Gibson, G.A.P. 2011. The species of *Eupelmus* (*Eupelmus*) Dalman and *Eupelmus*
 430 (*Episolidelia*) Girault (Hymenoptera: Eupelmidae) in North America north of
 431 Mexico. *Zootaxa*, 2951, 1–97.
- 432 Gibson, G.A.P. and Fusu, L. 2016. Revision of the Palearctic species of *Eupelmus*
 433 (*Eupelmus*) Dalman (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae). *Zootaxa*,
 434 4081(1), 001–331.
- 435 Gil-Tapetado, D., Gómez, J.F., Cabrero-Sañudo, F.J. & Nieves-Aldrey, J.L. 2018.
 436 Distribution and dispersal of the invasive Asian chestnut gall wasp, *Dryocosmus*
 437 *kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), across the heterogeneous landscape of the
 438 Iberian Peninsula. *European Journal of Entomology*, 115: 575-586. DOI:
 439 10.14411/eje.2018.055
- 440 Gil-Tapetado, D., Castedo-Dorado, F., Nieves-Aldrey, J.L. & Lombardero, M.J. 2021.
 441 Gall size of *Dryocosmus kuriphilus* limits down-regulation by native
 442 parasitoides. *Biological Invasions*, 23(4):1157-1174.
 443 DOI:10.1007/14411/s10530-020-02427-x
- 444 Gómez, J.F., Hernández Nieves, M., Gayubo, D.F. and Nieves-Aldrey, J.L. 2017.
 445 Terminal-instar larval systematics and biology of west European species of
 446 Ormyridae associated with insect galls (Hymenoptera, Chalcidoidea). *ZooKeys*,
 447 644, 51-88.
- 448 Gómez, J.F. and Nieves-Aldrey, J.L. 2012. Notes on the larval morphology of
 449 Pteromalidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) species parasitoids of gall wasps
 450 (Hymenoptera: Cynipidae) in Europe. *Zootaxa*, 3189, 39–55.
- 451 Gómez, J.F. and Nieves-Aldrey, J.L. 2017. Terminal-instar larval morphology and
 452 systematics of Eulophidae and Eupelmidae species (Hym., Chalcidoidea)
 453 parasitoids of gall wasps (Hym., Cynipidae) communities from Europe. *Ins. Syst.*
 454 *Evol.*, 48, 1–28.
- 455 Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L. and Hernández Nieves, M. 2008. Comparative
 456 morphology, biology and phylogeny of terminal-instar larvae of the European
 457 species of Toryminae (Hym., Chalcidoidea, Torymidae) parasitoids of gall
 458 wasps (Hym. Cynipidae). *Zool. J. Linnean Soc.*, 154, 676-721.
- 459 Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L., Hernández Nieves, M. and Stone, G.N. 2011.
 460 Comparative morphology and biology of terminal instar larvae of some

- 461 *Eurytoma* (Hymenoptera, Eurytomidae) species parasitoids of gall wasps
 462 (Hymenoptera, Cynipidae) in Western Europe. *Zoosystema*, 33(3), 287–323.
- 463 Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L. and Stone, G.N. 2013. On the morphology of the
 464 terminal-instar larvae of some European species of *Sycophila* (Hymenoptera,
 465 Eurytomidae) parasitoids of gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae). *J. Nat. Hist.*,
 466 47(47–48), 2937–2960.
- 467 Graham, M.W.R. de V. 1969. The Pteromalidae of north-western Europe (Hymenoptera:
 468 Chalcidoidea). *Bull. Brit. Mus (Nat. Hist.) Entomology*, Supplement 16, 1-908.
 469 10
- 470 Graham, M.W.R. de V. and Gijswijt, M.J. 1998. Revision of the European species of
 471 *Torymus* Dalman (Hymenoptera: Torymidae). *Zool. Verh. Leiden*, 317, 1-202.
- 472 Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982
 473 (Hymenoptera, Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució*
 474 *Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.
- 475 Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2022. Clau de determinació d'espècies parasitoides
 476 (Hym.: Chalcidoidea) de la vespeta del castanyer a Catalunya i comentaris de la
 477 seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym.: Cynipini). *Butlletí*
 478 *de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86 (2): 67-85.
- 479 Jara-Chiquito, J.L., Askew, R. & Pujade-Villar, J. 2019. The invasive asian chestnut gall
 480 wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Spain: native
 481 parasitoid recruitment and associations with oak gall inducers in Catalonia.
 482 *Forestry*, 93(1): 178-186. DOI:10.1093/forestry/cpz061
- 483 Jara-Chiquito, J.L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento
 484 de himenópteros parasitoides autóctonos para la Avispilla del Castaño en
 485 Cataluña. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219-226.
- 486 Jennings & Askew, R.R. 2020. Recruitment of native parasitoides by an introduced gall
 487 wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in
 488 Britain and France. *Entomologist's Monthly Magazine*, 156: 111-116. DOI:
 489 10.31184/M00138908.1562.4034
- 490 Kato, K., & Hiji, N. 1997. Effects of gall formation by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu
 491 (Hym., Cynipidae) on the growth of chestnut trees. *Journal of Applied*
 492 *Entomology*, 121(1-5): 9-15.
- 493 Kos, K., Kriston, E. & Melika, G. 2015. Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus*
 494 *kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and
 495 association with oak gall wasps in Slovenia. *European Journal of Entomology*,
 496 112(4): 698-704. DOI: 10.14411/eje.2015.091
- 497 Kruskal, J.B. 1964. Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method.
 498 *Psychometrika*, 2, 115-129.
- 499 Matošević, D. & Melika, G. 2013. Recruitment of native parasitoides to a new invasive
 500 host: First results of *Dryocosmus kuriphilus* parasitoid assemblage in Croatia.
 501 *Bulletin of Insectology*, 66(2): 231-238.
- 502 Mc Ardle, B.H. & Anderson, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data:
 503 a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.
- 504 Melika, G., Memtsas, G. I., Nicholls, J. A. & Avtzis, D. N. 2018. New species of cynipid
 505 inquiline, *Saphonecrus kuriphilusi* (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini), from
 506 *Dryocosmus kuriphilus* galls in Greece. *Zootaxa*, 4441 (1): 109-120. DOI:
 507 10.11646/zootaxa.4441.1.6
- 508 Murakami Y., Ao H.B. and Chang C.H. 1980. Natural enemies of the chestnut gall wasp
 509 in Hopei Province, China (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Appl. Entomol. Zool.*
 510 15, 184-186.

- 511 Muru, D., Borowiec, N., Thaon, M., Ris, N., Viciriuc, M.I., Warot, S. & Vercken, E.
 512 2021. The open bar is closed: restructuration of a native parasitoid community
 513 following successful control of an invasive pest. *Peer Community Journal*, 1:
 514 e30. DOI: 10.24072/pcjournal.43
- 515 Nieves-Aldrey, J.L., Hernández Nieves, M. and Gómez, J.F. 2008. Larval morphology
 516 and biology of three European species of *Megastigmus* (Hymenoptera,
 517 Torymidae, Megastigminae) parasitoids of gall wasps, including a comparison
 518 with the larvae of two seed-infesting species. *Zootaxa*, 1746, 46–60.
- 519 Nieves-Aldrey, J.L., Gil-Tapetado, D., Gavira, O.N., Boyero J.R., Polidori, C.,
 520 Lombardero, M.J., Blanco, D., Rey del Castillo, C., Rodríguez-Rojo, M.P., Vela,
 521 J.M. & Wong, M.E. 2019. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against
 522 the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its
 523 natural dispersal from France and first data on establishment after experimental
 524 releases. *Forest Systems*, 28(1): e001. <https://doi.org/105424/fs/2019281-14361>
- 525 Panzavolta, T., Bernardo, U., Bracalini, M., Cascone, P., Croci, F., Gebiola, M., Iodice,
 526 L., Tiberi, R. & Guerrieri, E. 2013. Native parasitoides associated with
 527 *Dryocosmus kuriphilus* in Tuscany, Italy. *Bulletin of Insectology*, 66 (2): 195-
 528 201.
- 529 Panzavolta, T., Croci, F., Bracalini, M., Melika, G., Benedettelli, S. Tellini Florenzano,
 530 G. & Tiberi, R. 2018. Population dynamics of native parasitoides associated with
 531 the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Italy. *Psyche*, ID
 532 8078049, 13 pp. DOI:<https://doi.org/10.1155/2018/8078049>
- 533 Pérez-Otero, R., Crespo, D. & Mansilla, J.P. 2017. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu,
 534 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Galicia (NW Spain): pest dispersion,
 535 associated parasitoides and first biological control attempts. *Archivos*
 536 *entomológicos*, 17: 439-448.
- 537 Pujade-Villar, J. 1989. Sobre la variabilitat morfològica d'algunes espècies dels
 538 Ormyridae Foerster, una nova família d'himenòpters per a Catalunya
 539 (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Sessions Entomològiques ICHN-SCL*, 5(1987):
 540 77-90.
- 541 Pujade-Villar, J. 1994. Especies de *Mesopolobus* (Hym., Pteromalidae) asociadas a
 542 agallas de Cynipini (Hym., Cynipidae) Nordeste Ibérico y notas sobre la validez
 543 de *M. lichtensteini*. *Eos*, 69, 63-73
- 544 Pujade-Villar J., Torrell, A. & Rojo, M. 2013. Primeres troballes a la península Ibèrica
 545 de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípid d'origen
 546 asiàtic altament perillosa pel castanyer (Fagaceae). *Orsis*, 27: 295-301.
- 547 Quacchia, A., Ferracini, C., Nicholls, J.A., Piazza, E., Saladini, M., Tota, F., Melika, G.
 548 & Alma, A. 2013. Chalcid parasitoid community associated with the invading
 549 pest *Dryocosmus kuriphilus* in north-western Italy. *Insect Conservation and*
 550 *Diversity*, 6(2): 114-123. DOI: 10.1111/j.1752-4598.2012.00192.x
- 551 Sartor, C., Dini, F., Marinoni, D.T., Mellano, M.G., Beccaro, G.L., Alma, A., Quacchia,
 552 A., & Botta, R. 2015. Impact of the Asian wasp *Dryocosmus kuriphilus*
 553 (Yasumatsu) on cultivated chestnut: Yield loss and cultivar susceptibility.
 554 *Scientia Horticulturae*, 197: 454-460.
- 555 Soares Cardoso, J.F. 2020. *The endemic parasitoides of the chestnut gall wasp*
 556 *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Portugal and
 557 biocontrol with *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae). Tesis de
 558 maestría. [Disponble a: <http://hdl.handle.net/1822/73648>; [data de consulta: 20
 559 de març de 2022].

- 560 Stachowitz, J. & Tilman, D. 2005. Species invasions and the relationships between
 561 species diversity, community saturation, and ecosystem functioning. In Species
 562 Invasions: *Insights into Ecology, Evolution, and Biogeography* (ed. D. F. Sax, J.
 563 J. Stachowicz and S. D. Gaines), pp. 41-64. Sinauer Associates, inc. Sunderland,
 564 Massachusetts.
- 565 Szabo, G., Kriston, E., Bujdosó, B., Bozsó M., Krizbai, L. & Melika, G., 2014. The
 566 sweetchestnut gallwasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951): current
 567 distribution in Hungary and its natural enemies. *Növényvédelem*, 50(2): 49-56.
- 568 Ugolini, F., Massetti, L., Pedrazzoli, F., Tognetti, R., Vecchione, A., Zulini, L., & Maresi,
 569 G. 2014. Ecophysiological responses and vulnerability to other pathologies in
 570 European chestnut coppices, heavily infested by the Asian chestnut gall wasp.
 571 *Forest ecology and management*, 314: 38-49.
 572
 573
 574
 575
 576

577 **Appendix 1**

578

579 **PAIRWISE TESTS**

580 Paired Comparisons - sites

581

582

| 583 | Groups | t | P(perm) | Unique perms | P(MC) |
|-----|--------|---------|---------|--------------|--------|
| 584 | 1, 2 | 1,4867 | 0,1199 | 425 | 0,1595 |
| 585 | 1, 3 | 1,2046 | 0,2091 | 425 | 0,2859 |
| 586 | 1, 4 | 1,3233 | 0,1519 | 425 | 0,2132 |
| 587 | 1, 5 | 1,3803 | 0,2091 | 425 | 0,2085 |
| 588 | 1, 6 | 1,202 | 0,2698 | 425 | 0,2938 |
| 589 | 1, 7 | 1,2361 | 0,2075 | 425 | 0,2603 |
| 590 | 1, 8 | 1,2087 | 0,3406 | 212 | 0,3333 |
| 591 | 1, 9 | 0,88587 | 0,6738 | 425 | 0,5534 |
| 592 | 1, 10 | 1,2616 | 0,2746 | 212 | 0,2972 |
| 593 | 1, 11 | 1,0231 | 0,4295 | 425 | 0,4033 |
| 594 | 1, 12 | 1,2417 | 0,2942 | 16 | 0,3933 |
| 595 | 2, 3 | 0,91679 | 0,5631 | 425 | 0,4973 |
| 596 | 2, 4 | 0,76491 | 0,5729 | 425 | 0,5681 |
| 597 | 2, 5 | 1,0805 | 0,3513 | 425 | 0,366 |
| 598 | 2, 6 | 1,5351 | 0,1216 | 425 | 0,1457 |
| 599 | 2, 7 | 1,5438 | 0,109 | 425 | 0,1535 |
| 600 | 2, 8 | 1,218 | 0,3324 | 212 | 0,3172 |
| 601 | 2, 9 | 1,3472 | 0,1821 | 425 | 0,2069 |
| 602 | 2, 10 | 1,2105 | 0,3637 | 211 | 0,3325 |
| 603 | 2, 11 | 1,031 | 0,4027 | 425 | 0,4021 |
| 604 | 2, 12 | 1,6225 | 0,2941 | 16 | 0,2846 |
| 605 | 3, 4 | 0,50661 | 0,7917 | 425 | 0,788 |
| 606 | 3, 5 | 0,46922 | 0,8312 | 425 | 0,8457 |
| 607 | 3, 6 | 1,3867 | 0,1515 | 425 | 0,1954 |
| 608 | 3, 7 | 1,1799 | 0,2375 | 425 | 0,2949 |
| 609 | 3, 8 | 1,0088 | 0,483 | 212 | 0,4454 |
| 610 | 3, 9 | 1,147 | 0,307 | 425 | 0,3198 |
| 611 | 3, 10 | 0,88851 | 0,548 | 212 | 0,5318 |
| 612 | 3, 11 | 0,86683 | 0,6038 | 425 | 0,5402 |
| 613 | 3, 12 | 1,5357 | 0,3069 | 16 | 0,3116 |
| 614 | 4, 5 | 0,7695 | 0,7022 | 425 | 0,6271 |
| 615 | 4, 6 | 1,4598 | 0,1387 | 425 | 0,1668 |
| 616 | 4, 7 | 1,2284 | 0,2325 | 425 | 0,2763 |
| 617 | 4, 8 | 1,206 | 0,3098 | 212 | 0,3238 |
| 618 | 4, 9 | 1,3583 | 0,1677 | 425 | 0,2165 |
| 619 | 4, 10 | 1,2177 | 0,333 | 212 | 0,3221 |
| 620 | 4, 11 | 1,1318 | 0,3104 | 425 | 0,3351 |
| 621 | 4, 12 | 1,132 | 0,2967 | 16 | 0,435 |
| 622 | 5, 6 | 1,1625 | 0,2711 | 425 | 0,3114 |
| 623 | 5, 7 | 1,088 | 0,3475 | 425 | 0,3641 |
| 624 | 5, 8 | 1,1401 | 0,4136 | 212 | 0,3628 |
| 625 | 5, 9 | 1,182 | 0,3439 | 425 | 0,3011 |
| 626 | 5, 10 | 1,2163 | 0,3243 | 212 | 0,3164 |
| 627 | 5, 11 | 0,94617 | 0,5671 | 425 | 0,4813 |
| 628 | 5, 12 | 1,3411 | 0,2988 | 16 | 0,3639 |
| 629 | 6, 7 | 1,4286 | 0,1721 | 424 | 0,186 |
| 630 | 6, 8 | 1,0698 | 0,4011 | 212 | 0,4023 |
| 631 | 6, 9 | 1,1803 | 0,2789 | 425 | 0,3008 |
| 632 | 6, 10 | 0,97637 | 0,4746 | 212 | 0,4672 |
| 633 | 6, 11 | 1,1902 | 0,2898 | 424 | 0,2987 |
| 634 | 6, 12 | 1,9438 | 0,1999 | 16 | 0,2276 |
| 635 | 7, 8 | 1,0468 | 0,4345 | 212 | 0,4147 |
| 636 | 7, 9 | 0,8339 | 0,6539 | 425 | 0,5738 |
| 637 | 7, 10 | 1,1732 | 0,3489 | 212 | 0,3504 |
| 638 | 7, 11 | 0,72804 | 0,6789 | 424 | 0,6522 |
| 639 | 7, 12 | 0,99684 | 0,7342 | 16 | 0,502 |
| 640 | 8, 9 | 1,1731 | 0,338 | 212 | 0,332 |
| 641 | 8, 10 | 0,89436 | 0,5005 | 38 | 0,5068 |

Resultats

| | | | | | |
|-----|--------|---------|--------|-----|--------|
| 642 | 8, 11 | 1,1605 | 0,3459 | 212 | 0,3497 |
| 643 | 8, 12 | 1,1588 | 0,3255 | 15 | 0,4209 |
| 644 | 9, 10 | 1,2987 | 0,2677 | 212 | 0,2732 |
| 645 | 9, 11 | 0,74193 | 0,7189 | 425 | 0,6361 |
| 646 | 9, 12 | 1,1293 | 0,2993 | 16 | 0,4432 |
| 647 | 10, 11 | 0,96973 | 0,4719 | 212 | 0,4607 |
| 648 | 10, 12 | 1,6641 | 0,25 | 15 | 0,2757 |
| 649 | 11, 12 | 1,2233 | 0,3031 | 16 | 0,4015 |

650

651

652

653

654

655

Resultats

656 **Appendix 2**

657

658 **SIMPER**

659 **Similarity Percentages - species contributions**

660

661

662 *Group 2014*

663 Average similarity: 51,58

664

| 665 | Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
|-----|----------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|--------------|
| 666 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 13,86 | 32,26 | 2,57 | 62,55 | 62,55 |
| 667 | <i>Boatanomyia dorsalis</i> | 3,26 | 5,31 | 0,80 | 10,30 | 72,84 |
| 668 | <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 2,79 | 0,97 | 5,40 | 78,24 |
| 669 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 2,48 | 1,13 | 4,81 | 83,05 |
| 670 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 2,32 | 1,02 | 4,50 | 87,56 |
| 671 | <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 2,31 | 1,04 | 4,48 | 92,04 |
| 672 | <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 1,65 | 0,78 | 3,20 | 95,24 |
| 673 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,79 | 1,06 | 0,60 | 2,06 | 97,29 |
| 674 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 0,82 | 0,43 | 1,58 | 98,88 |
| 675 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,29 | 0,30 | 0,57 | 99,44 |
| 676 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 0,22 | 0,30 | 0,43 | 99,87 |
| 677 | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0,07 | 0,17 | 0,13 | 100,00 |

678

679 *Group 2015*

680 Average similarity: 49,90

681

| 682 | Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
|-----|----------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|--------------|
| 683 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 9,60 | 24,69 | 1,64 | 49,48 | 49,48 |
| 684 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 2,38 | 4,16 | 1,58 | 8,34 | 57,83 |
| 685 | <i>Sycophila variegata</i> | 1,93 | 3,96 | 1,60 | 7,93 | 65,76 |
| 686 | <i>Eupelmus azureus</i> | 1,73 | 2,89 | 1,24 | 5,78 | 71,54 |
| 687 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 3,33 | 2,78 | 0,63 | 5,57 | 77,11 |
| 688 | <i>Boatanomyia dorsalis</i> | 3,71 | 2,47 | 0,50 | 4,95 | 82,06 |
| 689 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,34 | 1,88 | 0,72 | 3,77 | 85,83 |
| 690 | <i>Torymus auratus</i> | 1,21 | 1,76 | 0,71 | 3,53 | 89,36 |
| 691 | <i>Torymus geranii</i> | 1,08 | 1,41 | 0,67 | 2,82 | 92,19 |
| 692 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 1,20 | 0,98 | 0,46 | 1,96 | 94,14 |
| 693 | <i>Torymus flavipes</i> | 0,89 | 0,92 | 0,58 | 1,85 | 95,99 |
| 694 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,63 | 0,55 | 0,34 | 1,09 | 97,08 |
| 695 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,56 | 0,45 | 0,32 | 0,91 | 97,99 |
| 696 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,92 | 0,43 | 0,32 | 0,87 | 98,86 |
| 697 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,45 | 0,23 | 0,21 | 0,47 | 99,33 |
| 698 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,27 | 0,22 | 0,24 | 0,45 | 99,78 |
| 699 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,26 | 0,06 | 0,13 | 0,12 | 99,91 |
| 700 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,27 | 0,05 | 0,13 | 0,09 | 100,00 |

701

702 *Group 2016*

703 Average similarity: 39,79

704

| 705 | Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
|-----|----------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|--------------|
| 706 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 8,49 | 14,34 | 3,11 | 36,03 | 36,03 |
| 707 | <i>Torymus flavipes</i> | 5,63 | 7,81 | 1,22 | 19,63 | 55,66 |
| 708 | <i>Torymus notatus</i> | 4,22 | 4,55 | 0,87 | 11,43 | 67,09 |
| 709 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 2,46 | 2,69 | 0,65 | 6,76 | 73,85 |
| 710 | <i>Boatanomyia dorsalis</i> | 3,58 | 2,15 | 0,49 | 5,40 | 79,25 |
| 711 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 2,70 | 1,80 | 0,50 | 4,52 | 83,77 |
| 712 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 2,44 | 1,78 | 0,46 | 4,47 | 88,24 |
| 713 | <i>Torymus sinensis</i> | 1,61 | 0,83 | 0,35 | 2,08 | 90,32 |
| 714 | <i>Torymus geranii</i> | 1,11 | 0,78 | 0,40 | 1,96 | 92,27 |
| 715 | <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 0,74 | 0,39 | 1,87 | 94,14 |
| 716 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 1,04 | 0,43 | 0,29 | 1,08 | 95,22 |
| 717 | <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,49 | 0,35 | 0,31 | 0,88 | 96,10 |
| 718 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,81 | 0,35 | 0,21 | 0,87 | 96,97 |
| 719 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,52 | 0,25 | 0,21 | 0,62 | 97,60 |
| 720 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,51 | 0,24 | 0,22 | 0,61 | 98,20 |

Resultats

| | | | | | | |
|-----|----------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|--------------|
| 721 | <i>Torymus auratus</i> | 0,61 | 0,18 | 0,22 | 0,44 | 98,65 |
| 722 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,51 | 0,16 | 0,21 | 0,41 | 99,06 |
| 723 | <i>Eupelmus azureus</i> | 0,25 | 0,12 | 0,21 | 0,30 | 99,37 |
| 724 | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,47 | 0,12 | 0,12 | 0,30 | 99,67 |
| 725 | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,20 | 0,05 | 0,12 | 0,12 | 99,79 |
| 726 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,20 | 0,05 | 0,12 | 0,12 | 99,91 |
| 727 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,27 | 0,04 | 0,12 | 0,09 | 100,00 |
| 728 | | | | | | |
| 729 | Group 2017 | | | | | |
| 730 | Average similarity: 51,07 | | | | | |
| 731 | | | | | | |
| 732 | Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
| 733 | <i>Torymus sinensis</i> | 12,42 | 21,03 | 1,46 | 41,18 | 41,18 |
| 734 | <i>Torymus notatus</i> | 9,28 | 16,96 | 2,00 | 33,22 | 74,40 |
| 735 | <i>Sycophila variegata</i> | 2,15 | 3,20 | 0,91 | 6,27 | 80,67 |
| 736 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,95 | 2,86 | 1,15 | 5,60 | 86,27 |
| 737 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 1,71 | 2,34 | 0,88 | 4,58 | 90,85 |
| 738 | <i>Torymus flavipes</i> | 1,62 | 1,52 | 0,58 | 2,97 | 93,82 |
| 739 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,89 | 0,63 | 0,38 | 1,24 | 95,06 |
| 740 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 0,87 | 0,51 | 0,42 | 1,01 | 96,07 |
| 741 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,45 | 0,47 | 0,41 | 0,92 | 96,99 |
| 742 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,48 | 0,39 | 0,42 | 0,76 | 97,74 |
| 743 | <i>Eupelmus azureus</i> | 0,46 | 0,25 | 0,31 | 0,49 | 98,23 |
| 744 | <i>Bootonomyia dorsalis</i> | 0,54 | 0,24 | 0,29 | 0,47 | 98,70 |
| 745 | <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,43 | 0,21 | 0,21 | 0,41 | 99,11 |
| 746 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,25 | 0,15 | 0,21 | 0,29 | 99,40 |
| 747 | <i>Aulogymnus obscuripes</i> | 0,29 | 0,06 | 0,12 | 0,11 | 99,51 |
| 748 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,17 | 0,05 | 0,12 | 0,10 | 99,61 |
| 749 | <i>Torymus auratus</i> | 0,39 | 0,05 | 0,12 | 0,10 | 99,71 |
| 750 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,17 | 0,04 | 0,12 | 0,08 | 99,79 |
| 751 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,17 | 0,04 | 0,12 | 0,07 | 99,86 |
| 752 | <i>Torymus geranii</i> | 0,17 | 0,04 | 0,12 | 0,07 | 99,93 |
| 753 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,25 | 0,03 | 0,12 | 0,07 | 100,00 |
| 754 | | | | | | |
| 755 | | | | | | |
| 756 | | | | | | |
| 757 | | | | | | |

Resultats

758 **Appendix 3**

759

760 **SIMPER**

761 **Dissimilarity Percentages - species contributions**

762

763

764 *Groups 2014 & 2015*

765 Average dissimilarity = 53,97

766

767

| | Group 2014 | Group 2015 | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|
| Species | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% |
| 769 <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 13,86 | 9,60 | 13,12 | 1,41 | 24,30 | 24,30 |
| 770 <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 3,26 | 3,71 | 7,10 | 1,28 | 13,15 | 37,45 |
| 771 <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 3,33 | 4,79 | 1,08 | 8,87 | 46,33 |
| 772 <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,11 | 2,38 | 3,80 | 1,59 | 7,05 | 53,37 |
| 773 <i>Eupelmus azureus</i> | 0,00 | 1,73 | 2,80 | 1,57 | 5,18 | 58,56 |
| 774 <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 1,93 | 2,66 | 1,31 | 4,94 | 63,49 |
| 775 <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 0,89 | 2,60 | 1,11 | 4,82 | 68,31 |
| 776 <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 1,21 | 2,37 | 1,18 | 4,40 | 72,70 |
| 777 <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 1,34 | 2,25 | 1,21 | 4,16 | 76,87 |
| 778 <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 1,20 | 2,04 | 1,06 | 3,79 | 80,65 |
| 779 <i>Torymus geranii</i> | 0,00 | 1,08 | 1,87 | 0,99 | 3,47 | 84,12 |
| 780 <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,79 | 0,92 | 1,80 | 1,21 | 3,33 | 87,45 |
| 781 <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 0,45 | 1,76 | 0,88 | 3,26 | 90,71 |
| 782 <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,26 | 1,24 | 0,76 | 2,30 | 93,01 |
| 783 <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,00 | 0,63 | 1,20 | 0,70 | 2,21 | 95,22 |
| 784 <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,11 | 0,56 | 1,10 | 0,67 | 2,04 | 97,26 |
| 785 <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,00 | 0,27 | 0,57 | 0,57 | 1,05 | 98,32 |
| 786 <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0,00 | 0,48 | 0,51 | 0,90 | 99,21 |
| 787 <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,00 | 0,27 | 0,42 | 0,45 | 0,79 | 100,00 |
| 788 <i>Sycophila flavicollis</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 789 <i>Bootanomyia dumicola</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 790 <i>Torymus erucarum</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 791 <i>Torymus formosus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 792 <i>Torymus nobilis</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 793 <i>Torymus notatus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 794 <i>Torymus sinensis</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 795 <i>Mesopolobus albitarus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 796 <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 797 <i>Mesopolobus xanthocerus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 798 <i>Aulogymnus obscuripes</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 799 <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |

800

801 *Groups 2014 & 2016*

802 Average dissimilarity = 63,91

803

804

| | Group 2014 | Group 2016 | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|-------|
| Species | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | |
| 805 Cum.% | | | | | | |
| 807 <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 13,86 | 8,49 | 11,80 | 1,19 | 18,47 | 18,47 |
| 808 <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 5,63 | 6,97 | 1,26 | 10,91 | 29,38 |
| 809 <i>Torymus notatus</i> | 0,00 | 4,22 | 6,51 | 0,94 | 10,18 | 39,56 |
| 810 <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 3,26 | 3,58 | 5,96 | 1,17 | 9,32 | 48,88 |
| 811 <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,11 | 2,46 | 3,87 | 0,92 | 6,06 | 54,94 |
| 812 <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 2,70 | 3,84 | 1,12 | 6,01 | 60,96 |
| 813 <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 2,44 | 3,81 | 0,99 | 5,97 | 66,92 |
| 814 <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 1,58 | 2,98 | 0,97 | 4,66 | 71,58 |
| 815 <i>Torymus sinensis</i> | 0,00 | 1,61 | 2,28 | 0,64 | 3,57 | 75,15 |
| 816 <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 1,04 | 2,03 | 0,95 | 3,17 | 78,32 |
| 817 <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 0,61 | 1,97 | 1,12 | 3,08 | 81,40 |
| 818 <i>Torymus geranii</i> | 0,00 | 1,11 | 1,82 | 0,71 | 2,84 | 84,24 |
| 819 <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 0,52 | 1,37 | 0,80 | 2,15 | 86,39 |
| 820 <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,00 | 0,81 | 1,31 | 0,55 | 2,05 | 88,44 |
| 821 <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,79 | 0,51 | 1,30 | 1,04 | 2,03 | 90,47 |
| 822 <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0,47 | 1,09 | 0,59 | 1,70 | 92,17 |

Resultats

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------|------|------|------|------|------|--------|
| 823 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,22 | 1,06 | 0,71 | 1,66 | 93,83 |
| 824 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,00 | 0,51 | 0,89 | 0,54 | 1,39 | 95,22 |
| 825 | <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,00 | 0,49 | 0,87 | 0,64 | 1,36 | 96,57 |
| 826 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,11 | 0,27 | 0,52 | 0,45 | 0,82 | 97,39 |
| 827 | <i>Eupelmus azureus</i> | 0,00 | 0,25 | 0,40 | 0,55 | 0,63 | 98,02 |
| 828 | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,00 | 0,20 | 0,36 | 0,42 | 0,56 | 98,58 |
| 829 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,00 | 0,20 | 0,36 | 0,42 | 0,56 | 99,14 |
| 830 | <i>Torymus formosus</i> | 0,00 | 0,17 | 0,29 | 0,29 | 0,46 | 99,60 |
| 831 | <i>Torymus nobilis</i> | 0,00 | 0,14 | 0,26 | 0,29 | 0,40 | 100,00 |

832

Groups 2015 & 2016

834 Average dissimilarity = 64,94

835

| 836 | | Group 2015 | Group 2016 | | | | |
|-----|----------------------------------|------------|------------|---------|---------|----------|--------|
| 837 | Species | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | |
| 838 | | Cum.% | | | | | |
| 839 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 9,60 | 8,49 | 8,48 | 1,20 | 13,06 | 13,06 |
| 840 | <i>Torymus flavipes</i> | 0,89 | 5,63 | 7,10 | 1,36 | 10,94 | 24,00 |
| 841 | <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 3,71 | 3,58 | 6,25 | 1,13 | 9,63 | 33,63 |
| 842 | <i>Torymus notatus</i> | 0,00 | 4,22 | 6,08 | 0,96 | 9,36 | 42,98 |
| 843 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 3,33 | 2,70 | 4,99 | 1,23 | 7,68 | 50,67 |
| 844 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,34 | 2,44 | 3,61 | 1,05 | 5,56 | 56,23 |
| 845 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,56 | 2,46 | 3,45 | 1,00 | 5,31 | 61,54 |
| 846 | <i>Sycophila variegata</i> | 1,93 | 1,58 | 2,96 | 1,26 | 4,57 | 66,10 |
| 847 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 2,38 | 0,27 | 2,96 | 1,64 | 4,56 | 70,66 |
| 848 | <i>Torymus sinensis</i> | 0,00 | 1,61 | 2,14 | 0,65 | 3,30 | 73,95 |
| 849 | <i>Eupelmus azureus</i> | 1,73 | 0,25 | 2,05 | 1,50 | 3,16 | 77,12 |
| 850 | <i>Torymus geranii</i> | 1,08 | 1,11 | 2,03 | 1,08 | 3,13 | 80,24 |
| 851 | <i>Torymus auratus</i> | 1,21 | 0,61 | 1,79 | 1,21 | 2,75 | 82,99 |
| 852 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 1,20 | 0,52 | 1,66 | 0,98 | 2,56 | 85,55 |
| 853 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,45 | 1,04 | 1,64 | 0,81 | 2,53 | 88,08 |
| 854 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,27 | 0,81 | 1,43 | 0,74 | 2,20 | 90,28 |
| 855 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,92 | 0,51 | 1,38 | 0,88 | 2,13 | 92,41 |
| 856 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,63 | 0,20 | 1,04 | 0,84 | 1,60 | 94,01 |
| 857 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,27 | 0,51 | 0,99 | 0,69 | 1,52 | 95,53 |
| 858 | <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,00 | 0,49 | 0,80 | 0,65 | 1,23 | 96,76 |
| 859 | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,00 | 0,47 | 0,75 | 0,44 | 1,16 | 97,92 |
| 860 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,26 | 0,22 | 0,51 | 0,55 | 0,79 | 98,71 |
| 861 | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,00 | 0,20 | 0,33 | 0,43 | 0,51 | 99,22 |
| 862 | <i>Torymus formosus</i> | 0,00 | 0,17 | 0,27 | 0,29 | 0,42 | 99,64 |
| 863 | <i>Torymus nobilis</i> | 0,00 | 0,14 | 0,24 | 0,29 | 0,36 | 100,00 |

864

Groups 2014 & 2017

866 Average dissimilarity = 81,93

867

| 868 | | Group 2014 | Group 2017 | | | | |
|-----|----------------------------------|------------|------------|---------|---------|----------|-------|
| 869 | Species | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | |
| 870 | | Cum.% | | | | | |
| 871 | <i>Torymus sinensis</i> | 0,00 | 12,42 | 19,84 | 1,54 | 24,21 | 24,21 |
| 872 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 13,86 | 1,71 | 17,84 | 1,80 | 21,77 | 45,98 |
| 873 | <i>Torymus notatus</i> | 0,00 | 9,28 | 14,90 | 1,73 | 18,19 | 64,17 |
| 874 | <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 3,26 | 0,54 | 4,92 | 1,10 | 6,00 | 70,17 |
| 875 | <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 2,15 | 3,14 | 1,39 | 3,83 | 74,00 |
| 876 | <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 1,62 | 2,99 | 1,17 | 3,65 | 77,66 |
| 877 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 1,95 | 2,41 | 1,09 | 2,94 | 80,60 |
| 878 | <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 0,39 | 2,06 | 1,04 | 2,51 | 83,11 |
| 879 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 0,87 | 1,94 | 1,17 | 2,37 | 85,48 |
| 880 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,11 | 0,89 | 1,44 | 0,76 | 1,76 | 87,24 |
| 881 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 0,17 | 1,39 | 0,81 | 1,70 | 88,93 |
| 882 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 0,45 | 1,23 | 0,93 | 1,51 | 90,44 |
| 883 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,79 | 0,48 | 1,18 | 1,18 | 1,44 | 91,88 |
| 884 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,17 | 1,09 | 0,75 | 1,34 | 93,22 |
| 885 | <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,00 | 0,43 | 0,78 | 0,51 | 0,96 | 94,17 |
| 886 | <i>Eupelmus azureus</i> | 0,00 | 0,46 | 0,67 | 0,67 | 0,82 | 94,99 |
| 887 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,00 | 0,25 | 0,47 | 0,52 | 0,58 | 95,57 |
| 888 | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0,00 | 0,45 | 0,51 | 0,55 | 96,12 |
| 889 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,11 | 0,25 | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 96,67 |

Resultats

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------|------|------|------|------|------|--------|
| 890 | <i>Aulogymnus obscuripes</i> | 0,00 | 0,29 | 0,40 | 0,43 | 0,49 | 97,16 |
| 891 | <i>Bootanomyia dumicola</i> | 0,00 | 0,25 | 0,35 | 0,29 | 0,43 | 97,59 |
| 892 | <i>Torymus formosus</i> | 0,00 | 0,24 | 0,35 | 0,29 | 0,42 | 98,01 |
| 893 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,00 | 0,17 | 0,34 | 0,40 | 0,41 | 98,42 |
| 894 | <i>Torymus erucarum</i> | 0,00 | 0,22 | 0,31 | 0,29 | 0,38 | 98,80 |
| 895 | <i>Mesopolobus albitarus</i> | 0,00 | 0,22 | 0,31 | 0,29 | 0,38 | 99,18 |
| 896 | <i>Sycophila flavicollis</i> | 0,00 | 0,12 | 0,30 | 0,28 | 0,37 | 99,55 |
| 897 | <i>Torymus geranii</i> | 0,00 | 0,17 | 0,25 | 0,43 | 0,30 | 99,86 |
| 898 | <i>Torymus nobilis</i> | 0,00 | 0,08 | 0,12 | 0,29 | 0,14 | 100,00 |

899

900 *Groups 2015 & 2017*

901 Average dissimilarity = 80,87

902

903

| | Group 2015 | Group 2017 | | | | | |
|----------------|----------------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|--------|
| Species | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% | |
| 904 | | | | | | | |
| 905 | <i>Torymus sinensis</i> | 0,00 | 12,42 | 18,49 | 1,60 | 22,87 | 2,87 |
| 906 | <i>Torymus notatus</i> | 0,00 | 9,28 | 13,86 | 1,83 | 17,14 | 0,01 |
| 907 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 9,60 | 1,71 | 12,87 | 1,53 | 15,91 | 5,92 |
| 908 | <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 3,71 | 0,54 | 4,68 | 0,89 | 5,79 | 1,70 |
| 909 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 3,33 | 0,87 | 4,25 | 1,03 | 5,26 | 6,96 |
| 910 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 2,38 | 0,25 | 3,14 | 1,61 | 3,88 | 0,84 |
| 911 | <i>Sycophila variegata</i> | 1,93 | 2,15 | 2,41 | 1,38 | 2,97 | 3,81 |
| 912 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,34 | 1,95 | 2,37 | 1,23 | 2,93 | 6,74 |
| 913 | <i>Torymus flavipes</i> | 0,89 | 1,62 | 2,36 | 1,07 | 2,92 | 9,66 |
| 914 | <i>Eupelmus azureus</i> | 1,73 | 0,46 | 2,09 | 1,36 | 2,58 | 82,24 |
| 915 | <i>Torymus auratus</i> | 1,21 | 0,39 | 1,90 | 1,14 | 2,34 | 84,58 |
| 916 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 1,20 | 0,45 | 1,70 | 1,27 | 2,11 | 86,69 |
| 917 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,56 | 0,89 | 1,56 | 0,96 | 1,93 | 88,62 |
| 918 | <i>Torymus geranii</i> | 1,08 | 0,17 | 1,54 | 1,04 | 1,90 | 90,52 |
| 919 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,92 | 0,48 | 1,39 | 1,03 | 1,72 | 92,24 |
| 920 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,63 | 0,00 | 1,00 | 0,72 | 1,24 | 93,48 |
| 921 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,45 | 0,17 | 0,83 | 0,65 | 1,03 | 94,51 |
| 922 | <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,00 | 0,43 | 0,71 | 0,53 | 0,88 | 95,40 |
| 923 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,27 | 0,25 | 0,64 | 0,75 | 0,79 | 96,19 |
| 924 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,27 | 0,17 | 0,57 | 0,63 | 0,70 | 96,89 |
| 925 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,26 | 0,17 | 0,52 | 0,62 | 0,64 | 97,53 |
| 926 | <i>Aulogymnus obscuripes</i> | 0,00 | 0,29 | 0,38 | 0,44 | 0,47 | 97,99 |
| 927 | <i>Bootanomyia dumicola</i> | 0,00 | 0,25 | 0,33 | 0,30 | 0,41 | 98,40 |
| 928 | <i>Torymus formosus</i> | 0,00 | 0,24 | 0,32 | 0,30 | 0,40 | 98,81 |
| 929 | <i>Torymus erucarum</i> | 0,00 | 0,22 | 0,29 | 0,30 | 0,36 | 99,17 |
| 930 | <i>Mesopolobus albitarus</i> | 0,00 | 0,22 | 0,29 | 0,30 | 0,36 | 99,53 |
| 931 | <i>Sycophila flavicollis</i> | 0,00 | 0,12 | 0,27 | 0,29 | 0,33 | 99,86 |
| 932 | <i>Torymus nobilis</i> | 0,00 | 0,08 | 0,11 | 0,30 | 0,14 | 100,00 |
| 933 | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 934 | <i>Mesopolobus xanthocerus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 935 | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |

936

937 *Groups 2016 & 2017*

938 Average dissimilarity = 70,47

939

940

| | Group 2016 | Group 2017 | | | | | |
|----------------|----------------------------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|-------|
| Species | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% | |
| 941 | | | | | | | |
| 942 | <i>Torymus sinensis</i> | 1,61 | 12,42 | 14,76 | 1,47 | 20,94 | 20,94 |
| 943 | <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 8,49 | 1,71 | 8,96 | 1,16 | 12,72 | 33,66 |
| 944 | <i>Torymus notatus</i> | 4,22 | 9,28 | 8,87 | 1,37 | 12,59 | 46,24 |
| 945 | <i>Torymus flavipes</i> | 5,63 | 1,62 | 6,08 | 1,28 | 8,63 | 54,87 |
| 946 | <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 3,58 | 0,54 | 4,25 | 0,87 | 6,04 | 60,91 |
| 947 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 2,44 | 1,95 | 3,54 | 1,21 | 5,02 | 65,93 |
| 948 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 2,70 | 0,87 | 3,40 | 1,01 | 4,82 | 70,75 |
| 949 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 2,46 | 0,89 | 3,17 | 1,02 | 4,50 | 75,25 |
| 950 | <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 2,15 | 3,11 | 1,27 | 4,41 | 79,66 |
| 951 | <i>Torymus geranii</i> | 1,11 | 0,17 | 1,59 | 0,77 | 2,26 | 81,92 |
| 952 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 1,04 | 0,17 | 1,36 | 0,71 | 1,93 | 83,85 |
| 953 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 0,81 | 0,25 | 1,30 | 0,72 | 1,85 | 85,70 |
| 954 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,52 | 0,45 | 1,06 | 0,93 | 1,50 | 87,20 |
| 955 | <i>Torymus auratus</i> | 0,61 | 0,39 | 1,02 | 0,70 | 1,45 | 88,65 |
| 956 | <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,49 | 0,43 | 0,98 | 0,84 | 1,40 | 90,04 |

Resultats

| | | | | | | | |
|-----|----------------------------------|------|------|------|------------|------|--------|
| 957 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,51 | 0,48 | 0,97 | 0,91 | 1,37 | 91,41 |
| 958 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,51 | 0,17 | 0,87 | 0,69 | 1,24 | 92,65 |
| 959 | <i>Eupelmus azureus</i> | 0,25 | 0,46 | 0,70 | 0,87 | 1,00 | 93,65 |
| 960 | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,47 | 0,00 | 0,69 | 0,44 | 0,98 | 94,63 |
| 961 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,27 | 0,25 | 0,60 | 0,55 | 0,85 | 95,49 |
| 962 | <i>Torymus formosus</i> | 0,17 | 0,24 | 0,50 | 0,42 | 0,71 | 96,20 |
| 963 | <i>Sycophila biguttata</i> | 0,22 | 0,17 | 0,39 | 0,52 | 0,56 | 96,76 |
| 964 | <i>Aulogymnus obscuripes</i> | 0,00 | 0,29 | 0,34 | 0,44 | 0,48 | 97,23 |
| 965 | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,20 | 0,00 | 0,30 | 0,43 | 0,43 | 97,67 |
| 966 | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,20 | 0,00 | 0,30 | 0,43 | 0,43 | 98,10 |
| 967 | <i>Torymus nobilis</i> | 0,14 | 0,08 | 0,30 | 0,39 | 0,42 | 98,52 |
| 968 | <i>Bootanomyia dumicola</i> | 0,00 | 0,25 | 0,30 | 0,30 | 0,42 | 98,94 |
| 969 | <i>Torymus erucarum</i> | 0,00 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,37 | 99,31 |
| 970 | <i>Mesopolobus albitarus</i> | 0,00 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,37 | 99,69 |
| 971 | <i>Sycophila flavicollis</i> | 0,00 | 0,12 | 0,22 | 0,29 | 0,31 | 100,00 |
| 972 | <i>Mesopolobus xanthocerus</i> | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Undefined! | 0,00 | 100,00 |
| 973 | | | | | | | |
| 974 | | | | | | | |

5. DISCUSSIÓ

5.1. Aparició de la plaga del castanyer a Catalunya

La vespeta del castanyer, plaga forestal protagonitzada per l'espècie exòtica invasora *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae), repercuteix en el món rural amb notables pèrdues econòmiques pels perjudicis en la producció forestal de fusta i fruit que ocasiona el seu atac. La causa es troba en les proliferacions massives de zoocècidis induïdes per l'insecte, que provoquen la deformació de la brotada dels borrons, l'avortament de la floració i conseqüentment de la fructificació, la disminució de l'àrea fotosintètica en fullatge, la reducció de la producció de fusta i finalment la pròpia claudicació del vigor de l'arbre (Kato & Hijii, 1997; Ugolini *et al.*, 2014; Sartor *et al.*, 2015; Gehring *et al.*, 2017, 2018a). Els casos aguts, quan es combina amb altres agents d'estrès com la malaltia del xancre, la sequera o el decaïment del bosc, poden conduir a la mort de l'arbre hoste (Payne *et al.*, 1975). L'alta fecunditat que comporta la reproducció partenogenètica d'aquest cinípid i l'insuficient control sobre la circulació de material vegetal infestat són, sens dubte, els factors fonamentals darrere la ràpida expansió d'aquesta espècie exòtica a Europa.

Dryocosmus kuriphilus va entrar a Europa a través d'Itàlia entre 1995 i 1996 segurament degut a la importació de *Castanea crenata* amb ús ornamental (Aebi *et al.*, 2006); la seva presència va ser publicada per primer cop per Brussino *et al.* (2002). L'any 2003 l'Organització Europea i Mediterrània per a la Protecció Vegetal (European and Mediterranean Plant Protection Organization, EPPO) va recomanar la seva regulació com a paràsit en quarantena per tal de controlar qualsevol moviment de material vegetal que pogués estar possiblement infectat. Malgrat això, el risc fitosanitari europeu era enorme i l'expansió de *D. kuriphilus*, lluny de trobar fre, va acabar consumant-se definitivament amb la comercialització de castanyers i pues d'empelt procedents de regions infectades o en risc d'estar infectades (Pujade-Villar *et al.*, 2013). Així, el cinípid es va escampar ràpidament arreu d'Europa, ingressant a la península Ibèrica en qüestió de poc temps.

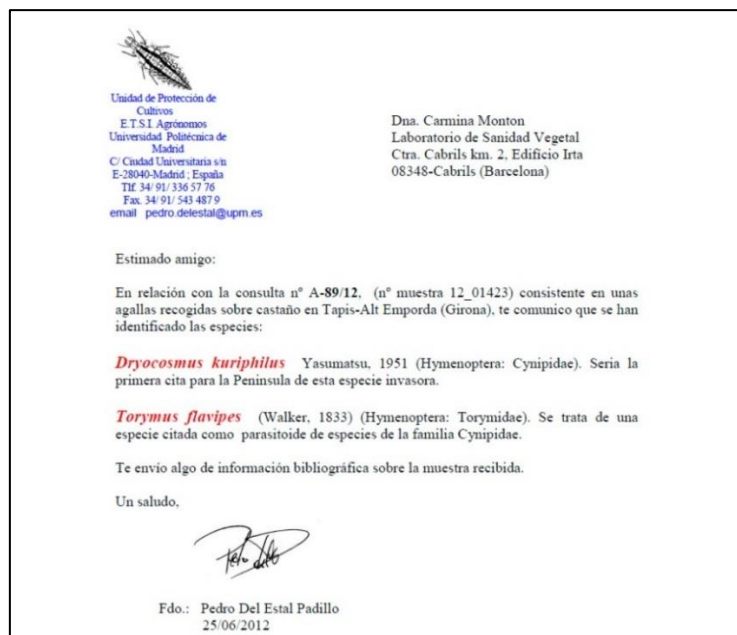


Figura 36. Primera determinació de la vespeta del castanyer a Catalunya.

A Catalunya va ser detectada l'any 2012 (Pujade-Villar *et al.*, 2013) a castanyedes de diferents poblacions de les següents comarques catalanes: l'Alt Empordà, la Garrotxa, el Gironès, la Selva, Osona, el Vallès Oriental i el Maresme. Però aquesta detecció es va formalitzar quan el seu atac era ja ben evident, per la qual cosa i en base a la seva biologia, podem afirmar amb total seguretat que la plaga de la vespeta del castanyer va arribar com a mínim un o dos anys abans, en torn al 2010. Virtualment, l'inici del procés d'aquesta invasió va transcórrer amb un període de latència en què la composició de les comunitats i els processos dels ecosistemes van tenir un impacte superficial i fins i tot indetectable.

Prèviament a Pujade-Villar *et al.* (2013), el Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (DOGC, 2012) va publicar la delimitació d'unes zones amb mesures de contingència per la presència d'aquesta espècie a Catalunya basada en la determinació taxonòmica a càrrec de Pedro del Estal (Fig. 36) de la Universitat Politècnica de Madrid, a partir d'unes col·lectes realitzades per Jorge Heras Dolader des del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural de la Generalitat de Catalunya i que van ser enviades a través del Laboratori de Sanitat Vegetal de Cabrils. Desafortunadament, aquesta publicació va passar desapercebuda pel que fa al món científic espanyol.

5.2. Distribució, dispersió i dinàmica de les poblacions del cinípid

Atenint-nos als diferents punts de mostreig estudiats i a la sèrie d'anys de desplegament del nostre estudi experimental, considerem en aquest apartat la distribució, la dispersió i la dinàmica poblacional i evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya. Tractant-se de la invasió d'una espècie exòtica, són diverses les teories útils i vàlides, almenys en part, que es podrien proposar per explicar la invasió d'aquesta espècie, per la qual cosa, establir una única abstracció d'aquest fenomen semblaria clarament un objectiu massa simplificador i poc acurat.

Per aquest motiu ens inclinarem per una aproximació múltiple en la seva escala de consideració (població, comunitat, ecosistema) per descriure la dinàmica espacio-temporal del procés de colonització desenvolupat per la vespeta a Catalunya. D'aquesta manera anirem relacionant els diferents conceptes sobre l'ecologia de les invasions que poden explicar l'èxit de *D. kuriphilus* com a espècie invasora, els seus efectes sobre les comunitats locals preexistents, així com algunes de les possibles propietats resultants a les nostres castanyedes en un futur (Chabrerie *et al.* 2022).

Resulta evident que la distribució de *D. kuriphilus* depèn directament d'una prèvia existència de masses d'arbres de castanyer disponibles, fet que és en sí mateix un esdeveniment anterior a la pròpia invasió. En aquest sentit, una població no autòctona d'aquestes característiques, com la de la vespeta, seria una població pre-adaptada a les condicions ambientals de l'ecosistema receptor (Mack, 2003). La primera clau de l'èxit de la integració de les poblacions de vespeta a les nostres castanyedes es trobaria en les característiques de les poblacions i els ambients de la seva àrea de distribució nativa a la Xina, on nínxols ecològics amb ambients climàtics similars han acabat connectant-se amb els nostres a través de la invasió. En conseqüència, la distribució de la vespeta sempre es

solaparà estretament amb aquella distribució del propi castanyer (Fig. 37). Aquesta relació estreta també es posa de manifest en totes les espècies de cinípid arreu del món.

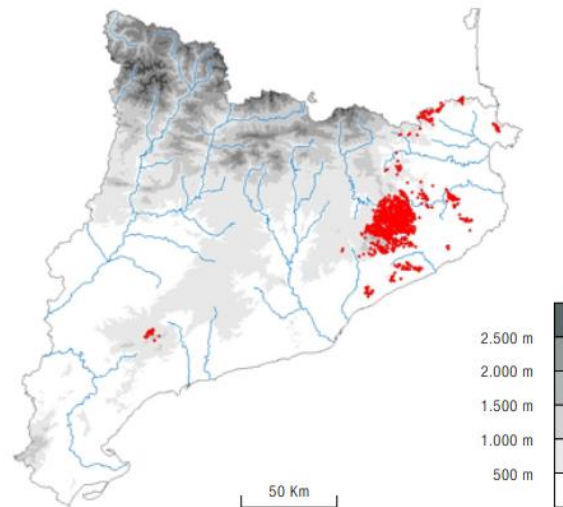


Figura 37. Distribució de les masses de castanyer a Catalunya (Aymerich *et al.*, 2015)

Sobre aquest factor previ cal agregar una alta capacitat d'invasivitat que té el cinípid degut a característiques específiques intrínseques, com seria entre elles la seva reproducció per partenogènesi telitoca, juntament amb una elevada invasibilitat d'un nínxol cecidògen buit i disponible, el de les masses de castanyers, que esdevenen a ser més vulnerables per trobar-se en situació d'insaturació funcional degut a la inexistència en aquests ecosistemes d'altres cinípid autòctons inductors de gales a les comunitats receptores (Richardson & Pyšek, 2006). El conjunt de tot plegat, ha estat determinant en la probabilitat d'èxit del seu establiment com a espècie exòtica invasora.

Pel que fa a la seva dispersió, trobem dos mecanismes principalment: l'antropocòria i l'anemocòria. Aquests mecanismes, no excloents, han pogut tenir més o menys importància segons l'àrea atacada i fins i tot han pogut ocórrer al mateix temps o de forma combinada.

El primer mecanisme es dona mitjançant el transport de l'espècie mediat per l'activitat de l'ésser humà motivada per transaccions d'intercanvis intercontinentals i intracontinentals i es transporten per rutes comercials i turístiques amb avions, vaixells, cotxes o altres vehicles i que explica l'evident dispersió a llargues distàncies just després de la seva entrada a Itàlia des de la Xina.

El segon mecanisme s'efectua sincronitzat necessàriament amb els vols d'emergència dels adults i requereix el concurs dels vents dominants i locals per potenciar el propi vol de l'insecte en la seva dispersió a curtes distàncies. Seria aquest segon mecanisme el responsable de l'ingrés de *D. kuriphilus* a Catalunya, coadjuvat pel vent dominant de la Tramuntana (Fig. 38). El motiu radica en què l'única ruta natural de colonització des d'aquelles localitats infestades a França, frontereres amb Espanya, seria la via transpirenca situada a la comarca de l'Alt Empordà a través de les serres de l'Albera i de les Salines que són de baixes altituds i amb continuïtat en les masses forestals poblades per castanyers.

Un cop a casa nostra, *D. kuriphilus* també ha estat capaç de dispersar-se a localment a curtes distàncies colonitzant zones adjacents amb la concurrència de vents locals, en concret els vinculats als règims de marinades i terrals, tal com s'evidencia amb la concatenació dels pics poblacionals de mostreig amb la ubicació geogràfica dels punts de mostreig del nostre estudi. Malgrat això, la circulació de vehicles per tota aquesta àrea és intensa, per la qual cosa la dispersió antropocòria també hauria pogut contribuir en aquesta ràpida expansió de la plaga al nord-est de Catalunya.

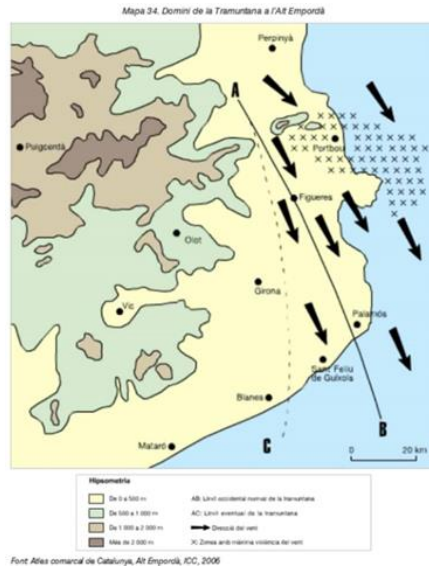


Figura 38. Vents dominants a Catalunya (Font: Atlas comarcal de Catalunya, Alt Empordà - ICC, 2006; imatge obtinguda a partir de <https://www.altemporda.org/portal/descripcio-de-l-entorn-fisic/clima-i-meteorologia/caracteritzacio-climatica-de-la-comarca-de-l-alt-emporda>).

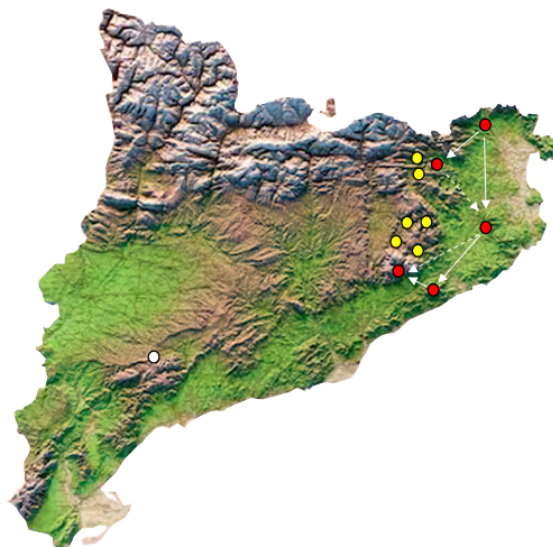


Figura 39. Dispersió de la vespeta del castanyer a Catalunya. Els cercles indiquen les ubicacions dels punts de mostreig del nostre estudi. El codi de colors significa: vermell (l'any de màxima afectació per la plaga va ser el 2014), groc (l'any de màxima afectació per la plaga va ser el 2015), blanc (aparició de la plaga l'any 2016).

A partir de la seva detecció l'any 2012, l'expansió inicial va ser molt ràpida i el 2014 hi havia afectació a totes les masses de castanyers, excepte a Prades (Fig. 37) on no es va confirmar la seva presència fins el 2016. Les dades mostren que, successivament, es van comptabilitzar màxims de vespeta l'any 2014 als punts de mostreig a la província de Girona situats sota la influència de la Tramuntana i l'any 2015 als punts més arrecerats dels vents i situats a l'interior de la Garrotxa, les Guilleries i el Montseny (Figs. 38 i 39).

En canvi a Prades, on la infestació es va donar l'any 2016 i a més de forma explosiva (Fig. 42), l'aparició de la vespeta no ha pogut estar relacionada en absolut amb cap altra zona infestada propera (Fig. 39). Si bé és cert que la hipòtesi més plausible és la dispersió antropocora per la mobilització de material vegetal de castanyer infestat o bé un transport directe de cinípid adults des de masses infestades allunyades, no podem descartar del tot la dispersió d'individus pel vent. Malgrat que la hipòtesis és poc probable, ja que els adults no viuen gaires dies després de l'emergència, el cert és que se sap que els cinípids presenten una gran dispersió deguda a la combinació de vents (Ros-Farré & Pujade-Villar, 1998a), per la qual cosa, si una única femella arribés a Prades degut a la peculiar reproducció de *D. kuriphilus* seria suficient per encetar la infestació. El model explosiu implica la presència de múltiples femelles al mateix temps. El decalatge de més de quatre anys en la penetració de la plaga a Prades suporta tant una dispersió antropocora com l'anemocora, o ambdues al mateix temps.

Abordem ara com ha estat l'evolució de la plaga des de la seva detecció fins a l'actualitat. Des del primer moment en què es va detectar la plaga l'any 2012 es va apreciar un progressiu augment en les intensitats d'afectacions i danys, any rere any. A mida que el cinípid avançava en la seva colonització de les masses forestals de castanyers també s'anava produint el pic màxim d'abundància a les diferents àrees i anys, semblantment al recorregut d'una onada. A més, es va confirmar que diverses espècies autòctones de parasitoides atacaven la gala de *D. kuriphilus* produint-se un progressiu increment en la diversitat i abundància d'aquestes espècies en correspondència amb una disminució de les poblacions del cinípid.

Això es va poder constatar al llarg del nostre estudi experimental. Les abundàncies en les poblacions de vespeta fins a l'any 2014, van ser molt més destacades als punts de mostreig següents: Albera-Salines, Garrotxa 1, Gavarres, Montnegre-Corredor i Montseny 2, mentre que encara eren inferiors a la resta de punts. En els anys subsegüents augmenten les poblacions de parasitoides al temps que les dades d'abundància de *D. kuriphilus* disminueixen fins a pràcticament desaparèixer el 2017, any en el qual s'incrementen en molta magnitud les presències de *T. notatus* i *T. sinensis* (Figs. 39 i 40).

Les dinàmiques d'aquests punts de mostreig en conjunt s'il·lustren amb el gràfic corresponent a l'Albera-Salines donat que tots els resultats són pràcticament equivalents i qualitativament similars entre sí.

Discussió

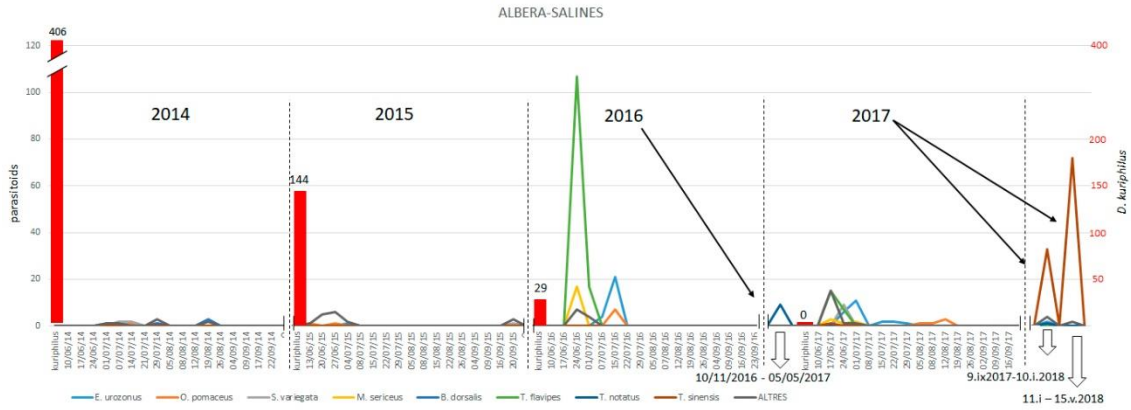


Figura 40. Histograma amb l'evolució de les abundàncies de vespeta i corbes de vol dels parasitoides emergits al punt de mostreig de l'Albera-Salines.

Per a l'any 2015, totes les poblacions de vespeta als punts de mostreig anteriorment esmentats van efectuar una notable davallada en la seva abundància. En canvi, durant aquell any als punts següents: Garrotxa 2, Garrotxa 3, Guilleries 1, Guilleries 2, Montseny 1 i Montseny 3, es va produir un pic en la seva abundància, que continuà els següents anys 2016 i 2017 al temps que s'apujaren les poblacions de parasitoides, mentre l'any 2017 hi ha una irrupció també de les presències de *T. notatus* i *T. sinensis* però sense una desaparició de les mostres de vespeta (Figs. 39 i 41). Com anteriorment, el conjunt d'aquests punts de mostreig s'il·lustra amb un sol gràfic, el de Guilleries 2, que en aquest cas és el representatiu pels seus resultats entre sí, pràcticament similars, al del conjunt.

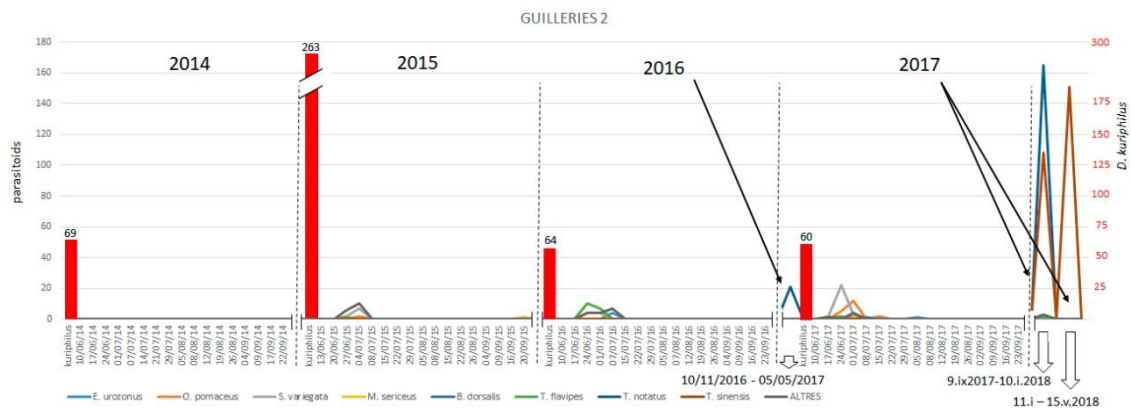


Figura 41. Histograma amb l'evolució de les abundàncies de vespeta i corbes de vol dels parasitoides emergits al punt de mostreig de Guilleries 2.

L'any 2016, mentre que les abundàncies de vespeta en la totalitat dels anteriors punts de mostreig van continuar la seva davallada d'una manera acusada, es va registrar un màxim de vespeta a Prades, on no s'havien detectat afectacions per gales al llarg dels anys anteriors. Així, en base a la seva biologia, podem afirmar que la plaga va impactar en aquest territori de Prades concretament el 2016 a partir de postes realitzades l'estiu del 2015. En aquest cas, també vam poder registrar l'aparició dels primers parasitoides reclutats als moments inicials dels atacs de *D. kuriphilus* (Figs. 39 i 42). Seguidament

s'inicia ja una posterior davallada de les mostres de vespeta per a l'any 2017 seguit d'un augment destacat de les poblacions de parasitoides.

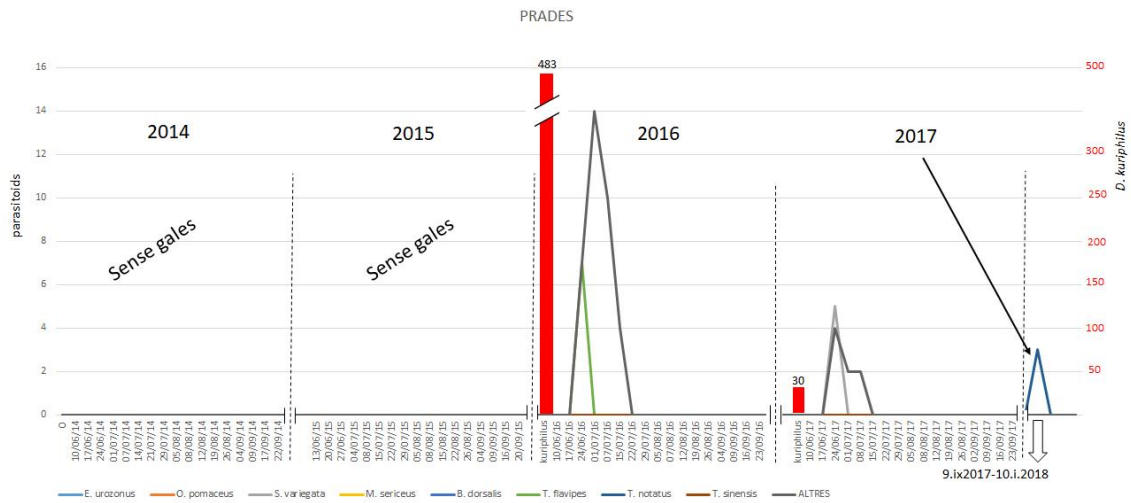


Figura 42. Histograma amb l'evolució de les abundàncies de vespeta i corbes de vol dels parasitoides emergits al punt de mostreig de Prades.

Posteriorment, tenint en compte les nostres observacions i d'acord tant amb els prospectors de les xarxes de seguiment fitosanitari forestal com amb la informació facilitada per propietaris i gestors forestals, a partir de l'any 2017 va disminuir de manera generalitzada la intensitat de les afectacions per gales a Catalunya, disminució que en 2018 va ser encara més acusada. Respecte el cas concret de Prades, en 2019 encara hi havia afectacions importants mentre que en 2020 es va produir ja un marcat declivi. En l'actualitat, per a l'any 2022, ens trobaríem pràcticament davant de la inexistència d'afectacions importants a Catalunya, havent passat en pocs anys d'espècie plaga a espècie invasora.

En contrast, cal destacar que aquesta disminució de les afectacions no ha estat observada avui dia en altres regions de la península Ibèrica, ni tan sols en les comunitats autònomes on s'han realitzat alliberaments massius de *T. sinensis* des de fa varis anys. Anirem desgranant, amb més detall, la sèrie d'incògnites vinculades amb aquests fets a través de les repercussions sobre la comunitat d'espècies autòctones que conformen el complex parasitoide objecte de reclutament per *D. kuriphilus*.

5.3. Reclutament de parasitoides des de les comunitats autòctones

Tractant-se d'una invasió nova, les castanyedes europees en general, i les catalanes en particular, no gaudien a priori d'espècies parasitoides que poguessin regular les poblacions d'aquest cinípid xinès que, no obstant, ha acabat desenvolupant noves comunitats biològiques a través del reclutament de parasitoides autòctons de la superfamília Chalcidoidea (Hymenoptera) pertanyents al complex parasitoide dels cinípids dels roures i alzines, reservoris del mateix (Jara-Chiquito *et al.*, 2016, 2020). De fet, des del primer moment que es va detectar la plaga l'any 2012, ja s'inclouïa la presència d'un primer parasitoide reclutat per la vespeta, *Torymus flavipes* (Torymidae),

(Fig. 36) de manera que de seguida es va veure que diverses espècies autòctones atacaven la gala de *D. kuriphilus*.

Les espècies emergides en 2013 (Taula 5), quan es van fer els primers mostreigs del parasitisme, es van obtenir set espècies de parasitoides pertanyents a sis famílies diferents: *Eupelmus urozonus* (Eupelmidae), *Eurytoma brunniventris* (Eurytomidae), *Ormyrus pomaceus* (Ormyridae), *Bootanomyia dorsalis* (Megastigmidae), *Torymus flavipes* (Torymidae), *Mesopolobus sericeus* i *M. tarsatus* (Pteromalidae). Les espècies emergides en 2013 (Taula 5), i que també hi són presents en totes les anualitats, excepte *M. tarsatus* que falta ocasionalment, corresponen a espècies presents en molts models de gales (Taules 5 i 6) les quals sovintegen en gales lignificades molt comunes als roures catalans (Fig. 43 a-c). És el cas de les gales d'*Andricus hispanicus* (asex), *A. coriarius* i *A. quercustozae*. També (Fig. 43 d-l) de *Biorhiza pallida* (sex) i d'algunes gales foliars com *A. gallaearnaeformis* (asex), *A. curator* (sex), *Cynips quercus* (asex), *Neuroterus anthracinus* (asex), *N. quercusbaccarum* (sex), *N. albipes* (asex) i *N. numismalis* (asex) o de gales d'aments com és el cas d'*A. quercusramuli* (sex). Però *O. pomaceus* i *B. dorsalis* apareixen sovint a partir de gales que es troben en l'alzina surera (Fig. 43 m-n), principalment emergint d'*A. grossulariae* (sex) i *A. grossulariae* (asex). Aquests fets podrien explicar la presència d'aquest grup de parasitoides tan primerenca i tan dilatada en el temps, constituint un grup d'espècies que podríem anomenar generalistes de grau 1. El cas de *Mesopolobus tarsatus* és diferent ja que és una espècie lligada a gales de (Fig. 43 o-p) l'alzina surera (*Andricus burgundus*) o del garric i l'alzina (*Plagiotrochus quercusilicis*), per la qual cosa no es troben tant àmpliament esteses en el territori i la seva abundància poblacional és molt menor; això explica que *M. tarsatus* no es trobi ni en totes les anualitats ni en tots els punts mostrejats.

Taula 5. Espècies parasitoides emergides de *Dryocosmus kuriphilus* ordenades per emergències anuals de les que s'indica, per cada gènere de Cynipini present a la península Ibèrica, el nombre del morfogales de les que emergeixen a Europa (EU), Espanya (Ñ) i Catalunya (CAT). Les anualitats són: 1: 2013, 2: 2014, 3: 2015, 4: 2016 i 5: 2017. D'*Eupelmus azureus* no hi ha dades fiables i *Torymus sinensis* es una espècie introduïda. Dades elaborades a partir d'Askew *et al.* (2013).

| Anualitats | Espècies parasitoides | Gèneres de Cynipini presents a la PI i nombre de morfogales amb emergència de parasitoides a EU (Ñ/CAT) | | | | | | | | | TOTAL EU (Ñ/CAT) |
|---------------|----------------------------------|---|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|----------------------|-------------------------|------------------|--------------------|------------------|
| | | <i>Andricus</i> | <i>Biorhiza</i> | <i>Callirhytis</i> | <i>Cynips</i> | <i>Neuroterus</i> | <i>Plagiotrochus</i> | <i>Pseudoneuroterus</i> | <i>Synophrus</i> | <i>Trigonaspis</i> | |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 54 (20/11) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 8 (5/4) | 6 (3/1) | 5 (5/4) | 3 (1/1) | 1 (0/0) | 2 (1/0) | 82 (37/23) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 64 (16/14) | 1 (1/1) | 3 (1/1) | 7 (4/4) | 8 (6/5) | 6 (6/5) | 2 (1/1) | | 2 (1/0) | 91 (36/31) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 59 (19/15) | 1 (1/1) | | 7 (4/4) | 8 (7/5) | 10 (10/10) | 3 (1/1) | | 2 (2/0) | 90 (44/36) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 39 (14/12) | 1 (1/1) | 3 (2/1) | 4 (1/0) | | 5 (5/4) | 2 (1/1) | | 1 (1/0) | 55 (25/19) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Torymus flavipes</i> | 18 (3/3) | 1 (1/1) | | 4 (1/1) | 9 (6/4) | 2 (2/2) | 1 (0/0) | | 1 (0/0) | 36 (13/11) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 26 (10/8) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | 5 (2/1) | 5 (4/4) | 1 (1/1) | | | | 39 (18/15) |
| 1, -, 3, 4, - | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 4 (2/1) | | | | | 1 (1/1) | | | | 5 (3/2) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Sycophyla biguttata</i> | 48 (14/12) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 8 (4/2) | 7 (7/3) | 2 (2/2) | 2 (1/1) | | 3 (1/0) | 73 (31/22) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Sycophyla variegata</i> | 23 (7/3) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 3 (0/0) | 2 (2/0) | 6 (6/5) | 1 (1/1) | | | 38 (8/11) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 43 (9/6) | 1 (1/1) | | 4 (2/1) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | | 52 (12/8) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Torymus auratus</i> | 25 (6/4) | 1 (1/1) | | 6 (4/2) | 5 (1/0) | 1 (1/1) | 1 (1/1) | | 2 (0/0) | 42 (14/9) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 44 (4/3) | 1 (1/1) | | 6 (0/0) | 1 (0/0) | | | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 54 (5/4) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 7 (6/4) | 1 (1/1) | | 2 (2/0) | 4 (4/3) | 5 (5/4) | 1 (0/0) | | | 20 (18/12) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 6 (4/3) | | | | | 10 (10/7) | 1 (1/1) | | | 17 (15/11) |
| 2, -, 4, - | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 59 (11/9) | 1 (1/1) | | 8 (5/3) | 9 (9/6) | 5 (5/2) | 1 (1/1) | | 2 (1/0) | 43 (32/22) |
| 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 26 (2/1) | 1 (1/1) | | 7 (3/1) | 9 (5/3) | | 2 (0/0) | | 3 (1/0) | 48 (12/6) |
| 3, 4, 5 | <i>Torymus geranii</i> | 10 (1/1) | 1 (1/1) | | 7 (3/3) | 2 (0/0) | | | | 1 (1/0) | 21 (5/5) |
| 3, 4, 5 | <i>Eupelmus azureus</i> | | | | | | | | | | |
| 4, 5 | <i>Mesopolobus amaeus</i> | 28 (6/3) | 2 (0/0) | | 4 (0/0) | 3 (1/1) | | | | | 37 (7/4) |
| 4, 5 | <i>Torymus notatus</i> | 3 (3/2) | 1 (1/0) | | | 2 (1/0) | 5 (5/4) | | 1 (0/0) | | 12 (10/6) |
| 4, 5 | <i>Torymus nobilis</i> | 4 (2/1) | 1 (1/0) | | | | | | | 1 (0/0) | 6 (3/1) |
| 4, 5 | <i>Torymus formosus</i> | 3 (2/1) | | | | | | | | 1 (0/0) | 4 (2/1) |
| ?, 4, 5 | <i>Torymus sinensis</i> | | | | | | | | | | |
| 4, - | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 41 (8/5) | 2 (1/1) | 2 (0/0) | 6 (3/1) | 2 (0/0) | | 3 (1/1) | | 2 (0/0) | 58 (13/8) |
| 5 | <i>Mesopolobus xanthocerus</i> | 28 (8/5) | 1 (1/1) | | | 4 (3/2) | 4 (4/1) | 1 (1/1) | | 1 (0/0) | 39 (17/10) |
| 5 | <i>Sycophila flavicollis</i> | 10 (4/1) | | 2 (0/0) | | | 4 (4/4) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | | 18 (9/6) |
| 5 | <i>Aulogygnus obscuriceps</i> | 7 (2/2) | | | | | | 1 (0/0) | | | 8 (2/2) |
| 5 | <i>Mesopolobus albitarsus</i> | 4 (0/0) | | | | 1 (0/0) | | | | | 5 (0/0) |
| 5 | <i>Torymus erucarum</i> | 5 (1/1) | | | 2 (0/0) | | | | | | 7 (1/1) |
| 5 | <i>Bootanomyia dumicola</i> | | | | | | 1 (1/0) | | | | 1 (1/0) |

Seguidament i en aplicació del nostre estudi experimental vam començar a recopilar les moltes altres espècies autòctones diferents de Chalcidoidea emergides de les gales de la vespeta del castanyer a Catalunya en anys successius, observant-se que el nombre de parasitoides s'anava incrementant any rere any i també que totes les espècies procedien de gales de Cynipidae sobre fagàcies del gènere *Quercus* (Jara-Chiquito *et al.*, 2020). La resta d'espècies parasitoides, per norma general, un cop aparegudes al mostreig, l'any següent tornaven a emergir juntament amb les altres espècies noves reclutades en la següent anualitat (Taula 5). Malgrat això, el que no es mantenia era la proporció de les espècies ja emergides en les anualitats posteriors.

Així, durant el 2014 van emergir vuit espècies més de parasitoides: *Eupelmus annulatus* (Eupelmidae), *Sycophila biguttata* i *S. variegata* (Eurytomidae), *Ormyrus nitidulus* (Ormyridae), *Torymus auratus* (Torymidae), *Mesopolobus liechtensteini*, *M. mediterraneus* i *M. tibialis* (Pteromalidae). És destacable que hi ha una explosió d'una espècie ja emergida, *Bootanomyia dorsalis* (Megastigmidae), junt a l'aparició d'un total de vuit espècies noves més (Taula 5). Dues d'aquestes espècies, *Eupelmus annulatus* i *M. mediterraneus*, són testimonials (Jara-Chiquito *et al.*, 2022). *Sycophila biguttata* presenta un gran nombre d'hostes i emergeix del mateix grup d'espècies citades en la anualitat 2013; biològicament són parasitoides primaris per la qual cosa desconexem les raons per les quals en 2013 fos absent. *Sycophila variegata* s'obté fonamentalment de gales dels roures d'*Andricus coriarius* (Taula 6), però també resulta extremadament abundant a *Plagiotrochus quercusilicis* a *Q. ilex* i *Q. coccifera*. *Torymus auratus* és una espècie relativament polífaga (Taula 6) sent molt abundant a *Biorhiza pallida* (sex) i a *Cynips quercusfolii* (asex) i, en menor grau, a gales llenyoses de les espècies *A. hispanicus* i *A. quercustozae*, capaç de comportar-se com a paràsit primari o secundari (Askew, 1965). *Mesopolobus liechtensteini* i *M. tibialis* són espècies parasitoides lligades principalment a gales de fagàcies perennifòlies (Taula 6), tant del gènere *Plagiotrochus* (Hym., Cynipidae) com del *Dryomyia* (Dip., Cecidomyiidae); biològicament es desconex el seu paper. Finalment, *Ormyrus nitidulus* apareix a partir de gales lignificades (Taula 6), principalment d'*A. coriarius*; és una espècie de grandària relativament gran, per la qual cosa la seva presència a les gales de *D. kuriphilus* semblaria estranya (malgrat que a partir d'aquesta anualitat es presenta sempre); possiblement (Ros-Farré & Pujade-Villar, 1998b) sigui un paràsit secundari atacant *T. auratus* i *B. dorsalis*, espècies que presenten larves de major grandària que les de *D. kuriphilus*.

A l'anualitat de 2015 s'incorporen tres espècies noves més: *Eupelmus azureus* (Eupelmidae), *Mesopolobus fasciiventris* (Pteromalidae) i *Torymus geranii* (Torymidae) (Taula 5). *Torymus gerani* (Torymidae) sovinteja (Taula 6) a gales dels roures de les espècies *Biorhiza pallida* (sex) i a *Cynips divisa* (asex). *Mesopolobus fasciiventris* (Pteromalidae) es localitza a Catalunya en diverses gales de *Neuroterus* (Taula 6): *N. albipes* (sex), *N. anthracinus* (sex) i *N. politus* (sex). I finalment, *Eupelmus azureus* (Eupelmidae) ha estat re-establerta recentment (Gibson & Fisú, 2016) a partir d'un material classificat prèviament com a *E. annulatus*. Ambdues espècies d'*Eupelmus* comparteixen hostes en *Quercus* però no hi ha dades suficients per valorar la preferència de gales als roures; és per això que sigui molt possible que *E. annulatus* estigui sobrevalorada en les gales dels roures i *E. azureus* infravalorada.



Figura 43. Gales més importants de les quals emergeixen els primers parasitoides que atacaran *Dryocosmus kuriphilus*: (a) *Andricus hispanicus* (asex), (b) *Andricus quercustozae*, (c) *Andricus coriarius*, (d) *Biorhiza pallida* (sex), (e) *Andricus gallaearnaeformis* (asex), (f) *Andricus curvator* (sex), (g) *Cynips quercus* (asex), (h) *Neuroterus anthracinus* (asex), (i) *Neuroterus albipes* (asex), (j) *Neuroterus numismalis* (asex), (k) *Neuroterus quercusbaccarum* (sex) a les fulles i als aments, (l) *Andricus quercusramuli* (sex), (m) *Andricus grossulariae* (sex), (n) *Andricus grossulariae* (asex), (o) *Andricus burgundus*, (p) *Plagiotrochus quercusilicis*. Dades obtingudes a partir d'Askew *et al.* (2013) i de Pujade-Villar (dades acumulades). Fotos obtingudes de Biodiversidad Virtual excepte la foto 'e' (https://www.britishplantgallsociety.org/Photo_html_files/Andricus_gallaearnaeformis_agamic_galls_Dordogne_M_Chinery.html) i la 'o' (cedida pel Dr. György Csóka, Hongria).

En 2016 s'incrementa amb sis noves espècies el complex parasitoide de les gales de la vespeta del castanyer: *Torymus nobilis*, *T. notatus*, *T. formosus* i *T. sinensis* (Torymidae), *Cecidostiba fungosa* i *Mesopolobus amaenus* (Pteromalidae) (Taula 5). De totes aquestes, és destacable la presència de *T. notatus* i de *T. sinensis*, no només pel seu paper en el

Torymus erucarum (Torymidae), *Sycophila flavicollis* (Eurytomidae), *Mesopolobus albitarsus* i *M. xanthocerus* (Pteromalidae) (Taula 5). Pel que fa a les espècies *B. dumicola*, *T. erucarum* i *T. formosus*, les hem de considerar com a ocasionals ja que ataquen gales dels roures enterrades o semi-enterrades que, en el cas de *Bothanomyia* ataquen principalment *Plagiotrochus galleramulorum* i en el de les altres dues espècies de *Torymus* ataquen *Andricus quercusradicis*. La seva presència només es pot explicar per haver-se realitzat alguna de les col·lectes de gales de *D. kuriphilus* en òrgans vegetals molt baixos i propers al terra. Però la gran novetat és que aquesta col·lecta ve acompanyada d'un enorme augment de la presència de *T. notatus* i *T. sinensis* que ve a coincidir amb la pràctica desaparició de *D. kuriphilus*. Aquesta evidència fa pensar que potser ha estat la conjunció de les dues espècies de torímids la que ha acabat per controlar la plaga de vespeta al territori català, tot i que també altres causes poden també haver influït en la seva dràstica minva poblacional.

Amb un total de 30 espècies, el complex parasitoide reclutat per *D. kuriphilus* està format per les vint-i-nou espècies autòctones relacionades abans, més l'exòtica *T. sinensis*, actualment ja incorporada a aquell.

En conjunt, el procés de reclutament ha registrat un increment any rere any en el nombre d'espècies de parasitoides nadius implicats a la gala del cinípid. Al mateix temps la taxa de parasitisme ha anat en continu augment al llarg dels anys a tots els punts de mostreig, fins a arribar pràcticament a la desaparició de *D. kuriphilus* amb un parasitisme d'un 98.50% en conjunt a Catalunya (Jara-Chiquito, *et al*, 2022a) (Taula 7).

Taula 7. Espècies parasitoides reclutades per *D. kuriphilus* abundàncies i taxa de parasitisme a Catalunya.

| Diversitat d'espècies diferents de parasitoides reclutats, abundàncies i taxa de parasitisme per Catalunya | | | | | |
|--|-------|--------|--------|--------|--------|
| Any de mostreig | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Nombre d'espècies de parasitoides | 7 | 7 | 3 | 7 | 6 |
| Nombre d'espècies de parasitoides acumulat | 7 | 14 | 17 | 24 | 30 |
| N parasitoides | 123 | 521 | 1155 | 2337 | 4167 |
| N <i>D.k.</i> | 7327 | 2988 | 1268 | 1304 | 64 |
| Taxa de parasitisme en % | 1,65% | 14,35% | 47,67% | 64,19% | 98,50% |

5.4. Variacions de les poblacions de parasitoides

Les tècniques estadístiques utilitzades tenen en compte totes les dades alhora, de manera que consideren Catalunya com a una "població global" de la qual s'ha mostrejat l'esmentada sèrie de 12 punts de mostreig durant un període de 4 anys. La distribució dels valors de les abundàncies de les diverses espècies és asimètrica, amb la presència de valors extrems, per la qual cosa s'ha utilitzat una transformació arrel quadrada per reduir la seva influència. Un cop transformades les dades, s'ha utilitzat la distància de Bray-Curtis com a mesura de dissimilitud entre els punts de mostreig.

Com a tècnica exploratòria de representació de les dades, i amb la finalitat d'observar possibles relacions entre els punts de mostreig i la seva evolució al llarg dels quatre anys, s'ha utilitzat una NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) de Kruskal. A través

d'aquesta tècnica s'ha representat en un espai de dimensió reduïda la totalitat de les observacions, corresponents a cadascun dels punts de mostreig per a cada anualitat, amb la finalitat de què l'ordenació de les distàncies entre cada parell d'observacions a la representació sigui el més fidel possible a l'ordenació de les distàncies originals. La interpretació d'aquesta representació pot ser força reveladora, en el sentit que observacions properes indiquen composicions de la comunitat d'espècies semblant. Al mateix temps s'ha representat el cercle de correlacions entre les observacions transformades en arrel quadrada i els eixos del NMDS, per tal de deduir les possibles relacions entre les espècies i les seves abundàncies.

L'aplicació del NMDS de Kruskal ha permès obtenir una representació en dues dimensions (Fig. 44) que resulta acceptable des del criteri de la reducció de la dimensió (estrès = 0,17) ja que el llindar es troba en $stress < 0,2$. No s'observa cap patró característic pel que fa als punts de mostreig, però és evident la diferent distribució de les observacions en els anys. Les anualitats 2014 i 2015, on la població de *D. kuriphilus* era alta, es troben a l'esquerra del gràfic, aparentment sense ser massa diferents entre elles ja que apareixen parcialment barrejades a la representació. Aquest fet pot tenir l'explicació que el 2014 té menys punts de mostreig que el 2015. El 2016 està en una posició intermèdia i representaria un canvi intermedi a les poblacions tenint en compte les anualitats anterior i la següent. Finalment el 2017, que es troba clarament a la dreta, acabaria amb un canvi ja definitiu de la composició de la comunitat parasitoide on la població de *D. kuriphilus* s'ha reduït dràsticament. Observem en sentit contrari les poblacions de *Torymus notatus* i *T. sinensis*, que adverteixen de una relació clarament inversa amb la població de *D. kuriphilus*. El cercle de correlacions de les abundàncies de les espècies amb els eixos en informa que s'ha produït un evident canvi en l'estructura de la comunitat al llarg dels anys, amb una transició de les espècies.

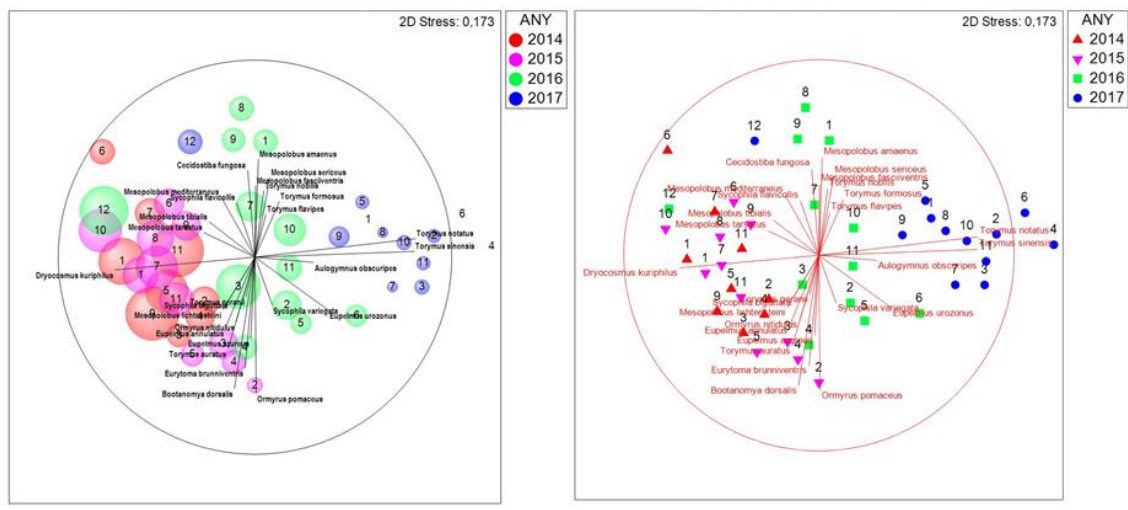


Figura 44. Representació bidimensional dels eixos obtinguts amb el NMDS de Kruskal. Les xifres indiquen les observacions dels punts de mostreig pertanyents a tots els grups poblacionals tenint en compte les abundàncies de *D. kuriphilus* (esquerra) o únicament les espècies (dreta). Els anys van marcats en colors tal com diu la llegenda. Màxima separació entre marcadors (any+punt de mostreig) sense cap condicionant. Les línies dintre els cercles representen les correlacions entre les espècies i els eixos del NMDS.

L'aplicació del model PERMANOVA (Permutational Multivariate Analysis of Variance) de dos factors (Taula 8) ens ha permès detectar que hi ha evidències significatives de diferències entre anys ($p=0,0001$) i alhora també variabilitat entre punts de mostreig ($p=0,0051$). L'avantatge del model PERMANOVA és que no requereix la condició de normalitat de les dades, donat que la distribució de les abundàncies és evident que no segueix una distribució normal i, a més, es basa directament en la informació aportada per la matriu de distàncies entre observacions que, en aquest cas, és la matriu de distàncies de Bray-Curtis.

Taula 8. Resultats de l'aplicació del model PERMANOVA de dos factors (any i punt de mostreig). En vermell els valors estadísticament significatius.

| Source | df | SS | MS | Pseudo-F | P(perm) | Unique perms |
|--------|----|-------|--------|----------|---------|--------------|
| ANY | 3 | 41417 | 13806 | 10,65 | 0,0001 | 9926 |
| ORDRE | 11 | 22191 | 2017,4 | 1,5563 | 0,0051 | 9832 |
| Res | 29 | 37592 | 1296,3 | | | |
| Total | 43 | 98987 | | | | |

Hem aplicat posteriorment un test PC (Pairwise Comparisons) de comparacions dos a dos entre anys (Taula 9). El resultat ha estat que es detecten diferències significatives entre tots els anys, amb p-valors inferiors a $p<0,0083$ (que és el llindar de la correcció de Bonferroni pel cas de sis comparacions), excepte pel cas de 2014-2015, fet que ja ens havia anticipat abans l'anàlisi NMDS i que ara el PERMANOVA ens confirma. És a dir, la composició de la comunitat ha anat canviant significativament amb el pas dels anys, sent dubtós que les diferències entre el 2014 i 2015 siguin significatives, ja que en aquest cas el p-valor veu superat per molt el llindar. Com s'ha dit anteriorment la causa d'aquest p-valor entre el 2014-2015, no significatiu però proper al llindar, podria ser degut probablement a un inferior nombre de punts de mostreig.

Posteriorment hem aplicat un altre PC per tal de fer comparacions dos a dos pel que fa a aquells possibles efectes entre punts de mostreig, els quals s'han especificat com a factor aleatori. Això implica que considerem que són "representants" de tots els possibles punts de mostreig de Catalunya, sense pressuposar que hagin estat triats d'acord a unes característiques específiques o diferencials. Si un factor és aleatori, assumim que pot haver-hi variabilitat entre els nivells del factor (els punts de mostreig), però la finalitat no és aleshores la seva comparació dos a dos. El resultat ha estat que hi ha variabilitat significativa entre punts, és a dir, hi ha diferències entre les observacions dels punts. Ara bé, atès que el mateix factor ha estat etiquetat com aleatori, no és metodològicament coherent fer amb ell les comparacions dos a dos. Tot i això, s'ha forçat l'execució del test per fer igualment les comparacions aparellades entre els punts (Taula 10), però la tècnica no ha permès detectar cap diferència significativa. Els resultats poden semblar contradictoris, però donat que quan comparem els punts de mostreig dos a dos tenim

Discussió

poques dades per realitzar el test, aleshores la potència del propi test és baixa també. És per això que si considerem que "punt de mostreig" és un factor d'efectes aleatoris, no és coherent mostrar com a resultat les comparacions aparellades. Però si igualment ho fem (equivalent en realitat a considerar que "punt de mostreig" és un factor fix) no detectem cap diferència significativa. Per tant, només queda l'opció de comentar els resultats de la comparació entre punts de mostreig des d'una perspectiva descriptiva, és a dir, de les seves posicions relatives en els gràfics.

Taula 9. Resultats del test dos a dos amb la correcció de Bonferroni. En vermell els valors estadísticament significatius.

| Groups | t | P(perm) | Unique perms |
|------------|--------|---------|--------------|
| 2014, 2015 | 1,9386 | 0,0094 | 9941 |
| 2014, 2016 | 2,2487 | 0,0033 | 9950 |
| 2014, 2017 | 4,2223 | 0,0002 | 9942 |
| 2015, 2016 | 2,5258 | 0,0012 | 9940 |
| 2015, 2017 | 4,4149 | 0,0001 | 9949 |
| 2016, 2017 | 3,0647 | 0,0004 | 9936 |

Taula 10. Comparacions dos a dos entre els diferents punts de mostreig. 1: Albera-Salines, 2: Garrotxa-1, 3: Garrotxa-2, 4: Garrotxa-3, 5: Gavarres, 6: Guillerries-1, 6: Guillerries-2, 7: Montseny-1, 8: Montseny-2, 10- Montseny-3, 11: Montnegre-Corredor, 12: Prades.

| Groups | t | P(perm) | Unique | | Groups | t | P(perm) | Unique | | Groups | t | P(perm) | Unique | |
|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| | | | perms | P(MC) | | | | perms | P(MC) | | | | perms | P(MC) |
| 1, 2 | 1,4867 | 0,1199 | 425 | 0,1595 | 3, 5 | 0,46922 | 0,8312 | 425 | 0,8457 | 5, 12 | 1,3411 | 0,2988 | 16 | 0,3639 |
| 1, 3 | 1,2046 | 0,2091 | 425 | 0,2859 | 3, 6 | 1,3867 | 0,1515 | 425 | 0,1954 | 6, 7 | 1,4286 | 0,1721 | 424 | 0,186 |
| 1, 4 | 1,3233 | 0,1519 | 425 | 0,2132 | 3, 7 | 1,1799 | 0,2375 | 425 | 0,2949 | 6, 8 | 1,0698 | 0,4011 | 212 | 0,4023 |
| 1, 5 | 1,3803 | 0,2091 | 425 | 0,2085 | 3, 8 | 1,0088 | 0,483 | 212 | 0,4454 | 6, 9 | 1,1803 | 0,2789 | 425 | 0,3008 |
| 1, 6 | 1,202 | 0,2698 | 425 | 0,2938 | 3, 9 | 1,147 | 0,307 | 425 | 0,3198 | 6, 10 | 0,97637 | 0,4746 | 212 | 0,4672 |
| 1, 7 | 1,2361 | 0,2075 | 425 | 0,2603 | 3, 10 | 0,88851 | 0,548 | 212 | 0,5318 | 6, 11 | 1,1902 | 0,2898 | 424 | 0,2987 |
| 1, 8 | 1,2087 | 0,3406 | 212 | 0,3333 | 3, 11 | 0,86683 | 0,6038 | 425 | 0,5402 | 6, 12 | 1,9438 | 0,1999 | 16 | 0,2276 |
| 1, 9 | 0,88587 | 0,6738 | 425 | 0,5534 | 3, 12 | 1,5357 | 0,3069 | 16 | 0,3116 | 7, 8 | 1,0468 | 0,4345 | 212 | 0,4147 |
| 1, 10 | 1,2616 | 0,2746 | 212 | 0,2972 | 4, 5 | 0,7695 | 0,7022 | 425 | 0,6271 | 7, 9 | 0,8339 | 0,6539 | 425 | 0,5738 |
| 1, 11 | 1,0231 | 0,4295 | 425 | 0,4033 | 4, 6 | 1,4598 | 0,1387 | 425 | 0,1668 | 7, 10 | 1,1732 | 0,3489 | 212 | 0,3504 |
| 1, 12 | 1,2417 | 0,2942 | 16 | 0,3933 | 4, 7 | 1,2284 | 0,2325 | 425 | 0,2763 | 7, 11 | 0,72804 | 0,6789 | 424 | 0,6522 |
| 2, 3 | 0,91679 | 0,5631 | 425 | 0,4973 | 4, 8 | 1,206 | 0,3098 | 212 | 0,3238 | 7, 12 | 0,99684 | 0,7342 | 16 | 0,502 |
| 2, 4 | 0,76491 | 0,5729 | 425 | 0,5681 | 4, 9 | 1,3583 | 0,1677 | 425 | 0,2165 | 8, 9 | 1,1731 | 0,338 | 212 | 0,332 |
| 2, 5 | 1,0805 | 0,3513 | 425 | 0,366 | 4, 10 | 1,2177 | 0,333 | 212 | 0,3221 | 8, 10 | 0,89436 | 0,5005 | 38 | 0,5068 |
| 2, 6 | 1,5351 | 0,1216 | 425 | 0,1457 | 4, 11 | 1,1318 | 0,3104 | 425 | 0,3351 | 8, 11 | 1,1605 | 0,3459 | 212 | 0,3497 |
| 2, 7 | 1,5438 | 0,109 | 425 | 0,1535 | 4, 12 | 1,132 | 0,2967 | 16 | 0,435 | 8, 12 | 1,1588 | 0,3255 | 15 | 0,4209 |
| 2, 8 | 1,218 | 0,3324 | 212 | 0,3172 | 5, 6 | 1,1625 | 0,2711 | 425 | 0,3114 | 9, 10 | 1,2987 | 0,2677 | 212 | 0,2732 |
| 2, 9 | 1,3472 | 0,1821 | 425 | 0,2069 | 5, 7 | 1,088 | 0,3475 | 425 | 0,3641 | 9, 11 | 0,74193 | 0,7189 | 425 | 0,6361 |
| 2, 10 | 1,2105 | 0,3637 | 211 | 0,3325 | 5, 8 | 1,1401 | 0,4136 | 212 | 0,3628 | 9, 12 | 1,1293 | 0,2993 | 16 | 0,4432 |
| 2, 11 | 1,031 | 0,4027 | 425 | 0,4021 | 5, 9 | 1,182 | 0,3439 | 425 | 0,3011 | 10, 11 | 0,96973 | 0,4719 | 212 | 0,4607 |
| 2, 12 | 1,6225 | 0,2941 | 16 | 0,2846 | 5, 10 | 1,2163 | 0,3243 | 212 | 0,3164 | 10, 12 | 1,6641 | 0,25 | 15 | 0,2757 |
| 3, 4 | 0,50661 | 0,7917 | 425 | 0,788 | 5, 11 | 0,94617 | 0,5671 | 425 | 0,4813 | 11, 12 | 1,2233 | 0,3031 | 16 | 0,4015 |

Així, en el cas concret dels punts de la Garrotxa 1, 2 i 3 (Taula 10-11), que van ser caracteritzats en el nostre disseny experimental per fer la comparació segons el tipus de massa forestal de castanyer, no donen diferències significatives. També les comparacions entre els altres punts no donen diferències significatives. Fins i tot prenent els dos punts de mostreig caracteritzats per una vegetació acompanyant molt més diversa en la seva

composició d'espècies de quercínies, Montseny i Montnegre, segueix sense donar diferències de significació estadística (Taula 10-11). El fet de no detectar-se diferències significatives entre elles implica que el tipus de massa de castanyer no influeix en el procés de reclutament dels parasitoides, tractant-se de nínxols tròfics homogenis i monòtons, sense estratificacions funcionals.

Taula 11. Espècies de parasitoides reclutats per *D. kuriphilus* a diferents punts de mostreig.

| Diversitat en nombre d'espècies diferents de parasitoides reclutats any rere any a cada zona de mostreig | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|---------|
| Zona de mostreig | Composició de la vegetació | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | N total |
| Garrotxa 1 | Castanyer i roure pèrol | 6 | 9 | 2 | 1 | 18 |
| Garrotxa 2 | Castanyer i faig | 8 | 4 | 2 | 1 | 15 |
| Garrotxa 3 | Castanyer massa pura | 9 | 4 | 3 | 1 | 17 |
| Montseny | Castanyer i roure de fulla gran, roure martinenc, roure de fulla petita, roure cerrioides i alzina | 11 | 4 | 4 | 6 | 25 |
| Montnegre | Castanyer i roure africà, roure martinenc, alzina i alzina surera | 11 | 5 | 3 | 1 | 20 |

Per altra banda, aquesta consideració és congruent amb la certa monotonia que ostenten les masses de castanyer com a nínxol tròfic del cinípid inductor de gales. El fet de no detectar-se diferències significatives entre punts de mostreig implica que el tipus de massa de castanyer no influeix en el procés de reclutament dels parasitoides, tractant-se de nínxols tròfics homogenis, sense estratificacions funcionals. També, la proximitat entre punts de mostreig, encara que siguin ecològicament diferents, pot representar un efecte homogeneïtzador del complex parasitoide. No obstant això, els resultats de les comparacions entre punts, des d'un prisma descriptiu tenint en compte les seves característiques ecològiques, ens indiquen que sí que hi ha un efecte evident en funció de la composició de la vegetació acompanyant: a més diversitat de espècies de roures, que actuen com a reservoris dels parasitoides (Jara Chiquito, *et al.*, 2019), es dona més diversitat en el nombre de noves espècies autòctones de parasitoides reclutades.

Com hem vist, l'aplicació del model PERMANOVA ens ha permès detectar que existeixen diferències significatives entre anys. A resultes d'això hem decidit aplicar la tècnica coneguda com CAP (Canonical Analysis of Principal coordinates). El propòsit d'aquesta tècnica és el de cercar uns eixos a l'espai multivariant que siguin els millors en el sentit de discriminar de manera òptima entre els grups, per tant en aquest cas, entre els anys. També, així mateix, la informació emprada és l'aportada per la matriu de distàncies de Bray-Curtis.

L'estudi mitjançant el CAP, a través de l'obtenció d'un espai bidimensional que maximitza les diferències de les observacions entre anys, també ens dona l'existència d'una diferent distribució de les observacions en el temps (Fig. 45). La interpretació és qualitativament similar a l'obtinguda amb el NMDS, en el sentit de permetre veure una transició entre anys. Aquí és evident la contraposició entre *D. kuriphilus* amb *T. notatus* i *T. sinensis*, sent el 2016 un any de transició entre la composició dels anys 2014-2015 i l'any 2017 (Figs. 44-45). A la representació dels eixos del CAP es pot apreciar que les observacions del 2014 i del 2015, on la població de *Dryocosmus kuriphilus* era alta, es troben a l'esquerra del gràfic, mentre que les del 2016 estan en una posició intermèdia, i finalment les del 2017 es troben clarament a la dreta on, a més, la població de *Dryocosmus kuriphilus* s'ha reduït dràsticament. Per contra, les poblacions de *Torymus notatus* i *Torymus sinensis*, adverteixen de una relació clarament inversa amb la població de

Dryocosmus kuriphilus. El cercle de correlacions de les abundàncies de les espècies amb els eixos ens informa que s'ha produït un evident canvi en l'estructura de la comunitat al llarg dels anys, amb una transició de les espècies.

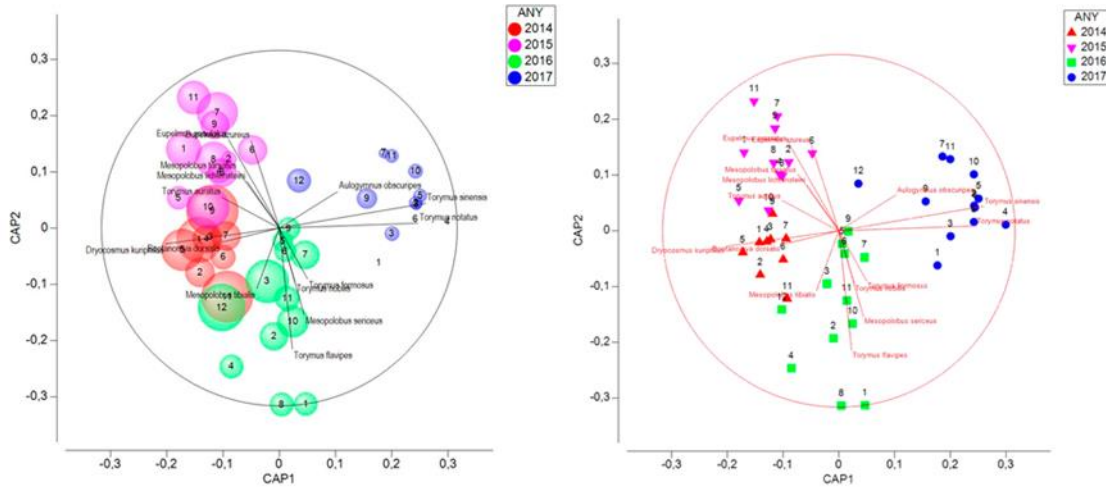


Figura 45. Representació dels dos primers eixos obtinguts amb CAP, denotant les observacions pertanyents a cada any. Les xifres corresponen als els mostreigs de tots els grups poblacionals tenint en compte les abundàncies de *D. kuriphilus* (esquerra) o només les espècies (dreta). Millor separació dels marcadors (any+punt de mostreig) tenint en compte el factor anualitat. Les línies dintre els cercles representen les correlacions entre les espècies i els eixos del CAP.

D'altra banda, el fet de que *T. notatus* presenti dos períodes d'emergència, un entre finals de primavera i començaments d'estiu, i l'altre a la primavera del segon any coincidint amb l'emergència de *T. sinensis* (Jara-Chiquito *et al.*, 2022a) ens suggereix l'existència de fenofases en la transició d'espècies que s'estenen cap al nou nínxol dels castanyers per reclutament d'espècies cecidògenes dels roures.

5.5. Transició específica i funcional en el complex parasitoide

Hem vist que les espècies de parasitoides reclutades i les de la pròpia vespeta van variant en el temps al llarg dels anys i no tant així entre els diferents punts de mostreig. Això implica un comportament homogeni de la plaga a tot el territori. L'aplicació de l'anàlisi SIMPER (Similarity Percentages) ens permet identificar les espècies més característiques de cada any i, alhora, les que més han variat entre anys i que expliquen les diferències en la composició de les comunitats.

Així, observem que l'espècie més abundant en els anys 2014 i 2015 és, amb diferència, *D. kuriphilus*. Segueix essent la més abundant l'any 2016, però amb una clara reducció de l'abundància, que s'accentua fortament el 2017. *Bootanomyia dorsalis* és la segona espècie més abundant del 2014 i manté la població en els anys 2015 i 2016, però la seva abundància decreix dràsticament el 2017. Altrament, *Torymus flavipes* i *T. notatus* experimenten alces importants i esdevenen la segona i tercera espècies més abundants el 2016, essent destacable que *T. notatus* no havia estat identificada en els mostreigs del 2014 i 2015. Finalment, *T. sinensis* apareix en alguns punts de mostreig l'any 2016 i passa

a ser l'espècie més abundant el 2017, essent *T. notatus* la segona, amb un fort creixement respecte al 2016.

La comparació de la composició de la comunitat entre anys permet veure una transició poblacional, en el sentit d'aparició i desaparició d'espècies, o bé de forts creixements i decreixements de les seves abundàncies. A nivell global, la comparació entre els anys 2014 i 2017, ens permet veure com *T. sinensis* passa de ser una espècie inexistente a la més abundant, semblantment al que ha succeït amb *T. notatus*. Podem observar que al mateix temps s'ha produït una dràstica reducció de l'abundància de *D. kuriphilus*. És destacable, d'altra banda, la reducció també en aquests anys de *Bootonomyia dorsalis*. Els canvis que s'han produït en aquestes quatre espècies entre el 2014 i el 2017 expliquen un 70% de la dissimilitud de la composició de la comunitat que ha esdevingut en el decurs d'aquells quatre anys.

Les dissimilituds (o similituds) entre els punts de mostreig s'han calculat amb l'índex de dissimilitud de Bray-Curtis, un cop realitzada prèviament la transformació arrel quadrada de les abundàncies. Llavors, podem avaluar la similitud mitjana entre els punts per a cada any (Taula 12). Per exemple, l'any 2014 la similitud mitjana és de 51,58 (en una escala de 0 a 100), o el que és el mateix, una dissimilitud mitjana de 48,42 (100 – 51,58). Veiem que la similitud més baixa entre punts de mostreig és l'any 2016 (39,79), la qual cosa vol dir que hi ha diferències rellevants entre punts en la composició de la comunitat.

L'anàlisi SIMPER analitza com participa cada espècie al càlcul de la similitud total, és a dir, calcula la descomposició de la similitud total amb la contribució de cada espècie (Taula 12). L'any 2014, l'espècie que contribueix més a la similitud entre punts de mostreig és *D. kuriphilus* (32,26 del total de 51,58, la qual cosa equival a un 62,55% de la similitud total), amb una abundància mitjana d'observacions (recordem que les abundàncies han estat transformades amb l'arrel quadrada) de 13,86. La columna "Sim/SD" és la similitud mitjana dividida per la desviació típica (SD) de les similituds a cadascun dels punts de mostreig, de manera que un valor comparativament alt (valor relatiu baix de SD) indica que l'espècie ha contribuït de manera consistent a la similitud total, és a dir, que a tots (o molts) dels punts de mostreig la seva contribució ha estat rellevant. Podem veure que *D. kuriphilus* no només ha estat l'espècie amb una contribució mitjana més alta, sinó que ho ha fet de manera "regular" als punts de mostreig (quocient Sim/SD alt). Si examinem les espècies de cadascuna de les anualitats en una contribució acumulada de similitud màxima del 75% observem que (Taula 12) en 2014 hi participen 2 espècies (*D. kuriphilus* i *B. dorsalis*) però que *D. kuriphilus* ho fa amb una contribució del 62,55% i *B. dorsalis* amb el 10,30%; en 2015 hi participen un total de 4 espècies (*D. kuriphilus*, *E. annulatus*, *S. variegata* i *E. azureus*) destacant la contribució de similitud acumulada de *D. kuriphilus* amb el 49,48%; en 2016 també 4 espècies (*D. kuriphilus*, *T. flavipes*, *T. notatus* i *M. sericeus*) on la contribució més elevada és també la de *D. kuriphilus* amb el 36,03% seguida de *T. flavipes* i *T. notatus* amb els 19,63% i 11,43%, respectivament; finalment, en 2017 les coses canvien dràsticament ja que les espècies que agrupen el 75% de similitud acumulada són precisament les que acaben controlant la plaga (*T. sinensis* i *T. notatus* amb un 41,18% i el 33,22%, respectivament). Aquestes dades ens indiquen que en les primeres anualitats l'espècie plaga és precisament la

Discussió

dominat (malgrat intervenen també en menor grau algunes espècies parasitoides), però al mateix temps mostren que anualitat a anualitat la importància de *D. kuriphilus* és cada cop menor passant del 62,55% al 2014 al 4,58% al 2017, essent en 2017 les contribucions de *T. notatus* i *T. sinensis* les que passen a tenir importància en les poblacions estudiades. Per altre banda es veu com les espècies parasitoides que intervenen en els còmputos de similitud dins del 75% són diferents en cada anualitat la qual cosa demostra canvis poblacionals entre les espècies i les diferents anualitats.

Taula 12. Taules de similitud total en les diferents anualitats de mostreig (2014-2017).

| Group 2014 | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------|--------|----------|-------|
| Average similarity: 51,58 | | | | | |
| Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 13,86 | 32,26 | 2,57 | 62,55 | 62,55 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,26 | 5,31 | 0,8 | 10,3 | 72,84 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 2,79 | 0,97 | 5,4 | 78,24 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 2,48 | 1,13 | 4,81 | 83,05 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 2,32 | 1,02 | 4,5 | 87,56 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 2,31 | 1,04 | 4,48 | 92,04 |
| <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 1,65 | 0,78 | 3,2 | 95,24 |
| <i>Eurytoma bruniventris</i> | 0,79 | 1,06 | 0,6 | 2,06 | 97,29 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 0,82 | 0,43 | 1,58 | 98,88 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,29 | 0,3 | 0,57 | 99,44 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 0,22 | 0,3 | 0,43 | 99,87 |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0,07 | 0,17 | 0,13 | 100 |

| Group 2015 | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------|--------|----------|-------|
| Average similarity: 49,90 | | | | | |
| Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 9,6 | 24,69 | 1,64 | 49,48 | 49,48 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 2,38 | 4,16 | 1,58 | 8,34 | 57,83 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,93 | 3,96 | 1,6 | 7,93 | 65,76 |
| <i>Eupelmus azureus</i> | 1,73 | 2,89 | 1,24 | 5,78 | 71,54 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 3,33 | 2,78 | 0,63 | 5,57 | 77,11 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,71 | 2,47 | 0,5 | 4,95 | 82,06 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,34 | 1,88 | 0,72 | 3,77 | 85,83 |
| <i>Torymus auratus</i> | 1,21 | 1,76 | 0,71 | 3,53 | 89,36 |
| <i>Torymus geranii</i> | 1,08 | 1,41 | 0,67 | 2,82 | 92,19 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 1,2 | 0,98 | 0,46 | 1,96 | 94,14 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 0,89 | 0,92 | 0,58 | 1,85 | 95,99 |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,63 | 0,55 | 0,34 | 1,09 | 97,08 |
| <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,56 | 0,45 | 0,32 | 0,91 | 97,99 |
| <i>Eurytoma bruniventris</i> | 0,92 | 0,43 | 0,32 | 0,87 | 98,86 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,45 | 0,23 | 0,21 | 0,47 | 99,33 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0,27 | 0,22 | 0,24 | 0,45 | 99,78 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,26 | 0,06 | 0,13 | 0,12 | 99,91 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,27 | 0,05 | 0,13 | 0,09 | 100 |

| Group 2016 | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------|--------|----------|-------|
| Average similarity: 39,79 | | | | | |
| Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 8,49 | 14,34 | 3,11 | 36,03 | 36,03 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 5,63 | 7,81 | 1,22 | 19,63 | 55,66 |
| <i>Torymus notatus</i> | 4,22 | 4,55 | 0,87 | 11,43 | 67,09 |
| <i>Mesopolobus sericeus</i> | 2,46 | 2,69 | 0,65 | 6,76 | 73,85 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,58 | 2,15 | 0,49 | 5,4 | 79,25 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 2,7 | 1,8 | 0,5 | 4,52 | 83,77 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 2,44 | 1,78 | 0,46 | 4,47 | 88,24 |
| <i>Torymus sinensis</i> | 1,61 | 0,83 | 0,35 | 2,08 | 90,32 |
| <i>Torymus geranii</i> | 1,11 | 0,78 | 0,4 | 1,96 | 92,27 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 0,74 | 0,39 | 1,87 | 94,14 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 1,04 | 0,43 | 0,29 | 1,08 | 95,22 |
| <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,49 | 0,35 | 0,31 | 0,88 | 96,1 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0,81 | 0,35 | 0,21 | 0,87 | 96,97 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,52 | 0,25 | 0,21 | 0,62 | 97,6 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,51 | 0,24 | 0,22 | 0,61 | 98,2 |
| <i>Torymus auratus</i> | 0,61 | 0,18 | 0,22 | 0,44 | 98,65 |
| <i>Eurytoma bruniventris</i> | 0,51 | 0,16 | 0,21 | 0,41 | 99,06 |
| <i>Eupelmus azureus</i> | 0,25 | 0,12 | 0,21 | 0,3 | 99,37 |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,47 | 0,12 | 0,12 | 0,3 | 99,67 |
| <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,2 | 0,05 | 0,12 | 0,12 | 99,79 |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,2 | 0,05 | 0,12 | 0,12 | 99,91 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,27 | 0,04 | 0,12 | 0,09 | 100 |

| Group 2017 | | | | | |
|----------------------------------|----------|--------|--------|----------|-------|
| Average similarity: 51,07 | | | | | |
| Species | Av.Abund | Av.Sim | Sim/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Torymus sinensis</i> | 12,42 | 21,03 | 1,46 | 41,18 | 41,18 |
| <i>Torymus notatus</i> | 9,28 | 16,96 | 2 | 33,22 | 74,4 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 2,15 | 3,2 | 0,91 | 6,27 | 80,67 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,95 | 2,86 | 1,15 | 5,6 | 86,27 |
| <i>Dryocosmus kuriphilus</i> | 1,71 | 2,34 | 0,88 | 4,58 | 90,85 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 1,62 | 1,52 | 0,58 | 2,97 | 93,82 |
| <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,89 | 0,63 | 0,38 | 1,24 | 95,06 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 0,87 | 0,51 | 0,42 | 1,01 | 96,07 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,45 | 0,47 | 0,41 | 0,92 | 96,99 |
| <i>Eurytoma bruniventris</i> | 0,48 | 0,39 | 0,42 | 0,76 | 97,74 |
| <i>Eupelmus azureus</i> | 0,46 | 0,25 | 0,31 | 0,49 | 98,23 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 0,54 | 0,24 | 0,29 | 0,47 | 98,7 |
| <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0,43 | 0,21 | 0,21 | 0,41 | 99,11 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0,25 | 0,15 | 0,21 | 0,29 | 99,4 |
| <i>Aulogygmus obscuripes</i> | 0,29 | 0,06 | 0,12 | 0,11 | 99,51 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,17 | 0,05 | 0,12 | 0,1 | 99,61 |
| <i>Torymus auratus</i> | 0,39 | 0,05 | 0,12 | 0,1 | 99,71 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,17 | 0,04 | 0,12 | 0,08 | 99,79 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,17 | 0,04 | 0,12 | 0,07 | 99,86 |
| <i>Torymus geranii</i> | 0,17 | 0,04 | 0,12 | 0,07 | 99,93 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,25 | 0,03 | 0,12 | 0,07 | 100 |

D'una altra banda, podem fer una anàlisi similar comparant dos anys i analitzant com es fragmenta la dissimilitud en funció de la contribució de cada espècie (Taula 13). Per exemple, observem els resultats de 2014-2015. La dissimilitud mitjana entre els punts de mostreig dels dos anys és de 53,97 (o similitud del 46,03). Si examinem les espècies amb una contribució acumulada de similitud màxima del 75% observem que (Taula 13) que

l'espècie que més contribueix a la diferència entre ambdós anys és *D. kuriphilus*, que passa d'una abundància de 13,86 (any 2014) a 9,60 (any 2015), essent la seva contribució a la dissimilitud de 13,12 (un 24,30% del total de 53,97). El quocient Diss/SD és dels més alts, confirmant que per exemple no es tracta d'un fet aïllat a uns pocs punts de mostreig. En aquest sentit, té una certa rellevància que l'augment evident de les espècies *E. annulatus* i *E. azureus* vagi acompanyat de valors alts de Diss/SD (1,57 i 1,57 respectivament), el que confirmaria que no es tracta tampoc d'un fet aïllat d'algun punt de mostreig. Comentaris semblants podríem fer entre els altres parells d'anualitats comparats (Taula 13). Podem veure que *D. kuriphilus* sempre està present en totes les dissimilituds amb una contribució alta, però ho ha fet de manera "regular" als punts de mostreig (quocient Sim/SD alt), és a dir el valor Diss/SD no sempre és el més alt.

Si examinem les espècies de cadascuna de les anualitats per parells d'anys consecutius en una contribució acumulada de similitud màxima del 75% observem que (Taula 13) en 2014-2015 hi participen 8 espècies (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis*, *O. pomaceus*, *E. annulatus*, *E. azureus*, *S. variegata*, *T. flavipes* i *T. auratus*) però que *D. kuriphilus* ho fa amb una contribució del 24,30% i *B. dorsalis* amb el 13,15%, essent aquesta contribució inferior al 10% (entre 4,40-8,87) per a les altres espècies mencionades.

En 2015-2016 hi un augment d'espècies i la substitució d'algunes d'elles (per exemple *T. auratus* per *T. notatus*); hi participen un total de 9 espècies (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis*, *O. pomaceus*, *E. annulatus*, *E. urozonus*, *S. variegata*, *M. sericeus*, *T. flavipes* i *T. notatus*) destacant aquí la contribució de similitud acumulada de *D. kuriphilus* amb el 13,06% i *T. flavipes* amb el 10,94%, essent aquesta contribució inferior al 10% (entre 3,30-9,63) per a les altres espècies mencionades; la dissimilitud mitjana entre 2015-2016 és de 64,94, més alta que al 2014-2015.

La situació canvia radicalment en 2016-2017 ja que malgrat hi participen 7 espècies (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis*, *O. pomaceus*, *E. urozonus*, *T. flavipes*, *T. sinensis* i *T. notatus*) amb una dissimilitud mitjana del 70,47, aquest cop *D. kuriphilus* no és l'espècie que més hi contribueix en la dissimilitud ja que és clarament superada per *T. sinensis* (amb 12,72% i 20,94 respectivament) essent la contribució també de *T. notatus* alta (12,59%) i la de la resta d'espècies inferior al 10% (entre 4,82%-8,63).

Si agafem la primera i darrera anualitats mostrejades (2014-2017) obtenim una dissimilitud mitjana molt alta del 80,87 la qual cosa posa en evidència un conjunt poblacional molt diferent on 5 espècies (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis*, *S. variegata*, *T. sinensis* i *T. notatus*) agrupen el 75% de similitud acumulada de les quals *T. sinensis* (amb el 24,21%) i *T. notatus* (amb el 18,19%) són les espècies que acaben controlant la plaga; el valor de dissimilitud tan alt de *D. kuriphilus* (21,77%) es deu precisament a la dràstica davallada poblacional d'aquesta espècie plaga.

Malgrat hi ha un recanvi poblacional per parells d'anualitats amb una dissimilitud acumulada màxima del 75%, cal mencionar que 3 espècies (*D. kuriphilus*, *B. dorsalis*, *S. variegata*) sempre hi són presents, que *T. notatus* apareix en el període intermedi i es manté fins al final, i que *T. sinensis* apareix al final.

Discussió

Taula 13. Taules de dissimilitud en funció de la contribució de cada espècie en parells de punts de mostreig per anualitats entre 2014-2017.

| Groups 2014 & 2015 | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---------|---------|----------|-------|
| Average dissimilarity = 53,97 | | | | | | |
| Species | Group 2014 | Group 2015 | | | | |
| | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Dryococmus kuriphilus</i> | 13,86 | 9,6 | 13,12 | 1,41 | 24,3 | 24,3 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,26 | 3,71 | 7,1 | 1,28 | 13,15 | 37,45 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 3,33 | 4,79 | 1,08 | 8,87 | 46,33 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,11 | 2,38 | 3,8 | 1,59 | 7,05 | 53,37 |
| <i>Eupelmus azureus</i> | 0 | 1,73 | 2,8 | 1,57 | 5,18 | 58,56 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 1,93 | 2,66 | 1,31 | 4,94 | 63,49 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 0,89 | 2,6 | 1,11 | 4,82 | 68,31 |
| <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 1,21 | 2,37 | 1,18 | 4,4 | 72,7 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 1,34 | 2,25 | 1,21 | 4,16 | 76,87 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 1,2 | 2,04 | 1,06 | 3,79 | 80,65 |
| <i>Torymus geranii</i> | 0 | 1,08 | 1,87 | 0,99 | 3,47 | 84,12 |
| <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,79 | 0,92 | 1,8 | 1,21 | 3,33 | 87,45 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 0,45 | 1,76 | 0,88 | 3,26 | 90,71 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,26 | 1,24 | 0,76 | 2,3 | 93,01 |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0 | 0,63 | 1,2 | 0,7 | 2,21 | 95,22 |
| <i>Mesopolobus sericens</i> | 0,11 | 0,56 | 1,1 | 0,67 | 2,04 | 97,26 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0 | 0,27 | 0,57 | 0,57 | 1,05 | 98,32 |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0 | 0,48 | 0,51 | 0,9 | 99,21 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0 | 0,27 | 0,42 | 0,45 | 0,79 | 100 |

| Groups 2014 & 2017 | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---------|---------|----------|-------|
| Average dissimilarity = 81,93 | | | | | | |
| Species | Group 2014 | Group 2017 | | | | |
| | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Torymus sinensis</i> | 0 | 12,42 | 19,84 | 1,54 | 24,21 | 24,21 |
| <i>Dryococmus kuriphilus</i> | 13,86 | 1,71 | 17,84 | 1,8 | 21,77 | 45,98 |
| <i>Torymus notatus</i> | 0 | 9,28 | 14,9 | 1,73 | 18,19 | 64,17 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,26 | 0,54 | 4,92 | 1,1 | 6 | 70,17 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 2,15 | 3,14 | 1,39 | 3,83 | 74 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 1,62 | 2,99 | 1,17 | 3,65 | 77,66 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 1,95 | 2,41 | 1,09 | 2,94 | 80,6 |
| <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 0,39 | 2,06 | 1,04 | 2,51 | 83,11 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 0,87 | 1,94 | 1,17 | 2,37 | 85,48 |
| <i>Mesopolobus sericens</i> | 0,11 | 0,89 | 1,44 | 0,76 | 1,76 | 87,24 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 0,17 | 1,39 | 0,81 | 1,7 | 88,93 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 0,45 | 1,23 | 0,93 | 1,51 | 90,44 |
| <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,79 | 0,48 | 1,18 | 1,18 | 1,44 | 91,88 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,17 | 1,09 | 0,75 | 1,34 | 93,22 |
| <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0 | 0,43 | 0,78 | 0,51 | 0,96 | 94,17 |
| <i>Eupelmus azureus</i> | 0 | 0,46 | 0,67 | 0,67 | 0,82 | 94,99 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0 | 0,25 | 0,47 | 0,52 | 0,58 | 95,57 |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0 | 0,45 | 0,51 | 0,55 | 96,12 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,11 | 0,25 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 96,67 |
| <i>Aulogymus obscuripes</i> | 0 | 0,29 | 0,4 | 0,43 | 0,49 | 97,16 |
| <i>Bootanomya dimicola</i> | 0 | 0,25 | 0,35 | 0,29 | 0,43 | 97,59 |
| <i>Torymus formosus</i> | 0 | 0,24 | 0,35 | 0,29 | 0,42 | 98,01 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0 | 0,17 | 0,34 | 0,4 | 0,41 | 98,42 |
| <i>Torymus erucarum</i> | 0 | 0,22 | 0,31 | 0,29 | 0,38 | 98,8 |
| <i>Mesopolobus albitarsis</i> | 0 | 0,22 | 0,31 | 0,29 | 0,38 | 99,18 |
| <i>Sycophila flavicollis</i> | 0 | 0,12 | 0,3 | 0,28 | 0,37 | 99,55 |
| <i>Torymus geranii</i> | 0 | 0,17 | 0,25 | 0,43 | 0,3 | 99,86 |
| <i>Torymus nobilis</i> | 0 | 0,08 | 0,12 | 0,29 | 0,14 | 100 |

| Groups 2014 & 2016 | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---------|---------|----------|-------|
| Average dissimilarity = 63,91 | | | | | | |
| Species | Group 2014 | Group 2016 | | | | |
| | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Dryococmus kuriphilus</i> | 13,86 | 8,49 | 11,8 | 1,19 | 18,47 | 18,47 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 1,83 | 5,63 | 6,97 | 1,26 | 10,91 | 29,38 |
| <i>Torymus notatus</i> | 0 | 4,22 | 6,51 | 0,94 | 10,18 | 39,56 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,26 | 3,58 | 5,96 | 1,17 | 9,32 | 48,88 |
| <i>Mesopolobus sericens</i> | 0,11 | 2,46 | 3,87 | 0,92 | 6,06 | 54,94 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 1,25 | 2,7 | 3,84 | 1,12 | 6,01 | 60,96 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,43 | 2,44 | 3,81 | 0,99 | 5,97 | 66,92 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 1,58 | 2,98 | 0,97 | 4,66 | 71,58 |
| <i>Torymus sinensis</i> | 0 | 1,61 | 2,28 | 0,64 | 3,57 | 75,15 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,83 | 1,04 | 2,03 | 0,95 | 3,17 | 78,32 |
| <i>Torymus auratus</i> | 1,29 | 0,61 | 1,97 | 1,12 | 3,08 | 81,4 |
| <i>Torymus geranii</i> | 0 | 1,11 | 1,82 | 0,71 | 2,84 | 84,24 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 0,68 | 0,52 | 1,37 | 0,8 | 2,15 | 86,39 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0 | 0,81 | 1,31 | 0,55 | 2,05 | 88,44 |
| <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,79 | 0,51 | 1,3 | 1,04 | 2,03 | 90,47 |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,36 | 0,47 | 1,09 | 0,59 | 1,7 | 92,17 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,79 | 0,22 | 1,06 | 0,71 | 1,66 | 93,83 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0 | 0,51 | 0,89 | 0,54 | 1,39 | 95,22 |
| <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0 | 0,49 | 0,87 | 0,64 | 1,36 | 96,57 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,11 | 0,27 | 0,52 | 0,45 | 0,82 | 97,39 |
| <i>Eupelmus azureus</i> | 0 | 0,25 | 0,4 | 0,55 | 0,63 | 98,02 |
| <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0 | 0,2 | 0,36 | 0,42 | 0,56 | 98,58 |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0 | 0,2 | 0,36 | 0,42 | 0,56 | 99,14 |
| <i>Torymus formosus</i> | 0 | 0,17 | 0,29 | 0,29 | 0,46 | 99,6 |
| <i>Torymus nobilis</i> | 0 | 0,14 | 0,26 | 0,29 | 0,4 | 100 |

| Groups 2015 & 2016 | | | | | | |
|----------------------------------|------------|------------|---------|---------|----------|-------|
| Average dissimilarity = 64,94 | | | | | | |
| Species | Group 2015 | Group 2016 | | | | |
| | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | Contrib% | Cum.% |
| <i>Dryococmus kuriphilus</i> | 9,6 | 8,49 | 8,48 | 1,2 | 13,06 | 13,06 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 0,89 | 5,63 | 7,1 | 1,36 | 10,94 | 24 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,71 | 3,58 | 6,25 | 1,13 | 9,63 | 33,63 |
| <i>Torymus notatus</i> | 0 | 4,22 | 6,08 | 0,96 | 9,36 | 42,98 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 3,33 | 2,7 | 4,99 | 1,23 | 7,68 | 50,67 |
| <i>Eupelmus urozonus</i> | 1,34 | 2,44 | 3,61 | 1,05 | 5,56 | 56,23 |
| <i>Mesopolobus sericens</i> | 0,56 | 2,46 | 3,45 | 1 | 5,31 | 61,54 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,93 | 1,58 | 2,96 | 1,26 | 4,57 | 66,1 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 2,38 | 0,27 | 2,96 | 1,64 | 4,56 | 70,66 |
| <i>Torymus sinensis</i> | 0 | 1,61 | 2,14 | 0,65 | 3,3 | 73,95 |
| <i>Eupelmus azureus</i> | 1,73 | 0,25 | 2,05 | 1,5 | 3,16 | 77,12 |
| <i>Torymus geranii</i> | 1,08 | 1,11 | 2,03 | 1,08 | 3,13 | 80,24 |
| <i>Torymus auratus</i> | 1,21 | 0,61 | 1,79 | 1,21 | 2,75 | 82,99 |
| <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 1,2 | 0,52 | 1,66 | 0,98 | 2,56 | 85,55 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,45 | 1,04 | 1,64 | 0,81 | 2,53 | 88,08 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0,27 | 0,81 | 1,43 | 0,74 | 2,2 | 90,28 |
| <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,92 | 0,51 | 1,38 | 0,88 | 2,13 | 92,41 |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,63 | 0,2 | 1,04 | 0,84 | 1,6 | 94,01 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,27 | 0,51 | 0,99 | 0,69 | 1,52 | 95,53 |
| <i>Mesopolobus amaenus</i> | 0 | 0,49 | 0,8 | 0,65 | 1,23 | 96,76 |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0 | 0,47 | 0,75 | 0,44 | 1,16 | 97,92 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,26 | 0,22 | 0,51 | 0,55 | 0,79 | 98,71 |
| <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0 | 0,2 | 0,33 | 0,43 | 0,51 | 99,22 |
| <i>Torymus formosus</i> | 0 | 0,17 | 0,27 | 0,29 | 0,42 | 99,64 |
| <i>Torymus nobilis</i> | 0 | 0,14 | 0,24 | 0,29 | 0,36 | 100 |

Discussió

| Groups 2015 & 2017 | | | | | | |
|----------------------------------|------------|----------|------------|---------|----------|-------|
| Average dissimilarity = 80,87 | | | | | | |
| Species | Group 2015 | | Group 2017 | | Contrib% | Cum.% |
| | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Diss/SD | | |
| <i>Torymus sinensis</i> | 0 | 12,42 | 18,49 | 1,6 | 22,87 | 22,87 |
| <i>Torymus notatus</i> | 0 | 9,28 | 13,86 | 1,83 | 17,14 | 40,01 |
| <i>Dryococmus kuriphilus</i> | 9,6 | 1,71 | 12,87 | 1,53 | 15,91 | 55,92 |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,71 | 0,54 | 4,68 | 0,89 | 5,79 | 61,7 |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 3,33 | 0,87 | 4,25 | 1,03 | 5,26 | 66,96 |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 2,38 | 0,25 | 3,14 | 1,61 | 3,88 | 70,84 |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,93 | 2,15 | 2,41 | 1,38 | 2,97 | 73,81 |
| <i>Eupelmus urocois</i> | 1,34 | 1,95 | 2,37 | 1,23 | 2,93 | 76,74 |
| <i>Torymus flavipes</i> | 0,89 | 1,62 | 2,36 | 1,07 | 2,92 | 79,66 |
| <i>Eupelmus acureus</i> | 1,73 | 0,46 | 2,09 | 1,36 | 2,58 | 82,24 |
| <i>Torymus auratus</i> | 1,21 | 0,39 | 1,9 | 1,14 | 2,34 | 84,58 |
| <i>Mesopolobus lichiensteini</i> | 1,2 | 0,45 | 1,7 | 1,27 | 2,11 | 86,69 |
| <i>Mesopolobus sericeus</i> | 0,56 | 0,89 | 1,56 | 0,96 | 1,93 | 88,62 |
| <i>Torymus geranii</i> | 1,08 | 0,17 | 1,54 | 1,04 | 1,9 | 90,52 |
| <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,92 | 0,48 | 1,39 | 1,03 | 1,72 | 92,24 |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,63 | 0 | 1 | 0,72 | 1,24 | 93,48 |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 0,45 | 0,17 | 0,83 | 0,65 | 1,03 | 94,51 |
| <i>Mesopolobus amoemus</i> | 0 | 0,43 | 0,71 | 0,53 | 0,88 | 95,4 |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0,27 | 0,25 | 0,64 | 0,75 | 0,79 | 96,19 |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,27 | 0,17 | 0,57 | 0,63 | 0,7 | 96,89 |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,26 | 0,17 | 0,52 | 0,62 | 0,64 | 97,53 |
| <i>Aulogymmus obscuripes</i> | 0 | 0,29 | 0,38 | 0,44 | 0,47 | 97,99 |
| <i>Bootanomya dimicola</i> | 0 | 0,25 | 0,33 | 0,3 | 0,41 | 98,4 |
| <i>Torymus formosus</i> | 0 | 0,24 | 0,32 | 0,3 | 0,4 | 98,81 |
| <i>Torymus erucarum</i> | 0 | 0,22 | 0,29 | 0,3 | 0,36 | 99,17 |
| <i>Mesopolobus albitarsus</i> | 0 | 0,22 | 0,29 | 0,3 | 0,36 | 99,53 |
| <i>Sycophila flavicollis</i> | 0 | 0,12 | 0,27 | 0,29 | 0,33 | 99,86 |
| <i>Torymus nobilis</i> | 0 | 0,08 | 0,11 | 0,3 | 0,14 | 100 |

| Groups 2016 & 2017 | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|----------|------------|---------|---------|----------|-------|
| Average dissimilarity = 70,47 | | | | | | | |
| Species | Group 2016 | | Group 2017 | | Diss/SD | Contrib% | Cum.% |
| | Av.Abund | Av.Abund | Av.Diss | Av.Diss | | | |
| <i>Torymus sinensis</i> | 1,61 | 12,42 | 14,76 | 1,47 | 20,94 | 20,94 | |
| <i>Dryococmus kuriphilus</i> | 8,49 | 1,71 | 8,96 | 1,16 | 12,72 | 33,66 | |
| <i>Torymus notatus</i> | 4,22 | 9,28 | 8,87 | 1,37 | 12,59 | 46,24 | |
| <i>Torymus flavipes</i> | 5,63 | 1,62 | 6,08 | 1,28 | 8,63 | 54,87 | |
| <i>Bootanomya dorsalis</i> | 3,58 | 0,54 | 4,25 | 0,87 | 6,04 | 60,91 | |
| <i>Eupelmus urocois</i> | 2,44 | 1,95 | 3,54 | 1,21 | 5,02 | 65,93 | |
| <i>Ormyrus pomaceus</i> | 2,7 | 0,87 | 3,4 | 1,01 | 4,82 | 70,75 | |
| <i>Mesopolobus sericeus</i> | 2,46 | 0,89 | 3,17 | 1,02 | 4,5 | 75,25 | |
| <i>Sycophila variegata</i> | 1,58 | 2,15 | 3,11 | 1,27 | 4,41 | 79,66 | |
| <i>Torymus geranii</i> | 1,11 | 0,17 | 1,59 | 0,77 | 2,26 | 81,92 | |
| <i>Ormyrus nitidulus</i> | 1,04 | 0,17 | 1,36 | 0,71 | 1,93 | 83,85 | |
| <i>Mesopolobus fasciventris</i> | 0,81 | 0,25 | 1,3 | 0,72 | 1,85 | 85,7 | |
| <i>Mesopolobus lichiensteini</i> | 0,52 | 0,45 | 1,06 | 0,93 | 1,5 | 87,2 | |
| <i>Torymus auratus</i> | 0,61 | 0,39 | 1,02 | 0,7 | 1,45 | 88,65 | |
| <i>Mesopolobus amoemus</i> | 0,49 | 0,43 | 0,98 | 0,84 | 1,4 | 90,04 | |
| <i>Eurytoma brunniventris</i> | 0,51 | 0,48 | 0,97 | 0,91 | 1,37 | 91,41 | |
| <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 0,51 | 0,17 | 0,87 | 0,69 | 1,24 | 92,65 | |
| <i>Eupelmus acureus</i> | 0,25 | 0,46 | 0,7 | 0,87 | 1 | 93,65 | |
| <i>Mesopolobus tibialis</i> | 0,47 | 0 | 0,69 | 0,44 | 0,98 | 94,63 | |
| <i>Eupelmus annulatus</i> | 0,27 | 0,25 | 0,6 | 0,55 | 0,85 | 95,49 | |
| <i>Torymus formosus</i> | 0,17 | 0,24 | 0,5 | 0,42 | 0,71 | 96,2 | |
| <i>Sycophila biguttata</i> | 0,22 | 0,17 | 0,39 | 0,52 | 0,56 | 96,76 | |
| <i>Aulogymmus obscuripes</i> | 0 | 0,29 | 0,34 | 0,44 | 0,48 | 97,23 | |
| <i>Cecidostiba fungosa</i> | 0,2 | 0 | 0,3 | 0,43 | 0,43 | 97,67 | |
| <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 0,2 | 0 | 0,3 | 0,43 | 0,43 | 98,1 | |
| <i>Torymus nobilis</i> | 0,14 | 0,08 | 0,3 | 0,39 | 0,42 | 98,52 | |
| <i>Bootanomya dimicola</i> | 0 | 0,25 | 0,3 | 0,3 | 0,42 | 98,94 | |
| <i>Torymus erucarum</i> | 0 | 0,22 | 0,26 | 0,3 | 0,37 | 99,31 | |
| <i>Mesopolobus albitarsus</i> | 0 | 0,22 | 0,26 | 0,3 | 0,37 | 99,69 | |
| <i>Sycophila flavicollis</i> | 0 | 0,12 | 0,22 | 0,29 | 0,31 | 100 | |

En resum, malgrat el nombre d'espècies anualitat darrera anualitat van augmentant el reclutament (Taula 14) les poblacions d'aquestes espècies pateixen variacions poblacionals de manera que es produeix un canvi estadísticament significatiu de les poblacions en una transició del pool d'espècies en cada anualitat. El resultat d'aquesta transició és que l'espècie plaga *D. kuriphilus* davalla fins a estar controlada finalment pel parasitisme de *T. sinensis* i *T. notatus* combinat amb la intervenció més discreta de les poblacions de les altres espècies parasitoides que són presents amb diferents abundàncies en cada anualitat.

També cal dir que els punts de mostreig amb castanyedes acompanyades de masses forestals diverses no resulten significativament diferents pel que fa a les poblacions de parasitoides, segurament degut al fet de què, sent properes, el desplaçament entre elles dels parasitoides és molt alt de forma natural, sigui pel seu propi vol o pel vent, la qual cosa, unida a la certa monotonia del nínxol tròfic que representa la gala al castanyer, pot explicar la també relativa homogeneïtzació del pool d'espècies del complex parasitoide.

Per altra part, tota aquesta transició poblacional també representa un canvi funcional en el procés de reclutament de parasitoides al llarg del temps, de manera que podríem considerar que primerament entren les espècies polífagues o més generalistes, per seguidament donar pas a parasitoides secundaris amb hiperparasitoides i finalment fer una transició cap a parasitoides especialistes, competitivament superiors en el rang de recursos disponibles que representa, tenint en compte els postulats d'Elton, el nínxol de les gales del castanyer (Elton, 1958; Stachowicz & Tilman, 2005). En el cas de *D. kuriphilus* les coses no són tan evidents ja que es desconeix la biologia particular de moltes de les espècies però si que podem establir alguns patrons, com veurem tot seguit.

Taula 14. Espècies parasitoides emergides de *D. kuriphilus* ordenades per emergències anuals de les que s'indica, per cada gènere de Cynipini present a la península Ibèrica, el nombre del morfogales de les que emergeixen a Europa (EU), Espanya (Ñ) i Catalunya (CAT). Les anualitats són: 1: 2013, 2: 2014, 3: 2015, 4: 2016 i 5: 2017. Respecte *Eupelmus azureus* no hi ha dades fiables i *Torymus sinensis* es una espècie introduïda. Dades elaborades a partir d'Askew *et al.* (2013).

| Anualitats | Espècies parasitoides | Gèneres de Cynipini presents a la PI i nombre de morfogales amb emergencia de parasitoids a EU (Ñ /CAT) | | | | | | | | TOTAL EU (Ñ/CAT) | |
|---------------|----------------------------------|---|-----------------|--------------------|---------------|-------------------|----------------------|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| | | <i>Andricus</i> | <i>Biorhiza</i> | <i>Callirhytis</i> | <i>Cynips</i> | <i>Neuraterus</i> | <i>Plagiotrochus</i> | <i>Pseudoneuraterus</i> | <i>Synophrus</i> | | <i>Trigonaspis</i> |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Eupelmus urozonus</i> | 54 (20/11) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 8 (5/4) | 6 (3/1) | 5 (5/4) | 3 (1/1) | 1 (0/0) | 2 (1/0) | 82 (37/23) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Eurytoma brunniventris</i> | 64 (16/14) | 1 (1/1) | 3 (1/1) | 7 (4/4) | 8 (6/5) | 6 (6/5) | 2 (1/1) | | 2 (1/0) | 91 (36/31) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Ormyrus pomaceus</i> | 59 (19/15) | 1 (1/1) | | 7 (4/4) | 8 (7/5) | 10 (10/10) | 3 (1/1) | | 2 (2/0) | 90 (44/36) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Bootanomyia dorsalis</i> | 39 (14/12) | 1 (1/1) | 3 (2/1) | 4 (1/0) | | 5 (5/4) | 2 (1/1) | | 1 (1/0) | 55 (25/19) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Torymus flavipes</i> | 18 (3/3) | 1 (1/1) | | 4 (1/1) | 9 (6/4) | 2 (2/2) | 1 (0/0) | | 1 (0/0) | 36 (13/11) |
| 1, 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus sericeus</i> | 26 (10/8) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | 5 (2/1) | 5 (4/4) | 1 (1/1) | | | | 39 (18/15) |
| 1, -, 3, 4, - | <i>Mesopolobus tarsatus</i> | 4 (2/1) | | | | | 1 (1/1) | | | | 5 (3/2) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Sycophila biguttata</i> | 48 (14/12) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 8 (4/2) | 7 (7/3) | 2 (2/2) | 2 (1/1) | | 3 (1/0) | 73 (31/22) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Sycophila variegata</i> | 23 (7/3) | 1 (1/1) | 2 (1/1) | 3 (0/0) | 2 (2/0) | 6 (6/5) | 1 (1/1) | | | 38 (8/11) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Eupelmus annulatus</i> | 43 (9/6) | 1 (1/1) | | 4 (2/1) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 1 (0/0) | | 52 (12/8) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Torymus auratus</i> | 25 (6/4) | 1 (1/1) | | 6 (4/2) | 5 (1/0) | 1 (1/1) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | 2 (0/0) | 42 (14/9) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Ormyrus nitidulus</i> | 44 (4/3) | 1 (1/1) | | 6 (0/0) | 1 (0/0) | | | 1 (0/0) | 1 (0/0) | 54 (5/4) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus mediterraneus</i> | 7 (6/4) | 1 (1/1) | | 2 (2/0) | 4 (4/3) | 5 (5/4) | 1 (0/0) | | | 20 (18/12) |
| 2, 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus lichtensteini</i> | 6 (4/3) | | | | | 10 (10/7) | 1 (1/1) | | | 17 (15/11) |
| 2, -, 4, - | <i>Mesopolobus tibialis</i> | 59 (11/9) | 1 (1/1) | | 8 (5/3) | 9 (9/6) | 5 (5/2) | 1 (1/1) | | 2 (1/0) | 43 (32/22) |
| 3, 4, 5 | <i>Mesopolobus fasciiventris</i> | 26 (2/1) | 1 (1/1) | | 7 (3/1) | 9 (5/3) | | 2 (0/0) | | 3 (1/0) | 48 (12/6) |
| 3, 4, 5 | <i>Torymus geranii</i> | 10 (1/1) | 1 (1/1) | | 7 (3/3) | 2 (0/0) | | | | 1 (1/0) | 21 (5/5) |
| 3, 4, 5 | <i>Eupelmus azureus</i> | | | | | | | | | | |
| 4, 5 | <i>Mesopolobus amaeus</i> | 28 (6/3) | 2 (0/0) | | 4 (0/0) | 3 (1/1) | | | | | 37 (7/4) |
| 4, 5 | <i>Torymus notatus</i> | 3 (3/2) | 1 (1/0) | | | 2 (1/0) | 5 (5/4) | | 1 (0/0) | | 12 (10/6) |
| 4, 5 | <i>Torymus nobilis</i> | 4 (2/1) | 1 (1/0) | | | | | | | 1 (0/0) | 6 (3/1) |
| 4, 5 | <i>Torymus formosus</i> | 3 (2/1) | | | | | | | | 1 (0/0) | 4 (2/1) |
| ?, 4, 5 | <i>Torymus sinensis</i> | | | | | | | | | | |
| 4, - | <i>Cecidostiba fungosa</i> | 41 (8/5) | 2 (1/1) | 2 (0/0) | 6 (3/1) | 2 (0/0) | | 3 (1/1) | | 2 (0/0) | 58 (13/8) |
| 5 | <i>Mesopolobus xanthocerus</i> | 28 (8/5) | 1 (1/1) | | | 4 (3/2) | | 1 (1/1) | | 1 (0/0) | 39 (17/10) |
| 5 | <i>Sycophila flavicollis</i> | 10 (4/1) | | 2 (0/0) | | | 4 (4/4) | 1 (1/1) | 1 (0/0) | | 18 (9/6) |
| 5 | <i>Aulogygnus obscuriceps</i> | 7 (2/2) | | | | | | 1 (0/0) | | | 8 (2/2) |
| 5 | <i>Mesopolobus albirtarsus</i> | 4 (0/0) | | | | 1 (0/0) | | | | | 5 (0/0) |
| 5 | <i>Torymus erucarum</i> | 5 (1/1) | | | 2 (0/0) | | | | | | 7 (1/1) |
| 5 | <i>Bootanomyia dumicola</i> | | | | | | 1 (1/0) | | | | 1 (1/0) |

Així, pesi a que les poblacions de parasitoides autòctons de totes les gales de Cynipini presents al territori (un total de 75 morfotipus, als que hem d'agregar alguns altres més de gales de Cedicomyiidae dels alzinars) poden participar en l'atac a les gales de la vespeta del castanyer, el cert és que només una part (unes 30 espècies, totes elles extraordinàriament comunes a Catalunya) conté la major part de les poblacions de parasitoides emergits de gales de *D. kuriphilus* (Taula 6). Aquest fet ha afavorit la ràpida incorporació, any rere any, d'espècies parasitoides a les gales de *D. kuriphilus* i també, entre altres factors, ha contribuït sens dubte a la disminució de les poblacions de la plaga.

Per altra banda algunes espècies (Noyes, 2019), com és el cas d'*Eupelmus annulatus* per exemple, no es troben exclusivament en gales de Cynipidae; aquesta espècie també ataca larves de coleòpters (Apionidae, Attelabidae, Bruchidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae i Scolytidae), larves de dípters (Agromyzidae, Cecidomyiidae i Tephritidae) i nimfes de hemípters (Aphididae, Coccidae i Diaspididae). Per tant, aquesta i altres espècies polífagues també podrien contribuir a l'atac de gales de *D. kuriphilus* a partir d'individus d'altres hostes diferents de les gales dels roures i alzines.

No obstant, un aspecte encara obscur en les gales de Cynipini en general i en *D. kuriphilus* en particular és el paper dels parasitoides en l'interior les gales. Se sap (Noyes, 2019), per anomenar-ne alguns, que *Eupelmus urozonus* pot ser un parasitoide primari o secundari, i que excepcionalment també podria ser terciari; que *Eurytoma brunniventris*, parasitoide exclusiu de gales de Cynipini, és un parasitoide primari però que també ataca *Sycophila biguttata* (i ocasionalment larves d'altres postes d'*Eurytoma brunniventris*); que *Torymus flavipes*, parasitoide que ataca també larves de dípters (Cecidomyiidae i Tephritidae), és normalment un parasitoide primari però que també ataca *Torymus notatus*; que *T. notatus* és un parasitoide primari però que també ataca *Torymus auratus*;

que *T. auratus* és un parasitoide primari i secundari, atacant en aquest darrer cas *Eurytoma bruniventris* i *Sycophila biguttata*; que *Ormyrus pomaceus*, *Mesopolobus tibialis*, *M. xanthocerus*, *Sycophila biguttata* i *S. variegata*, per exemple, són parasitoides primaris, etc.

Algunes d'aquestes relacions van ser estudiades per Askew (1961a, 1961b, 1965, 1966, 1975, 1985) en alguns models de gales concrets, però encara el seu paper tròfic en les gales de *D. kuriphilus* no ha estat mai abordat. *Bootanomyia dorsalis*, respecte la majoria de les gales de roure es desconeix la seva biologia, però Askew (1966) i Ros-Farré & Pujade-Villar (1998b) van constatar que atacaven les larves inquilines dins de les gales d'*Andricus kollari* i *A. hispanicus*, respectivament; en aquesta tesi hem pogut comprovar (Jara-Chiquito *et al.*, 2020) que *B. dorsalis* es comporta com a com a parasitoide primari atacant larves i pupes de *D. kuriphilus*.

5.6. Repercussions ecosistèmiques sobre el control del cinípid

L'esfondrament del sector primari amb el despoblament de les àrees rurals i la instal·lació d'explotacions forestals més rendibles van ser la causa de l'envelliment i abandonament de la immensa majoria de les castanyedes actuals. La manca de gestió de les últimes dècades, agibellada amb recomanacions de substitució per espècies forestals alternatives, ha agreujat també la regressió de les masses de castanyers com a ecosistemes tot afavorint l'expansió de problemes fitosanitaris molt greus com el xancre (Aletà i García, 2014) o la vespeta del castanyer que incrementen la fragilitat d'aquestes formacions.

Exceptuant els pocs rodals de grans castanyers que encara podem trobar en finques de les muntanyes de Prades i del Montseny, productors de fruits més grossos i més dolços que els dels castanyers silvestres ordinaris que són testimonis d'anteriors èpoques on el castanyer va ser àmpliament cultivat per la qualitat seus fruits comestibles (Abel *et al.* 2021). A Catalunya, els castanyers són destinats de forma gairebé exclusiva a produir fusta, a diferència de molts altres indrets a Espanya on el seu ús és l'obtenció d'una collita en fruits.

Aquest aspecte implica, ja d'entrada, que al nostre territori el castanyer és gestionat dins l'entorn d'una silvicultura dirigida preferentment a constituir denses masses de castanyers per l'obtenció de fusta de petits i mitjans diàmetres, conegudes amb el nom de perxades, que són gestionades com a bosc menut regular de rebrot. En contrast, els aprofitaments per a la recol·lecció de la castanya, es basarien més aviat en el marc de la fructicultura, caracteritzada per una disposició poc densa dels arbres distribuïts en marcs de plantació molt espaiats, amb una regeneració a partir de llavor pel peu tutor i empelt d'alguna varietat selecta per la producció de fruit.

La diferència primordial entre ambdues radica en el gradient d'insolació a les capçades, que resulta força reduït en el cas de les perxades, junt amb una major accessibilitat als nutrients de les arrels i la possibilitat extra de l'afegiment de recursos de fertilització a les plantacions de fruit. Tot això té la implicació fonamental de què a la majoria dels castanyers a casa nostra, sotmesos a un règim de tallades arreu, s'afavoreix la selecció de borrons de producció de rebrots de fusta per la conformació de tiges i branques, en

detriment de borrons de floració per la generació de les castanyes. La diferent constitució morfològica que acompanya els borrons de fusta, que resulten en el seu conjunt menys voluminosos i prims, pot representar una dificultat a l'oviposició de la vespeta en front dels borrons de fruit amb teixits més gruixuts i susceptibles d'albergar aquesta posta d'ous. Vegem això amb més detall.

En la nostra àrea d'estudi, els ous són disposats durant el juliol i part de l'agost a l'interior dels borrons (Fig. 46a) just després de l'emergència; l'oviposició té una durada de 2-3 dies per femella (Wu & Abe, 2022). Les femelles es comporten com pro-ovigèniques, (la major part o la totalitat del seu potencial d'òvuls durant tota la vida ja és madur des de l'emergència de l'adult) probablement per l'abundància de borrons de castanyers disponibles per l'oviposició en condicions naturals (Wu & Abe, 2022). Per altra banda, també segons Wu & Abe (2022), les femelles més grans tenen més càrregues d'ous que les femelles petites no havent estat observada estadísticament una proporció diferent en la grandària dels ous (Fig. 46b), la qual cosa podria comprometre, depenent de les condicions, la seva viabilitat. Sovint les postes passen desapercebudes ja que no s'observa cap marca externa, però a vegades hi queden unes petites cicatrius de color vermell-marró corresponents als orificis d'oviposició (Fig. 46d). Quan separem les primeres escates del borro podem observar els ous en el seu interior en les capes més superficials del borro (Fig. 46e). L'ou un cop dipositat presenta part del peduncle a l'exterior (Fig. 46c) podent constituir un òrgan respiratori pel desenvolupament de l'embrió (Askew, 1984); però Askew (1984) no esmenta si el peduncle és absorbit posteriorment o si bé es destrueix després d'haver complert la seva funció. De tota forma, pel que es vol comentar, no és important el que succeeixi amb el peduncle, sinó el fet de que estigui a fora i per tant patint les condicions atmosfèriques del moment.

Tots els borrons són susceptibles de ser atacats però un estudi de Itô (1967) afirma que els borrons que no són atacats per la vespeta del castanyer es degut a diversos factors, com ara: (i) borrons formats després que l'activitat de posta de les vespes hagi cessat; (ii) borrons vells i encongits que són evitats durant la posta; (iii) borrons que escapen de les oviposicions per atzar; i (iv) borrons en els quals els ous han mort després d'haver estat dipositats.

Aquesta última possibilitat és la que volem comentar en aquest apartat. La posició tan externa de la posta podria tenir conseqüències en la seva viabilitat en tractar-se d'ous nus. Dins de tots el factors que portem detallant que han pogut influir en la disminució les poblacions de la plaga a Catalunya, un altre més, que necessitaria un estudi a part, és el canvi climàtic. Se sap que les poblacions de cinípid a Catalunya han minvat en els darrers decennis (Pujade-Villar, dades no publicades) com també ho han fet, per exemple, a Anglaterra (Stone, *pers. com.*) i França (Folliot†, *pers. com.*). Tots coincideixen en que el factor que està ocasionant aquesta variació poblacional és el canvi climàtic, encara que aquesta possibilitat no ha estat encara testada.

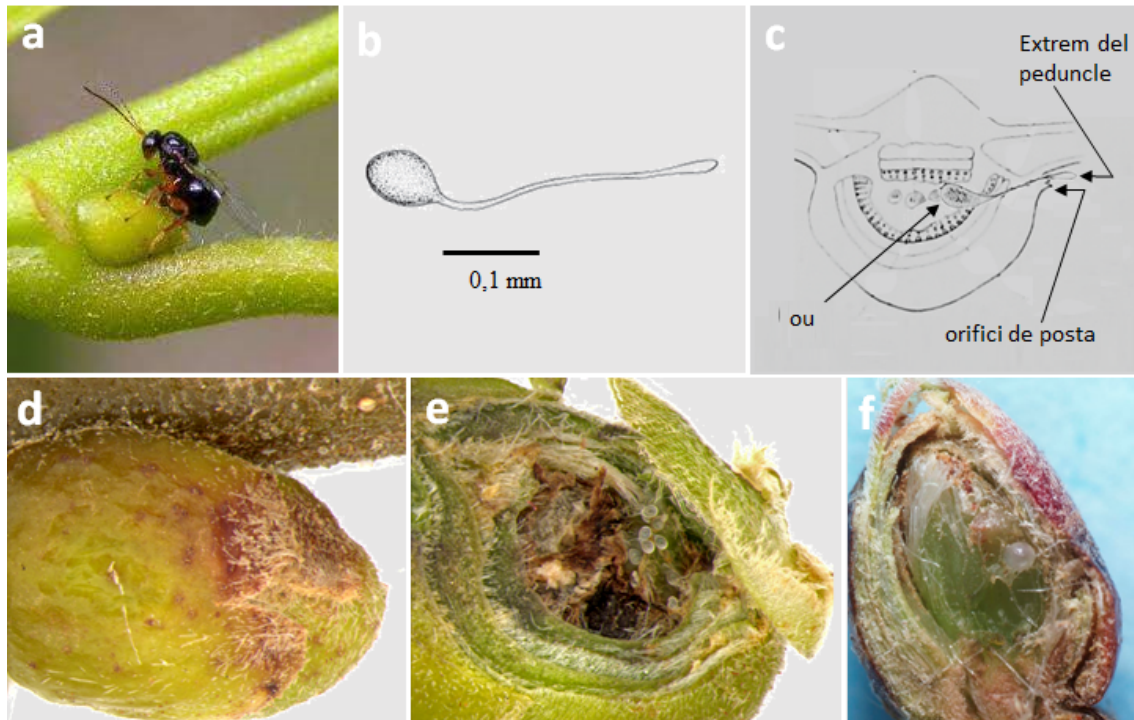


Figura 46. (a) Femella de *D. kuriphilus* fent la posta a un borró del castanyer, (b) dibuix de l'ou de *D. kuriphilus*, (c) posició d'un ou de Cynipini just després del moment de la posta, (d) cicatrius d'oviposició (e) ous de *D. kuriphilus* en borró seccionat, (f) L1 de *D. kuriphilus*. [Fonts: (a) conferència d'Ambrà Quacchia a Ponferrada el 16.xi.2012, disponible online en forma de PDF; (b) Viggiani & Nugnes (2010); (c) modificat a partir de Kieffer (1897-1901), (d) Nugnes *et al.*, 2018; (e) Nugnes *et al.*, 2018; (f) Eppo Italià: <https://gd.eppo.int/taxon/DRYCKU/photos>].

En l'interior dels borrons els ous estan 30-40 dies abans de que aparegui la L1 (Fig. 46f), i per tant durant tot aquest temps l'ou pot patir les conseqüències de l'exposició a una sequedat excessiva, per exemple, bé de forma directa (per la disposició dels ous al borro en el moment de la posta) o bé indirecta (degut a l'estrès hídric del propi castanyer). A més la L1, que hiverna a l'interior del borro envoltada per una mena de pre-gala, també pot ser afectada per possibles condicions perjudicials externes donat que per construir la pre-gala necessita de l'activitat de l'hoste per modificar convenientment els teixits meristemàtics on s'allotjarà de forma latent fins a la primavera següent, moment en què es desenvoluparà la gala vertadera.

Cal destacar que la vespeta diposita els seus ous principalment al sector mitjà i apical del borro, entre els primordis interns de les fulles joves, en una part molt rica en tricomes (Reale *et al.* 2014), de manera que el primer contacte amb els teixits vegetals es realitza per les larves recent fetes eclosió. Aquestes contacten amb les cèl·lules epidèrmiques i estimulen la seva proliferació i comencen la diferenciació de la pre-gala esmentada que s'allarga fins la tardor amb canvis en els teixits rics en tricomes i grans vacuoles formats per cèl·lules meristemàtiques adultes. Aquestes cèl·lules representen l'única font d'aliment de la larva L1 de la vespeta durant el seu desenvolupament durant la tardor, el qual s'atura a l'hivern, període en què el creixement del teixit vegetal de la pre-gala és mínim (Reale *et al.*, 2014). Per tant, també en aquest període si unim fenòmens

climatològics de variabilitat ambiental i fenològica, on els arbres hoste poden sofrir aturades vegetatives, això pot afectar a les poblacions del cinípid.

A partir de la primavera, la pre-gala procedeix a una fase de creixement donant pas a la cambra larvària de la gala vertadera, augmentant molt de mida al mateix temps que es dona una reducció de les capes de cèl·lules parenquimàtiques. En conseqüència, els feixos vasculars s'acosten a la cambra larval acompanyats d'una reorganització respecte al subministrament de nutrients als òrgans de l'hoste (Jara-Chiquito, *et al.* 2021) passant la gala a actuar com a destinatari principal dels nutrients tant minerals com fotosintètics, procés controlat també per l'inductor de la gala. Després, la fase de maduració de la gala a partir del maig, condueix finalment a una disminució de les taxes de divisió de les cèl·lules i una aturada del creixement de la cambra larval, durant la qual la gala deixa de ser un embornal pels recursos de nutrients de l'hoste.

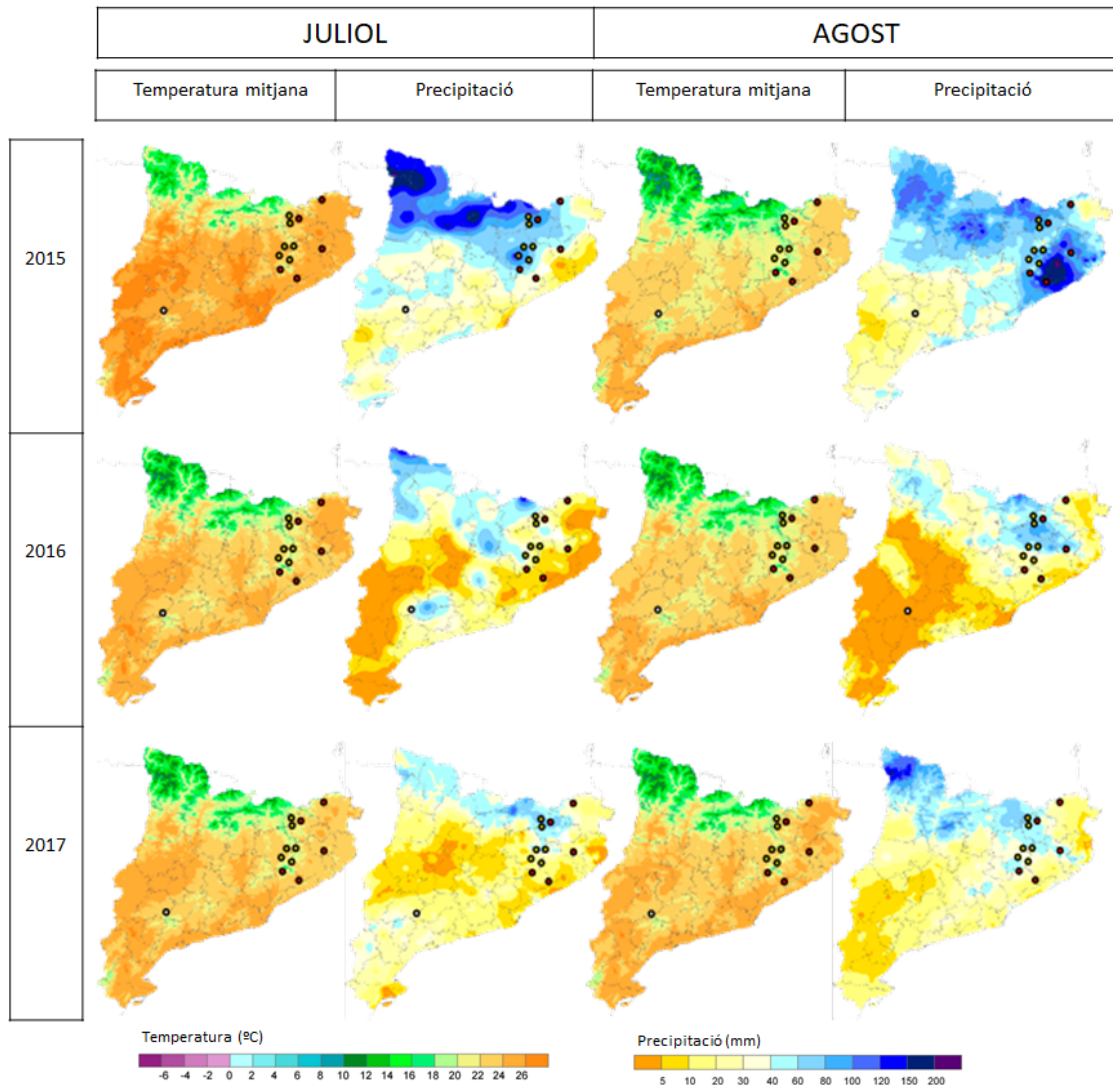


Figura 47. Mapes de la temperatura mitjana (°C) i de precipitació (en mm) a Catalunya durant els mesos de juliol i agost de 2015 fins 2017. [Font: Servei meteorològic de Catalunya, accessible a <https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/el-clima-ara/butlleti-mensual/>].

Els darrers anys hem observat un rellevant augment estacional de les temperatures estivals ocasionades per la reiteració d'onades de calor, simultàniament acompanyades a la seva vegada d'un repartiment molt irregular de la precipitació amb episodis de sequera severa.

De fet, al llarg del nostre període d'estudi aquests canvis poden ser constatats formalment mitjançant consulta dels registres de pluviositat acumulada, temperatures mensuals mitjanes i temperatures màximes absolutes assolides entre 2015 i 2017 (Fig. 47) per aquelles comarques corresponents als nostres punts de mostreig (Taula 14). Vegem en detall aquests registres.

Balanç meteorològic de juliol del 2015. Al conjunt de Catalunya la temperatura mitjana mensual del mes va resultar molt càlida i registrant-se un nou rècord, doncs no s'havia mesurat mai un juliol tan càlid fins llavors. L'onada de calor intensa va afectar Catalunya del dia 1 al 28 de juliol amb temperatures que es van mantenir clarament per sobre dels valors normals per l'època, com a conseqüència de l'arribada d'una massa d'aire molt càlid provinent del nord d'Àfrica. D'altra banda, cal tenir en compte que l'episodi es va produir pocs dies després del solstici d'estiu, quan la insolació és més important i el dia és encara molt llarg. A més, la nuvolositat va ser molt escassa, fet que va permetre que la temperatura diürna assolís valors extraordinaris arreu de Catalunya. L'onada de calor va provocar temperatures extremes a la majoria de comarques, especialment entre els dies 4 i 7 de juliol, quan els valors més elevats van superar els 40 °C amb rècords de temperatura màxima, fet que demostra la gran magnitud d'aquest episodi pel que fa als valors extrems.

Quant a la pluviometria, aquest mes va ser plujós al Pirineu i gran part de la meitat occidental de Catalunya fruit de les situacions sinòptiques típiques de calor extrema amb tempestes de distribució molt irregular. En canvi, va ser un període molt sec a la comarca de la Selva.

Balanç meteorològic d'agost del 2015. El mes va resultar lleugerament càlid al conjunt del territori, amb una temperatura mitjana mensual a una gran part del país que va ser lleugerament superior als valors mitjans climàtics a gairebé tot el Prepirineu, Catalunya Central i el Prelitoral. Pluviomètricament, aquest mes va resultar sec a bona part de Catalunya, i fins i tot molt sec a diverses zones, però amb excepcions marcades per les tempestes amb una distribució molt irregular que acumularen precipitació principalment a les comarques del Gironès i la Selva.

Balanç meteorològic de juliol del 2016. Aquest període va ser qualificat com a càlid termomètricament a bona part de Catalunya, especialment a l'extrem nord-oriental, el Prepirineu, Catalunya Central i el Prelitoral, caracteritzat per una massa d'aire subtropical que va provocar una temperatura per damunt dels valors normals. Cal destacar l'episodi de calor que es va registrar a mitjans de mes, quan els valors termomètrics es van enfilars en algunes zones del Prepirineu. La distribució de la precipitació va ser irregular, si bé a gran part del territori el mes va ser sec o molt sec. En canvi, ha estat plujós a zones del Prepirineu i del Prelitoral degut a les tempestes, que van incidir de manera molt irregular pel territori.

Discussió

Taula 14. Dades de temperatures mitjanes, màximes absolutes i precipitació acumulada dels mesos de juliol i agost pels anys 2015, 2016 i 2017, a les comarques catalanes amb distribució de masses de castanyers.

| Termometria i pluviometria a comarques de Catalunya. Temperatures mensuals mitjanes i màximes absolutes. | | | | | | | | | | |
|--|--------|------------------------|----------|---------|----------|-------|-----------------|---------|-----------|------|
| | | Alt Empordà | Garrotxa | Gironès | La Selva | Osona | Vallès Oriental | Maresme | Baix Camp | |
| 2015 | JULIOL | T màxima absoluta | 42.0 | 40.4 | 40.0 | 42.9 | 40.0 | 39.7 | 35.5 | 35.6 |
| | | T mensual mitjana | 25.7 | 24.9 | 25.1 | 24.7 | 24.1 | 26.0 | 25.7 | 26.4 |
| | | Precipitació acumulada | 52.4 | 84.9 | 09.8 | 27.6 | 75.1 | 44.3 | 19.6 | 02.6 |
| | AGOST | T màxima absoluta | 34.3 | 35.4 | 36.1 | 36.5 | 36.5 | 33.9 | 32.5 | 35.5 |
| | | T mensual mitjana | 23.0 | 22.0 | 22.6 | 22.7 | 20.7 | 23.0 | 23.8 | 25.0 |
| | | Precipitació acumulada | 46.1 | 95.7 | 86.8 | 113.1 | 63.4 | 48.4 | 74.7 | 40.4 |
| 2016 | JULIOL | T màxima absoluta | 36.5 | 36.2 | 36.0 | 38.0 | 38.2 | 37.2 | 36.1 | 32.7 |
| | | T mensual mitjana | 24.9 | 22.0 | 23.8 | 24.1 | 22.3 | 24.2 | 24.1 | 24.7 |
| | | Precipitació acumulada | 01.7 | 33.8 | 05.6 | 03.3 | 07.7 | 07.8 | 05.3 | 15.3 |
| | AGOST | T màxima absoluta | 37.3 | 35.1 | 36.6 | 39.3 | 37.7 | 35.7 | 32.7 | 32.8 |
| | | T mensual mitjana | 23.9 | 21.9 | 22.8 | 23.0 | 21.7 | 23.7 | 24.2 | 24.8 |
| | | Precipitació acumulada | 14.6 | 61.6 | 26.1 | 91.1 | 80.3 | 08.8 | 10.0 | 03.8 |
| 2017 | JULIOL | T màxima absoluta | 33.7 | 35.3 | 37.1 | 36.8 | 39.7 | 35.2 | 31.7 | 33.2 |
| | | T mensual mitjana | 24.0 | 22.4 | 23.2 | 23.4 | 23.0 | 24.0 | 24.0 | 24.9 |
| | | Precipitació acumulada | 38.3 | 74.9 | 25.2 | 42.5 | 02.6 | 09.2 | 55.0 | 25.5 |
| | AGOST | T màxima absoluta | 37.3 | 37.0 | 38.9 | 37.8 | 40.1 | 36.6 | 33.7 | 34.6 |
| | | T mensual mitjana | 24.5 | 22.9 | 23.9 | 24.1 | 23.1 | 24.3 | 24.5 | 25.0 |
| | | Precipitació acumulada | 22.5 | 61.3 | 45.9 | 45.5 | 32.0 | 22.6 | 18.5 | 11.9 |

Unitats: Temperatura en graus centígrads i precipitació en mm.
Font: Departament de Territori i Sostenibilitat. Servei Meteorològic de Catalunya.

Balanç meteorològic d'agost del 2016. El mes va ser termomètricament càlid a gran part de Catalunya, amb predomini de les altes pressions. Tot i així, no es van assolir valors de temperatura màxima excessivament alts i per tant no es van produir onades de calor pròpiament dites. Respecte la precipitació, va ser un dels mesos més secs al conjunt de Catalunya recollint-se quantitats de precipitació clarament per sota de la mitjana climàtica, així com també va estar marcat per una distribució irregular essent molt sec arreu però amb excepcions només a la confluència de les comarques de la Garrotxa, la Selva i el Gironès.

Balanç meteorològic de juliol del 2017. Aquest període va ser termomètricament càlid, on les peculiaritats de la geografia catalana van ser causa d'alguns rècords de temperatura màxima que es van registrar a gran part del Pirineu i el Prepirineu, la depressió Central i el Prelitoral. El final de mes va ser intensament calorós amb nits tropicals i temperatures màximes fregant els 40 °C a moltes zones de l'interior. Pel que fa a la precipitació, el mes va ser sec a gran part del país i molt sec a zones del prelitoral Nord, el Prepirineu i la Catalunya Central, però caracteritzat per una distribució irregular de la precipitació, fruit del caràcter local de les tempestes acumulades principalment al Pirineu.

Balanç meteorològic d'agost del 2017. El mes es va definir com termomètricament càlid a la meitat nord de Catalunya i de molt càlid al massís del Montseny i al Prepirineu, on un persistent anticicló que afavorir l'estancament d'una massa d'aire càlida tropical que va afectar tot el país ocasionant un episodi de calor molt intensa. La majoria dels territoris van superar varis dies consecutius el llindar de Situació Meteorològica de Perill (SMP) per calor i també es van registrar rècords de temperatura màxima en un mes d'agost. Quant a la precipitació, el mes va ser sec a gran part del país i molt sec al Prepirineu, tot i que va haver-hi algunes tempestes repartides molt irregularment pel territori.

Com que el nostre programa experimental quedava fora d'abast pel seguiment i estudi d'aquestes repercussions climatològiques hem consultat els mapes diaris d'avaluació del perill d'incendi forestal elaborats pel Servei de Prevenció d'Incendis Forestals del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural, de la Generalitat de Catalunya que, juntament amb altres eines d'anàlisi d'aquest risc per la seva prevenció, és la base per donar suport a les decisions que dia a dia es prenen per definir les actuacions dels efectius de prevenció, vigilància i extinció d'incendis, davant les situacions de perill d'incendi forestal que es puguin produir. Aquests mapes integren tota una sèrie de dades amb incidència amb les condicions de risc d'incendi i, per tant, de disponibilitat de la vegetació al foc, per la qual cosa incorporen especialment les mesures sobre humitat de la vegetació, humitat del combustible sec, variables bàsiques de component meteorològic com percentils de les temperatures, humitats relatives i precipitacions, informació històrica d'incendis i episodis ocorreguts altres anys i tota la resta de paràmetres pel seguiment de patrons meteorològics relacionats amb el risc d'incendi.

Comparant aquesta informació amb les dades dels balanços meteorològics anteriors corresponents a la zona de les Guillerries, comarca de la Selva (Girona), localització amb la distribució més extensa i important de castanyers a Catalunya, hem extret la duració i intensitat en funció dels episodis de risc d'incendi alt o molt alt pels mesos de juliol i agost de 2015, 2016 i 2017 (Fig. 48). Es pot constatar que l'estiu de 2015 va ser molt sec i càlid amb 28 dies d'episodi d'alt risc d'incendi al juliol, fenòmens que es van continuar durant menys dies però també amb intensitat d'alt risc el 2016 i 2017. Aquests episodis, cada cop més freqüents i recurrents a les nostres contrades en raó al canvi climàtic, han hagut de repercutir sobre *D. kuriphilus* en ser coincidents amb els períodes d'oviposició i emergències de les larves de primer estadi que han patit d'una banda la deshidratació directa per la sequera ambiental i d'altra l'aturada vegetativa de l'arbre hoste per estrès hídric durant tots els episodis de calorades. Tot i que, poden ser repercussions només temporals o que puguin dependre d'altres factors com la grandària de la gala (Gil-Tapetado *et al.*, 2021), aquestes variables climàtiques influeixen, sens dubte, sobre el control natural de la plaga.

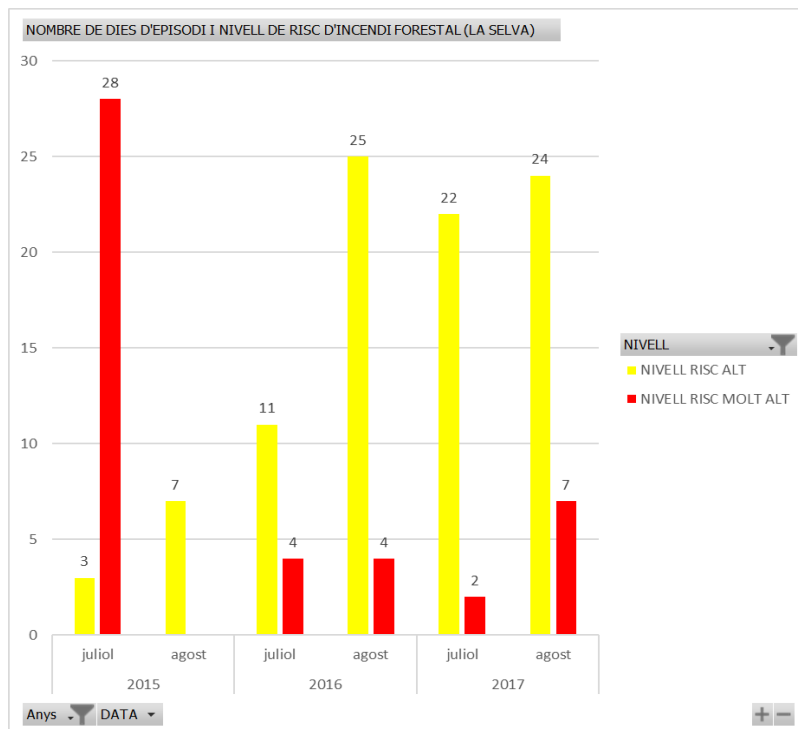


Figura 48. Duració en dies dels episodis de risc i nivells de risc d’incendi forestal a la comarca de la Selva (Girona) on es troba les Guilleries, zona de major distribució del castanyer a Catalunya pels mesos de juliol i agost de 2015 fins 2017. [Font: Servei de Prevenció d’Incendis Forestals de Catalunya, Direcció General d’Ecosistemes Forestals i Gestió del Medi del Departament d’Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural Generalitat de Catalunya].

En aquest sentit, algunes de les anomalies climàtiques que s’han produït en els darrers anys, degudes sens dubte al canvi climàtic que està patint el planeta, han pogut originar una mortalitat elevada a la població de la vespeta, fet que ja ha estat esmentat per (Bonsignore *et al.*, 2020; Lombardero *et al.*, 2021). Com hem vist, a Catalunya les poblacions del cinípid van disminuir amb rapidesa a partir de l’any 2016. Posteriorment al 2017 en que va continuar aquesta davallada, d’acord tant amb les observacions dels prospectors de les xarxes de seguiment fitosanitari forestal com la informació facilitada per propietaris i gestors forestals, el 2018 la intensitat de les afectacions es va establir i el 2019 va continuar de manera generalitzada una disminució fins el 2020 en que aquesta va ser encara més acusada. En l’actualitat, com ja s’ha dit, l’any 2022 ens trobaríem pràcticament davant la inexistència d’afectacions de vespeta com a plaga a Catalunya.

5.7. Itineraris silvícoles: la poda d’escarida primaveral

Actualment, les nostres castanyedes es dediquen majoritàriament a l’explotació forestal per producció de fusta, mentre que la destinació a producció de castanya és minoritària. Això ha condicionat la seva gestió com a bosc menut de rebrot originant perxades amb peus de petit diàmetre en densitats molt elevades.

Entre els diferents itineraris silvícoles no s'havia pensat en cap tractament cultural viable que pogués pal·liar els efectes de les afectacions per la plaga de la vespeta, tenint en compte, a més dels factors fitosanitaris, que les tasques forestals sempre són costoses i cal vetllar per una viabilitat econòmica. Per això, en aquells casos en què les castanyedes siguin de petita o mitjana extensió, en viviers forestals, o bé si es tracta d'arbredes monumentals o especialment d'arbres ornamentals, és aplicable el tractament que hem proposat, de poda d'escarida primaveral. Consisteix en l'eliminació dràstica de totes les ramificacions vives i seques de l'arbre amb els seus brots laterals i terminals excepte les guies principals, donant a la copa una estructura amb aspecte de canelobre nu, per induir així l'emissió de rebrots epicòrmics lliures de gales. Cal tenir present la possible eliminació de gales amb aquest mètode quan el nombre de peus és reduït, en bosquets, en arbredes o en els viviers, però aquesta acció no seria factible en grans masses forestals.

Al ser primaveral les larves de *D. kuriphilus* deixen de ser viables eliminant les postes existents d'ous de vespeta i també de les gales dels brots estivals. A més, no interfereix amb els parasitoides autòctons adults, ja que no hi ha una coincidència amb la seva corba de vol. La pèrdua potencial de parasitoides hivernants dins de gales velles de *D. kuriphilus* per efectes de la poda, particularment *T. sinensis* i *T. notatus* que emergiran més tard, pot ser evitada no retirant del terreny les restes de poda amb gales ja que poden contenir parasitoides. El castanyer reacciona molt bé a la posada en llum que proporciona la poda d'escarida junt amb el manteniment d'un bon vigor vegetatiu i al ser en ser primaverals, els arbres es beneficien d'una bona capacitat de cicatrització junt amb l'eliminació d'un màxim de gales amb larves de vespeta. Tanmateix, en la poda s'han d'eliminar tots els brots xucladors encara que el *T. sinensis* pugui ser-hi present, ja que de fet són aquests òrgans vegetatius els que més priven al castanyer del seu vigor i fan que hi hagi menys flors i fruits, i a més quan arriba *D. kuriphilus* aquests són els primers de ser atacats.

Aquesta poda a més d'eliminar les postes existents d'ous de la vespeta, no interfereix amb els parasitoides adults autòctons, ja que no hi ha una coincidència en el moment de vol d'aquests adults. No és així en el cas de *T. sinensis*, que sí podria comportar-li un cert destorb ja que pot continuar ovipositant potencialment fins a mitjans de juny. Això podria quedar parcialment solucionant si en la poda es recullen i dispersen pel territori gales de l'any passat que no presenten cap larva de *D. kuriphilus* en el seu interior però si que pot presentar parasitoides que emergeixen més tard, com són *T. sinensis* i *T. notatus*. Malgrat tot, els beneficis d'eliminació de les postes de vespeta amb la poda primaveral superen de llarg l'inconvenient de perdre *T. sinensis*, el qual com ja hem comentat pot comportar trastorns a l'ecosistema.

Per evitar la pèrdua de parasitoides hivernants existents dins de gales, s'aconsella no cremar mai les restes de poda, atès que *T. sinensis* i alguna altra espècie autòctona mostren una diapausa prolongada i poden mantenir-se en l'agalla seca de dos a tres anys. D'aquesta manera es permet l'emergència d'adults de diferents parasitoides.

Cal tenir molt en compte també el xancre *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr (Fungi: Cryphonectriaceae), que és un problema molt greu dels nostres castanyers catalans, a l'hora d'efectuar els tractaments. En principi, les afectacions per xancre a la tardor són molt més importants respecte que a la primavera. La malaltia del xancre sempre afecta en

major mesura durant els períodes climatològics humits (Colinas *et al.*, 2009), els quals es donen en molta més intensitat i freqüència durant la tardor coincidint amb una aturada vegetativa hivernal, mentre que durant la primavera són de menor freqüència i coincideixen amb l'inici del moviment de saba. Per aquest motiu és a la primavera el millor moment per fer la poda tot evitant afavorir la introducció del xancre, ja que l'arbre pot cicatritzar més ràpidament les ferides i en ser una època de baixa humitat ambiental fa que el fong no es propagui.

Per descomptat que a les ja sabudes recomanacions de desinfecció de les eines de poda entre cada arbre, cal realitzar talls nets i emprar màstics fungicides per aplicar a les ferides.

El conjunt de canvis que es produeixen en els brots de castanyers infestats, unit a les interaccions amb el complex parasitoide resultant de les nostres dades obtingudes, i la consideració dels itineraris silvícoles de gestió en la confluència amb altres afectacions importants com el xancre, probablement resultarà valuosa per al desenvolupament futur d'estratègies de gestió resultant tanmateix de les nostres observacions. El que es posa de manifest és que des d'un prisma de conservació de la natura, abans que intentar utilitzar el control biològic clàssic amb la introducció d'una espècie exòtica en un hàbitat fora del seu rang de distribució autòctona, és preferible optar per vies pal·liatives com la present proposta de tractament cultural silvícola adaptat a l'organisme perjudicial, com ara la vespeta del castanyer.

Finalment l'acció combinada dels parasitoides autòctons i el parasitoide agent de control biològic *T. sinensis*, hem pogut observar que eliminar la posta d'ous de *D. kuriphilus* a la tardor perjudica també la potencial posta d'ous dels parasitoides, mentre que fer-ho a la primavera fa que s'elimini la vespeta en fase de larva i pupa, però salvaguardant les postes d'ous dels parasitoides que poden seguir la seva alimentació ectoparasitària encara que la gala s'hagi seccionat de l'arbre hoste. Totes aquestes consideracions han estat comprovades a camp (Jara-Chiquito *et al.*, 2020) i fonamenten la nostra proposta de nou itinerari silvícola de podes d'escarida primaverals a fi de pal·liar els símptomes adversos comportats pels atacs de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya.

5.8. Paper del parasitoide exòtic *T. sinensis*: control biològic clàssic

Torymus sinensis, enemic natural de *D. kuriphilus* exerceix en la seva àrea d'origen una regulació poblacional efectiva sobre aquesta espècie plaga, per la qual cosa ha estat fomentada des d'un començament a tots els programes de control biològic clàssic (Quacchia *et al.*, 2008; Borowiec *et al.*, 2014; Matošević *et al.*, 2015; Ferracini *et al.*, 2015). *Torymus sinensis* s'ha utilitzat a Europa, on els primers alliberaments van ser a Itàlia en 2005 (Quacchia *et al.*, 2008; Gibbs *et al.*, 2011) enregistrant-se en pocs anys reduccions a nivells d'infestació de les poblacions de *D. kuriphilus* inferiors al 30% (Matošević *et al.*, 2015), fet que animà països veïns com, entre altres, França (Borowiec *et al.*, 2014), Hongria (Szabo, *et al.* 2014), Croàcia (Matošević *et al.* 2014) i Eslovènia (Matošević *et al.*, 2015) a prendre també aquesta mateixa iniciativa. També han estat realitzats alliberaments a la península Ibèrica, especialment a Galícia i Portugal (Pérez-

Otero *et al.* 2017). No així a Catalunya, on no ha estat autoritzat mai cap alliberament del parasitoide exòtic per part de l'administració de la Generalitat.

El fet és que, a dia d'avui, la presència de *T. sinensis* ha tingut eficàcia a Catalunya a l'hora de controlar les poblacions de de vespeta, però no pas a altres territoris peninsulars on les poblacions de *D. kuriphilus* segueixen sent molt altes. A França el parasitoide exòtic està establert, en tant que a Galícia no. Si bé és cert que no a totes les àrees s'assenta de la mateixa manera (Nieves-Aldrey *et al.*, 2019), és probable que, al llarg dels anys, després de noves introduccions progressives al mitjà de més individus, *T. sinensis* acabi exercint el seu paper de controlador poblacional de *D. kuriphilus* de manera efectiva a tots aquells altres territoris.

En l'actualitat *D. kuriphilus* ha passat a estar considerada només com una espècie exòtica a Catalunya, havent perdut ja l'etiqueta de espècie plaga. No obstant això, hi ha aspectes de *T. sinensis* que produeixen serioses incerteses pels riscos tant sigui pel seu alliberament deliberat al medi natural com que hagi estat de forma accidental aquesta arribada del parasitoide exòtic. Des de la perspectiva de l'ecologia aplicada, es pot entreveure una notable afectació a la conservació de la natura pels efectes perniciosos sobre la fauna nativa que acompanyen qualsevol invasió d'espècies exòtiques invasores, així com les problemàtiques que es poden originar en la conservació de la biodiversitat representada per les diverses espècies autòctones de parasitoides. En concret hi ha tres complicacions per la presumible interacció amb efectes negatius sobre la fauna autòctona que es poden convertir en un problema en un futur pròxim que es poden resumir com: (i) el risc d'atac de *T. sinensis* a les espècies de Cynipidae natives no diana, (ii) el risc d'hibridació amb espècies natives de *Torymus* properes filogenèticament, i (iii) el risc d'impacte sobre la comunitat local per competència interespecífica amb les altres espècies de parasitoides natives, desplaçant-les.

Sobre el primer risc, ja ha estat constatat que *T. sinensis* és capaç de parasitar espècies de Cynipidae natives que ataquen els roures (Ferracini *et al.*, 2015), sent les gales que es formen a principis de primavera, com les de la generació bisexuada d'*A. curvator*, *P. quercusaustralis*, *P. australis* o *B. pallida*, les quals estan sent atacades per *T. sinensis* i que s'explica pel fet que *T. sinensis* no és monòfag i té la capacitat d'ampliar els seus objectius de parasitació dintre d'un nínxol amb rang funcional més ample, extensiu a totes les gales de fagàcies que es desenvolupen en primavera (Gil-Tapetado *et al.*, 2021), per la qual cosa el rang d'hoste no és tan específic com a priori estava descrit.

Respecte el segon risc, les dades mostrades recentment (Jara-Chiquito *et al.*, 2022), han posat en evidència que *T. notatus* presenta dos períodes d'emergència, un entre finals de primavera i començaments d'estiu, i l'altre a la primavera del segon any coincidint amb l'emergència de *T. sinensis*. Aquestes dues espècies són morfològicament molt semblants i filogenèticament molt properes (Pogolotti *et al.*, 2019), per la qual cosa no és gens descartable la hibridació entre *T. sinensis* i *T. notatus*; al Japó (Yara, 2014; Yara *et al.*, 2000) aquesta hibridació ja ha estat corroborada amb *T. beneficus* Yasumatsu & Kamijo, 1979. De fet, si la disposició de les sensílies en el funicle de les antenes de les femelles d'aquestes dues espècies és un caràcter distintiu (només una filera a *T. sinensis* i dues a *T. notatus*), ja hem trobat exemplars de *T. notatus* amb una disposició desordenada de les

fileres i exemplars de *T. sinensis* amb sensílies a diferents alçades; això podria ser una evidència indirecta de què la hibridació ja s'està produint.

Pel que fa al tercer risc, a Itàlia ja s'ha comprovat que la introducció de *T. sinensis* ha provocat un desplaçament negatiu de les poblacions autòctones de parasitoides en les gales dels roures (Ferracini *et al.*, 2015, 2018), un desplaçament d'espècies natives que a la seva vegada ja havia estat mencionat que succeïa en altres països on s'havia introduït *T. sinensis*; així, s'havia constatat que *T. sinensis* era capaç de desplaçar a *Torymus beneficus* al Japó (Yara *et al.*, 2007, 2012), i que era capaç de desplaçar a *Ormyrus labotus* Walker, 1843 als Estats Units (Cooper & Rieske, 2011). Les possibles problemàtiques de desplaçament de la fauna parasitoide a l'ecosistema català estan per avaluar, però segur que hi seran, tret que ja s'estiguin produint.

Considerant que la majoria dels sistemes de castanyers de tot el món no són monocultius i es troben envoltats de vegetació de quercínies acompanyants que inclouen una important fauna autòctona i disponibilitat de recursos a explotar, els alliberaments de *T. sinensis* per control biològic clàssic han respost més a les fortes pressions del sector de la fructicultura castaneícola que als requeriments de la sanitat vegetal. És més, des d'una òptica forestal i ecològica, aquests alliberaments no han estat gens segurs per a la fauna autòctona, i més tenint en compte la manca d'estudis previs que avalassin sobre els possibles efectes negatius per tal de preveure els escenaris d'introducció del parasitoide exòtic. Treballs com el de GIBBS *et al.* (2011), ja posaven de manifest els riscos de l'alliberament d'aquesta espècie al medi i que no van ser estudiats en profunditat abans dels programes de control biològic de *T. sinensis*. Això ens dirigeix cap la següent pregunta, serà possible dur a terme una conservació efectiva de les espècies natives de Cynipidae, Chalcidoidea, que componen el complex parasitoide autòcton?

5.9. Paper del complex parasitoide autòcton: control natural

El futur de la plaga de *D. kuriphilus* és incert, però segurament haurem de conviure amb ella, tot i que les poblacions a Catalunya pel general han minvat moltíssim. Com s'ha dit, a dia d'avui *D. kuriphilus* no es troba catalogada com a plaga a Catalunya sinó només com a espècie invasora, essent les poblacions de la vespeta del castanyer molt reduïdes en la major part del territori. Sense l'alliberament de *T. sinensis* és molt probable que amb el temps els parasitoides autòctons sols haguessin pogut encarregar-se del control de la vespeta del castanyer, doncs tant el nombre d'espècies com el nombre d'espècimens parasitoides emergits de les gales han anat en augment any rere any (Jara-Chiquito *et al.*, 2022). Des de l'inici del nostre estudi hi ha hagut constatació de la progressió dels parasitoides autòctons en les gales de la vespeta tant en nombre d'espècies com en percentatge de parasitoidisme.

De fet, la gran pressió de parasitoides en les gales de *D. kuriphilus* per part de la fauna autòctona fa pensar que possiblement era completament innecessària la introducció de *T. sinensis* per controlar aquesta plaga. Els parasitoides han estat capaces de canviar d'hoste vegetal per atacar gales de Cynipini localitzades al castanyer a partir de Cynipini que fan gales sobre roures (Jara-Chiquito *et al.*, 2019). El parasitoide autòcton candidat ideal és

el mateix que té el risc d'hibridar-se: parlem de *T. notatus*, una espècie adaptada a les gales dels roures que es desenvolupen a principis de primavera, però que després de la introducció de *D. kuriphilus* als castanyers, també ha estat capaç de parasitar-lo. Així podríem pensar que *T. notatus* podria ser suficient per controlar la vespeta a les perxades donat que aquestes es troben en un estat més silvestre que les plantacions de castanyers per a fruit. Pel mateix motiu que uns borrons més turgents poden oferir una facilitat d'invasibilitat als castanyers de fruit, a les perxades amb borrons més escariosos la vespeta pot trobar més dificultat que faciliti l'acció de control de *T. notatus* en última instància. Una gran presència de *T. notatus* i *T. sinensis* acompanya actualment la dràstica reducció de la plaga. Tot i això, hem de tenir en compte que no és l'únic factor que explica aquesta davallada, sí que és una evidència de l'efectiu control natural que s'ha desenvolupat pel parasitoide nadiu. Això no vol dir que en un futur no puguem tenir novament problemes amb la vespeta si la pressió dels parasitoides minva, però sabem que en pocs anys aquests parasitoides poden contribuir novament a controlar la plaga.

5.10. Factors de control de la plaga de la vespeta del castanyer


En l'actualitat ens trobem davant d'una important davallada de les afectacions de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya. Cal destacar que aquesta disminució no ha estat percebuda en altres regions de la península, ni tan sols en les comunitats on s'han realitzat alliberaments de *T. sinensis* des de fa anys com Galícia. Molt segurament és una actuació conjunta de diferents factors el que pot justificar el descens poblacional observat de *D. kuriphilus* del nord-est ibèric, que creiem són els següents:

- 1.- Dinàmica poblacional de l'espècie invasora: les poblacions exòtiques invasores solen tenir uns pics creixents els primers anys per caure posteriorment de manera sobtada per diferents causes, segurament relacionades bé amb la disminució de la disponibilitat de recursos i nínxols causada per l'augment de la riquesa d'espècies, o bé amb la inclusió d'espècies competitivament superiors a la comunitat rica en espècies; en tot cas, la durada d'aquesta caiguda pot ser temporal o permanent.
- 2.- Condicions meteorològiques i canvi climàtic: en aquest sentit, algunes de les anomalies climàtiques que s'han produït en els darrers anys, agreujades sens dubte pel canvi climàtic que està patint el planeta, han pogut originar una mortalitat elevada a la població de vespeta, fet que ja ha estat esmentat per (Bonsignore *et al.*, 2020; Contarini *et al.*, 2021; Lombardero *et al.*, 2021), i constatat per nosaltres amb els episodis de calorades estivals, cada cop més recurrents i perllongades en la seva durada.
- 3.- Control natural i progressió de la comunitat de parasitoides autòctons: també s'ha constatat la progressió dels parasitoides autòctons per reclutament en les gales de la vespeta tant en nombre d'espècies com en percentatge de parasitoidisme. Aquest fet contribueix, sens dubte, al control natural de la plaga, encara que, pot ser temporal o pot dependre de la grandària de la gala (Gil-Tapetado *et al.*, 2021). També hi pot afectar l'espècie o espècies parasitoides predominants ja que en diferents poblacions les espècies majoritàries no són les mateixes.
- 4.- Control biològic clàssic amb alliberament i establiment de *T. sinensis*: la presència de *T. sinensis*, parasitoide exòtic detectat l'any 2016, també ha pogut influir en la disminució de les poblacions de *D. kuriphilus* a Catalunya sobretot considerant les emergències obtingudes a les col·lectes del 2017 (dades publicades). Els reservoris de


gales dels roures de parasitoides autòctons podrien considerar-se com a tamponadors funcionals de la plaga.

- 5.- Atacs fúngics a les gales: l'atac fúngic natural, observat també a Catalunya (Fig. 49) malmet gales (Seddaiu *et al.*, 2016) malgrat ser un patògen pel castanyer (Lione *et al.*, 2019). També, pesi a que l'experiment sobre el que es pensava que era xancre ha estat considerat que ha donat uns resultats fallits, ha servit per trobar un altre possible agent de control car s'ha determinat que el fong present ha estat *Phomopsis castanea*, que mostra nombroses gales necrosades com a simptomatologia aparent.
- 6.- Silvicultura de la fusta i vulnerabilitat de les postes d'ous i larves de primer estadi: una silvicultura de la fusta està en contrast amb el cultiu de plantació per fructicultura, el qual promou els borrons de rebrot més escariosos i que poden deixar més a l'abast d'atacs diversos als ous i larves de *D. kuriphilus* a tots els factors anteriors: factors climàtics, sequera, parada vegetativa amb desacoblament fenològic amb el desenvolupament de la vespeta, atacs de fongs patògens dels teixits de la gala com *Phomopsis castanea*, atacs de parasitoides nadius *T. notatus* i exòtic *T. sinensis*.

COPIA



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
 Ramaderia, Pesca i Alimentació**
 Servei de Sanitat Vegetal
Laboratori d'Agricultura i Sanitat Vegetal de Catalunya



BUTLLETÍ DE RESULTATS

Núm. Informe: 0034340 Núm. Registre: 16_03437

Dades del client

Servei de Gestió Forestal -DG Medi Natural - DAAM 08017 BARCELONA Barcelona
 C/ Dr. Roux, 80

Dades de la mostra

Tipus de mostra: Castanyer Tipus d'anàlisi: Fongs
 Finca: Santa Fe Especie: *Castanea sativa* (Castanyer) Per: Joan Lluís Jara
 Presa el: 23/06/2016 A: Fogars de Montclús

Observacions:
 Gales d'enguany ennegrides o seques.
 S'han observat aquest mateix tipus de gales a diferents punts del Montseny i les
 Guilleries.
 Afectació: 5% - 15% de les gales.

MOSTRA: Recepció: 01/07/2016 Inici anàlisi: 04/07/2016 Finalització: 01/09/2016

Dades de les anàlisis

| Determinacions | Mètode |
|---------------------------|------------------|
| <i>Phomopsis castanea</i> | PCR Seqüenciació |
| DETECTAT | |

Localitat i data Lleida, 2 de Setembre de 2016

Cap de Laboratori

Jaume Almacellas Gort

CPISR-1
 Jaume
 Almacellas
 Gort

Tècnics validadors:

Jaume Almacellas Gort

Comissió Reguladora per l'Índex d'Agrofitopatologia
 Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació
 Generalitat de Catalunya
 C/ Dr. Roux, 80 - 08017 BARCELONA
 Tel: 93 555 56 00
 www.sanitatvegetal.gencat.cat
 www.cpisr.gencat.cat
 CPISR - Comissió Reguladora per l'Índex d'Agrofitopatologia
 Tècnics: Jaume Almacellas Gort
 Tècnica: Jaume Almacellas Gort

Figura 49. Determinació del fong patògen *Phomopsis castanea* pel Laboratori de Sanitat Vegetal.

- 7.- Processos que tenen implicacions importants per la gestió i control de les poblacions de vespeta del castanyer: la inducció primerenca a la primera fase proliferativa de la formació de la gala suggereix que l'arbre hoste podria millorar les seves defenses indirectes emetent compostos atraients volàtils pels parasitoides naturals autòctons, que proporcionarien indicis utilitzats per aquests per localitzar les larves de vespeta a

atacar. De fet, són necessaris indicis visuals i olfactivs per possibilitar que *T. sinensis* trobi amb èxit *D. kuriphilus* en gales fresques (Graziosi & Rieske 2012). En aquest respecte, el paper que la inducció primerenca de la formació de la gala podria tenir sobre el comportament dels parasitoides podria ser objecte d'investigació en el futur.

- 8.- Altres factors de control: també cal tenir present l'ús de varietats resistents, la higiene preventiva per evitar la propagació de la plaga no traslladant i eliminant material vegetal infestat, i la capacitat d'eliminar postes a les plàntules i empelts de *C. sativa* amb a la termohidroteràpia.

Els mètodes recomanables de control contra la vespeta en funció de la seva finalitat són, al nostre parer, i) les podes d'escarida primaveral per a la conservació i manteniment del medi natural que formen les castanyedes com a ecosistemes, ii) el control natural exercit pel complex parasitoide autòcton per la gestió i explotació forestal de les perxades de castanyer i, iii) el control biològic clàssic mitjançant el parasitoide exòtic pel tractament fitosanitari amb finalitats econòmiques a les plantacions de castanyer per a fruit.

S'hauria d'haver alliberat *T. sinensis* tenint en compte els efectes secundaris negatius que això comporta per la fauna nativa? La resposta és depèn. Si l'objectiu primordial és la protecció de l'economia rural i els ingressos proporcionats per les recol·leccions de castanya com a sector dedicat a la fructicultura, en aquest cas és sí. Però en els casos tant d'explotació de la fusta en el sector forestal com en el cas de la protecció dels ecosistemes forestals específics que conformen les masses de castanyers, en aquests casos és no.

Qui ha controlat *D. kuriphilus*? Aquí la nostra resposta torna a ser depèn. En el cas de les plantacions per recollir castanya, com veiem a Galícia i altres indrets no l'ha controlat ningú. En el cas de les perxades de castanyer i les masses naturals a Catalunya, com aportem a la nostra hipòtesi, ha estat el conjunt de tots els factors anteriorment exposats alhora.

L'escenari natural actual és irreparable i molt probablement els impactes i les perturbacions al medi han causat la impossibilitat del retorn a les condicions prèvies a la invasió de la vespeta del castanyer. Tot i així, es pot continuar analitzant com ha estat aquest cas en concret i, així, poder pensar en el que s'hauria d'haver fet en estadis o escenaris previs a l'actual, de cara al futur.

6. Conclusions

Conclusions

Les conclusions principals d'aquesta tesi, segons els objectius plantejats són les següents:

1. S'ha estudiat per primer cop els canvis histològics i citològics de les gales de *D. kuriphilus*.
2. *Dryocosmus kuriphilus* indueix hiperplàsia intensa i hipertròfia al parènquima i col·lènquima, donant lloc a una xarxa vascular ramificada voltant de la cambra larvària.
3. La formació de la gala provoca la separació del sistema vascular original en diversos feixos vasculars col·laterals i amfícribrals que afavoreix la redirecció de recursos des del desenvolupament de les fulles cap a les gales.
4. Les cèl·lules nutritives, única font d'aliment de les larves, es situen dins les cambres larvàries presentant un ric subministrament vascular als revestiments citoplasmàtics que són densos i metabòlicament actius.
5. La dispersió anemocòria coadjuvada pels vents dominants va ser la responsable de l'ingrés de *D. kuriphilus* a Catalunya, a través de la via transpirinència, mentre que a Prades l'explicació més probable rau en la dispersió antropocòria.
6. S'ha elaborat una revisió crítica dels diferents mètodes de control de la plaga de la vespeta del castanyer i s'ha proposat un nou tractament silvícola: la poda d'escarida primaveral, aplicable en aquells casos en què les castanyedes siguin de petita o mitjana extensió, en viviers forestals, o bé si es tracta d'arbres monumentals o ornamentals
7. La poda d'escarida primaveral elimina les postes existents d'ous de vespeta i també les potencials gales dels brots estivals, però sense interferir amb els parasitoides autòctons adults, ja que no hi ha una coincidència amb la seva corba de vol.
8. S'ha redactat una clau de determinació il·lustrada per poder diferenciar totes les espècies de parasitoides emergides de les gales de *D. kuriphilus* durant el període d'estudi.
9. El reclutament ha estat molt ràpid des de les comunitats de parasitoides nadius; de les 62 espècies parasitoides gales de *Quercus* a Catalunya, han emergit en 5 anys un total de 30 espècies diferents (29 autòctones i 1 exòtica) pertanyents a cinc famílies de Chalcidoidea: Eupelmidae, Eurytomidae, Megastigmidae, Torymidae i Pteromalidae.
10. S'ha pogut observar que durant el transcurs dels anys de la plaga, el nombre d'espècies parasitoides emergides de les gales s'ha anat incrementant en un nombre més gran.
11. El nostre estudi sobre els reservoris de 13 espècies inductores de gales als *Quercus* (12 Cynipidae i 1 Cecidomyiidae) va mostrar que 20 dels parasitoides nadius que emergien podien ser capaços també d'atacar gales de *D. kuriphilus* i que no tots els parasitoides de gales de roure són capaços d'atacar la vespeta ja que fenològicament no resulten compatibles.

Conclusions

12. Les comparacions entre corbes de vol dels diferents punts de mostreig contenint comunitats vegetals diferents no mostra diferències la qual cosa indica que el tipus de massa de castanyer no influeix en el procés de reclutament dels parasitoides.
13. Les espècies parasitoides més freqüents han estat: *Bootanomyia dorsalis*, *Ormyrus pomaceus*, *Eupelmus urozonus* i *Torymus flavipes*, i en les darreres anualitats també *T. notatus* i *T. sinensis*.
14. Es cita per primera vegada a Europa *Mesopolobus lichtensteini* (Mayr, 1903) com a espècie associada a gales de *D. kuriphilus*.
15. S'ha citat per primer cop a la península Ibèrica *T. sinensis*, en 2016, espècie exòtica que va arribar de forma natural, però involuntària, a partir dels alliberaments que es van fer a França per controlar aquesta plaga.
16. *Torymus notatus* presenta dos períodes d'emergència a les gales de *D. kuriphilus*, un entre finals de primavera i començaments d'estiu, i l'altre a la primavera del segon any coincidint amb l'emergència de *T. sinensis*.
17. La similitud morfològica entre *T. notatus* i *T. sinensis* fa que sigui molt probable que aquestes espècies s'hibridin i de fet, la variació de la disposició de les sensílies placoidees del funicle antenal de les femelles sembla indicar que això ja ha succeït.
18. S'ha detectat la presència d'un fong patògen del castanyer en els teixits de la gala (*Phomopsis castanea*) que mata les larves de les gales.
19. Malgrat la plaga està en aquest moments controlada a Catalunya de forma natural, la raó d'aquesta gran davallada segurament es deguda a l'actuació conjunta de diversos factors, però l'acció parasitària de *T. notatus* i *T. sinensis* hi ha contribuït enormement.
20. L'existència d'un recanvi poblacional d'espècies parasitoides al llarg del reclutament és estadísticament significatiu, per la qual cosa existeix un procés de transició poblacional de parasitoides en diferents anualitats successives.

7. Informe del supervisor
sobre els treballs publicats i
presentats

El Dr. Juli Pujade Villar, director de la Tesi Doctoral d'en Juan Luis Jara Chiquito, fa el següent informe sobre els treballs que formen la seva tesi. En la seva tesi es presenten un total de 9 articles (8 d'ells publicats amb coautoría del Director de la tesi). Tots els treballs ja s'han publicat excepte un que es troba en procés de revisió. Per cada capítol es detalla el IF de la revista (si en té) on s'ha publicat o enviat a publicar cada treball i la implicació de cadascun dels coautors en els diferents manuscrits.

CAPÍTOL 1: Implicacions morfo-funcionals a *Castanea sativa* per la presencia de gales de *Dryocosmus kuriphilus*

1. Jara-Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J., García Ferreira, B. & Álvarez, R., 2021. Histological changes induced by the Cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in leaves of the chestnut *Castanea sativa* (Fagaceae): Mechanisms of galling impact on host vigor. *Arthropod-Plant Interactions*, 15(2):1-11. DOI: 10.1007/s11829-021-09810-y.

IF: 1.988 (2021); Quartil: 2; Area: Insect Science

Aportació del doctorand: Col·lecta del material i primeres proves de tincions de talls de les gales. Redacció i discussió del manuscrit.

Aportació d'altres autors: RA: tinció de les mostres i primers resultats; BGF: aspectes biològics morfo-estructurals i autor de correspondència; JP-V, BGF & RA: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

CAPÍTOL 2: Itineraris silvícoles pal·liatius, podes sanitàries i revisió crítica dels mètodes de prevenció i control de *Dryocosmus kuriphilus* existents

2. Jara-Chiquito, J.L., Heras Dolader, J. & Pujade-Villar, J. 2022. La poda d'escarida primaveral com a tractament per a la reducció dels danys de la vespeta del castanyer i comentaris sobre altres mètodes de control utilitzats. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86(1): 13-24. DOI: 10.2436/20.1502.01.100.

Aportació del doctorand: Part experimental del estudi i col·lecta de dades. Redacció i discussió del manuscrit. Autor de correspondència.

Aportació d'altres autors: JHD: suport tècnic a la fase de poda; JP-V & JHD: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

3. Jara Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J. & Heras Dolader, J., 2021. La avispa del castanyer en Catalunya: revisió de los métodos de prevención, control y cuidados paliativos. *Foresta*, 81: 50-56.

Aportació del doctorand: Part experimental del estudi i col·lecta de dades. Redacció i discussió del manuscrit. Autor de correspondència.

Aportació d'altres autors: JHD: suport tècnic a la fase de poda; JP-V & JHD: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

CAPÍTOL 3: Control natural i reclutament del complex parasitoide autòcton de *Dryocosmus kuriphilus* a Catalunya

4. Jara-Chiquito, J.L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) en Cataluña (Península Ibérica). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219-226.

Aportació del doctorand Part experimental del estudi, col·lecta de dades i determinació dels parasitoides. Autor de correspondència.

Aportació d'altres autors: JP-V & JHD: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

5. Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera: Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.

Aportació del doctorand: Part experimental del estudi, col·lecta de dades i determinació dels parasitoides. Redacció i discussió del manuscrit. Autor de correspondència.

Aportació d'altres autors: JP-V: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

6. Jara-Chiquito, J.L., Askew, R.R. & Pujade-Villar, J. 2020. The invasive ACGW *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and association with oak gall inducers in Catalonia. *Forestry*, 93(1): 178–186, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpz061> [publicat el 2019 on line].

IF: 2.133 (2020); **Quartil:** 1; **Area:** Forestry

Aportació del doctorand: Part experimental del estudi, col·lecta de dades i determinació dels parasitoides. Redacció i discussió del manuscrit. Autor de correspondència.

Aportació d'altres autors: RRA & JP-V: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

CAPÍTOL 4: Determinació, descripció i elucidació de les diverses qüestions taxonòmiques, biològiques i de seguiment de la plaga de la vespeta del castanyer

7. Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J., 2022. Clau de determinació de les espècies parasitoides (Hym.: Chalcidoidea) de la vespeta del castanyer a Catalunya i comentaris de la seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym.: Cynipini). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86(2): 67-85.

Aportació del doctorand: Elaboració de la clau de determinació dels parasitoides. Redacció i discussió del manuscrit. Autor de correspondència.

Aportació d'altres autors: JP-V: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

CAPÍTOL 5: Anàlisi estadística de les dades de mostreig obtingudes i trets principals sobre l'evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya

8. Jara-Chiquito, J.L., Oliva, F., Lobato-Vila, I. & Pujade-Villar, J., (en avaluació). Variations in parasitoid populations attacking *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) over a four-year period in Catalonia (Spain). *Journal of Plant Interactions*, submitted.

[IF: 4.029 (2021); Quartil: 1; Area: Plant Science]

Aportació del doctorand: Elaboració de la matriu de dades. Redacció i discussió del manuscrit.

Aportació d'altres autors: FO: estudi estadístic; JP-V, IL-V & FO: participació en la redacció i discussió del manuscrit; IL-V autor de correspondència.

Sense la coautoria del Director, ha estat publicat un manuscrit de caràcter divulgatiu (les dades que es proporcionen han estat transferides del coautor d'aquest estudi):

9. Jara-Chiquito, J.L. & Heras, J., 2020. Evolució de la plaga de la vespeta del castanyer a Catalunya 2020. *Catalunya forestal*, 145: 17-20.

Aportació del doctorand: Recull de dades. Redacció i discussió del manuscrit. Autor de correspondència

Aportació d'altres autors: JH: participació en la redacció i discussió del manuscrit.

Barcelona, 28 de Setembre de 2022



8. BIBLIOGRAFIA

- Abe, Y., Melika, G. & Stone, G.N. 2007. The diversity and phylogeography of cynipid gallwasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the Oriental and Eastern Palearctic regions, and their associated communities. *Oriental Insects*, 41 (1), 169–212. <https://dx.doi.org/10.1080/00305316.2007.10417504>
- Abel, J., Teixidó, A. & Aletà, N. 2021. *Els castanyers de fruit al Parc Natural i Reserva de la Biosfera del Montseny. Existeixen materials propis de la zona?* CFC (Consorti Forestal de Catalunya) En: Catalunya Forestal, 4t trimestre de 2021, 20-22 pp.
- Ács, Z., Melik,a G., Péntzes, Z., Pujade-Villar, J. & Stone, GN. 2007. The phylogenetic relationships between *Dryocosmus*, *Chilaspis* and allied genera of oak gallwasps (Hymenoptera, Cynipidae: Cynipini). *Systematic Entomology*, 32(1): 70–80.
- Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, G., Alma, A., Bosio, G., Quacchia, A., Picciau, L., Abe, Y., Moriya, S., Yara, K., Seljak, G. & Stone, G. N., 2006. *Parasitoid recruitment to the globally invasive chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus*, pp. 103-122. In: Ozaki, K., Yukawa, J., Ohgushi, T. & Price, P.W. (eds) *Galling arthropods and their associates*. Springer, Tokyo. Springer, Tokyo. 308pp.
- Aebi, A., Schönrogge, K., Melika, G., Quacchia, A., Alma, A. & Stone, G.N. 2007. Native and induced parasitoids attacking the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *EPPO Bulletin*, 37: 166-171.
- Aebi, A., Shoenenberger, N. & Bigler, F. 2011. *Evaluating the use of Torynus sinensis against the chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus in the Canton Ticino, Switzerland*. Agroscope Reckenholz-Tänikon Report. 40 p.
- Aguín, O., Sainz, M.J., Montenegro, D. & Mansilla, J.P. 2011. Biodiversidad e hipovirulencia de *Cryphonectria parasitica* en Europa: implicaciones para el control biológico del cancro del castaño. *Recursos Rurais*, 7: 33-47.
- Álvarez, R., Encinam, A., Pérez-Hidalgo, N. 2009. Histological aspects of three *Pistacia terebinthus* galls induced by three different aphids: *Paracletus cimiformis*, *Forda marginata* and *Forda formicaria*. *Plant Science*, 176:303–314. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.11.006>
- Aleman, S. 1994. *Guia pràctica de silvicultura*. Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació. Generalitat de Catalunya, Santa Perpètua de Mogoda. 108 p.
- Aletà, N. & Garcia, D. 2014. *La selecció de castanyers per a fruit al Montseny*. Ed. DARP (Departament d'Agricultura Ramaderia i Pesca). En Dossier Tècnic 67: 11-17.
- Anagnostakis, S., Clark, S. & McNab, H. 2009. Preliminary report on the segregation of resistance in chestnut to infestation by oriental chestnut gall wasp. *Acta Horticulturae*, 815: 33-35.

- Anderson, M.J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26: 32-46.
- Anderson, M.J. & Robinson, J. 2003. Generalized discriminant analysis based on distances. *Australian & New Zealand Journal of Statistics*, 45: 301-318.
- Anderson, M.J. & Willis, T.J. 2003. Canonical analysis of principal coordinates: a useful method of constrained ordination for ecology. *Ecology*, 84: 511-525.
- Anònim. 2022. Taula de preus de la fusta. Llotja de contractació i mercat en origen de Vic. *Silvicultura*, 85:74.
- Askew, R. R., 1961a. On the biology of the inhabitants of oak galls of Cynipidae (Hymenoptera) in Britain. *Transactions of the Society for British entomology*, 14 (9): 237-268.
- Askew, R.R. 1961b. A study of the biology of species of the genus *Mesopolobus* Westwood (Hymenoptera: Pteromalidae) associated with cynipid galls on oak. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*, 113: 155-173.
- Askew, R. R., 1965. The Biology of the British Species of the genus *Torymus* Dalman (Hymenoptera: Torymidae) associated with galls of Cynipidae (Hymenoptera) on oak, with special reference to alternation of forms. *Transactions of the Society for British entomology*, 16(9): 217-232.
- Askew, R. R., 1966. Observations on the British species of *Megastigmus* Dalman (Hymenoptera., Torymidae) which inhabit cynipid oak galls. *The Entomologist*, 99: 124-128.
- Askew, R.R. 1971. *Parasitic insects*. Heisemann Educational Books. London. 316 p.
- Askew, R. R. 1975. The organisation of chalcid-dominated parasitoid communities centred upon endophytic hosts. In P. W. Price (Ed.), *Evolutionary strategies of parasitic insects and mites* (pp. 130–153). Springer.
- Askew, R.R. 1980. The diversity of insect communities in leaf-mines and plant galls. *Journal of Animal Ecology*, 49, 817–829.
- Askew, R.R. 1984 *The biology of gall wasps*, pp. 223–271. In: Ananthakrishnan, T.N. (Ed.), *Biology of Gall Insects*. Edward Arnold, London, 376 pp.
- Askew, R. R., 1985. The biology of gall wasps. In: *Biology of gall Insects*. Ananthakrishnan, T. N (ed.). Oxford & IBH. New Delhi, India: 223-271.
- Askew, R.R., Melika, G., Pujade-Villar, J., Schönrogge, K., Stone G.N. & Nieves-Aldrey, J.L. 2013. Catalogue of parasitoids and inquilines in cynipid oak galls in the West Palaearctic. *Zootaxa*, 3643 (1): 1-133. DOI: <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3643.1.1>

Bibliografia

- Askew, R.R. & Nieves-Aldrey, J.L. 2000. The genus *Eupelmus* Dalman, 1820 (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eupelmidae) in peninsular Spain and the Canary Islands, with taxonomic notes and descriptions of new species. *Graellsia*, 56: 49-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.3989/graellsia.2000.v56.i0.309>
- Aymerich, P., Carreras, J., Carrillo, E., Ferré, A., Guardiola, M., Masalles, R.M., Mercadal, G., Mercadé, A., Pérez-Haase, A., Salvat, A. & Vilar, L. 2015 Castanyedes. In *Manual dels Hàbitats de Catalunya*. J., Carreras, A., Farré, J., Vigo (eds.). Vol. 6. Departament de Territori i Sostenibilitat. 306 pp. Generalitat de Catalunya, pp. 74–75.
- Balsa, C. Bento, A. & Paparella, F. 2021. Biological control of the Asian chestnut gall wasp in Portugal: Insights from a mathematical model. *PLoS ONE*, 16(7): e0254193. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254193>
- Barrera-Ruiz. U.M., Cuesta-Porta, V., Cibrián-Tovar, D., Martínez-Romero, A. & Pujade-Villar, J. 2021. Avispas agalladoras de los encinos de Santa Fe, Ciudad de México (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Dugesiana*, 28(2): 89-107.
- Bartlett, D. 2016. Viewpoint: Partnership in action-Europe and beyond. *Bulletin of the CIEEM*, 94: 13-15.
- Beltrán, M., Vericat, P., Piqué, M., & Farriol, R. 2013. *Models de gestió per als boscos de castanyer (Castanea sativa Mill.): producció de fusta i fruit*. Sèrie: Orientacions de Gestió forestal sostenible per a Catalunya (ORGEST). Centre de la Propietat Forestal. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Generalitat de Catalunya. Barcelona, 45 p.
- Bento, A. 2014. La avispa del castaño *Dryocosmus kuriphilus*: situación actual y medidas de control en Portugal. Accesible a: <http://roble.intecca.uned.es/fez/view/intecca:VideoAVIP-138236> (data de consulta: 21-06-2015)
- Berrocal, M., Gallardo, J.F., & Cardeñoso, J.M. 1998. *El Castaño. Productor de fruto y madera. Creador de paisaje y protector*. Mundi-Prensa, Madrid. 288 p.
- BOC (Boletín Oficial de Cantabria). 2013. Orden GAN/51/2013, de 12 de agosto, por el que se establecen las zonas delimitadas por la plaga *Dryocosmus kuriphilus*. BOC núm. 161, de 23 de agosto de 2013. 2 pp.
- Bolós, O. 1993. Flora manual dels Països Catalans. 2a ed. Ed. Pòrtic. Barcelona. 1247 pp.
- Bonal, R., Vargas-Osuna, E., Mena, J. D., Aparicio, J. M., Santoro, M., & Martín, A. 2018. Looking for variable molecular markers in the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*: first comparison across genes. *Scientific reports*, 8(1): 5631.

- Bonsignore, C. P., Vizzari, G., Vono, G. & Bernardo, U. 2020. Shortterm stress affects parasitism on the Asian chestnut gallwasp *Dryocosmus kuriphilus*. *Insects*, 11 (12): 841. DOI:10.3390/insects11120841
- Borowiec, N., Thaon, M., Brancaccio, L., Warot, S., Vercken, E., Fauverge, X., Ris, N. & Malausa, J.C. 2014. Classical biological control against the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, 29(1): 7-10.
- Bosch, A. 2012. *Treballs de recuperació de castanyedes destinades a la producció de fruit al Montseny*. A: XXIX Jornades Tècniques Silvícules Emili Garolera. Consorci Forestal de Catalunya. 8 pp.
- Boutte, B. 2009. Organismes envahissants en forêt – Bilan des plans de surveillance 2009. Département de la santé des forêts, *Pole interregional Sud – Est. Information technique*, 65: 5-6.
- Bozsó, M., Tang, C.T., Péntzes, Z., Yang, M.M., Bihari, P., Pujade-Villar, J., Schwéger, S. & Melika, G. 2015. A new genus of cynipid inquiline, *Lithosaphonecrus* Tang, Melika & Bozsó (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini), with description of four new species from Taiwan and China. *Insect Systematics & Evolution*, 46(1): 79–114. [Published online: 2013]
- Bray, J.R. & Curtis, J.T. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27: 325-349.
- Brussino, G., Bosio, G., Baudino, M., Giordano, R., Ramello, F. & Melika, G., 2002. Nuovo cinipide galligeno in Piemonte. Pericoloso insetto esotico per il castagno europeo. *L'Informatore Agrario*, 37: 59-61.
- Buffington, M.L. & Morita, S.I. 2009. Not all oak gall wasps gall oaks: the description of *Dryocosmus rileypokei*, a new, apostate species of Cynipini from California. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 111(1): 244-253.
- Buffington, M.L., Forshage, M., Liljeblad, J., Tang, C.-T. & van Noort, S. 2020. World Cynipoidea (Hymenoptera): A key to higher-level groups. *Insect Systematics and Diversity*, 4 (4): 1–69. <https://doi.org/10.1093/isd/ixaa003>
- Burks, B.D. 1979. *Superfamily Cynipoidea*, pp.1060-1107. In: Krombein, K.V., Hurd, J.R. P.D., Smith, D.R., & Burks, B.D. (eds). *Catalog of Hymenoptera in America north of Mexico 1*. Washington, DC, Smithsonian Institution Press. 1198 pp.
- Çetgdot, G., Orman, E. & Polat, Z. 2014. First record of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Turkey. *Bitki Koruma Bülteni*, 54: 303- 309.

Bibliografia

- CHC (Cartografia dels hàbitats a Catalunya, versió 2). Aymerich, P., Cambra, J., Carrillo, E., Guardiola, M., Curcó, A., Ferré, A., Font, X., Masalles, R.M., Mercadé, A., Ninot, J.M., Salvat, A., Vigo, J., Font, J., Gest, J. & Vilar, L. 2014. *Manual d'interpretació*. Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya. Barcelona. 360 pp.
- CABI (Centre for Agriculture and Biosciences International). 2015. Invasive Species Compendium CABI Datasheets *Dryocosmus kuriphilus*. URL: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20005> (accés: 10 maig 2022).
- Ceballos, L. & Ruiz de la Torre, J. 1997. *Árboles y arbustos de la España Peninsular*. ETSIM (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 512 pp.
- Chabrierie O., Massol F., Facon B., Thevenoux R., Hess M., Ulmer R., Pantel J.H., Braschi J.6, Amsellem L., Baltora-Rosset S., Tasiemski A., Grandjean F., Gibert P., Chauvat M., Affre L., Thiébaud G., Viard F., Forey E., Folcher L., Boivin T., Buisson E., Richardson D.M. & Renault D. 2022. Biological Invasion Theories: Merging Perspectives from Population, Community and Ecosystem Scales. *Biological Reviews*, (In press). 10.20944/preprints201910.0327.v1. hal-02345539
- Clarke, K.R. 1993 Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18:117–143
- Cobos Suárez, P. 1989. Fitopatologia del castanyo (*Castanea sativa* Miller). *Boletín de Sanidad vegetal*, Ministerionde Sgricultura Pesca y Alimentación, fuera de sèrie 16, 129 pp.
- Colinas, C., Rojo, M., Argemí, J., Heras, J., Castaño, C., Rotllan, X., Gómez, M., Gilarte, S., Ustrell, E. & Sarri, H. 2009. *El Control Biológico del Chancro del Castaño en Cataluña*. Eds. SECF-Junta de Castilla y León, Actas del 5º Congreso Forestal Español. Sociedad Española de Ciencias Forestales. Àvila. CD-Rom.
- Colombari, F. & Battisti, A. 2015. Spread of the introduced biocontrol agent *Torymus sinensis* in north-eastern Italy: dispersal through active flight or assisted by wind? *BioContrtol*, 61(2): 127-139. DOI: 10.1007/s10526-015-9712-1
- Colombari, F. & Ìpekdal, K. 2016. Classical biological control of the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Accessible a <https://www.researchgate.net/publication/314726645> [data de consulta 16 de maig de 2022].
- Conedera, M., Krebs, P., Tinner, W., Pradella, M. & Torriani, D. 2004. The cultivation of *Castanea sativa* Mill. in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13: 161-179.

- Contarini, M., Rossini, L., Caccia, R., Morelli, S., Beritognolo, I., Gaudet, M., Villani, F., Paparatti, B. & Speranza, S. 2021. Do *Castanea sativa* wild provenances influence *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) infestations?. *Turkish Journal of Zoology*, 45: 206-215. doi:10.3906/zoo-2101-16.
- Cook, J.M. & Butcher, R.D.J. 1999. The transmission and effects of *Wolbachia* bacteria in parasitoids. *Research in Population Ecology*, 41: 15–28.
- Cooper, W.R. & Rieske, L.K. 2011. A native and an introduced parasitoid utilize an exòtic gall-maker host. *BioControl*, 56(5), 725-734. DOI: 10.1007/s10526-011-9350-1
- Csóka, G., Stone, G.N. & Melika, G. 2005. *Biology, ecology and evolution of gall-inducing Cynipidae*, pp. 569–636. In: Raman, A., Schaefer, C.W. & Withers, T.M. (Eds.), *Biology, ecology and evolution of gall-inducing arthropods*. Science Publishers, Inc. Enfield, New Hampshire, 817 pp.
- Csóka, G., Wittmann, F. & Melika, G. 2009. The oriental sweet chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu 1951) in Hungary. *Növényvédelem*, 45: 359-360.
- Cuesta-Porta, V., Arnedo, M.A., Cibrián-Tovar, D., Barrera-Ruiz, U.M., Rosa D. García-Martiñón, R.D., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E.G., Clark-Tapia, R., Romero-Rangel, S., & Pujade-Villar, J. 2020. A New Genus of Oak Gall Wasp, *Striatoandricus* Pujade-Villar (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) from America with Descriptions of Two New Mexican Species. *Zoological Studies*, 59: 8, 121. <https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-08>
- Cuesta-Porta, V., Melika, G., Nicholls, J.A., Stone, G.N. & Pujade-Villar, J. 2022. Re-establishment of the Nearctic oak cynipid gall wasp genus *Druon* Kinsey, 1937 (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), with description of three new species. *Zootaxa*, 5132 (1): 1–92.
- De Bach, P. 1981. *Control biológico de las plagas de insectos y males hierbas*. Continental Ed. México 749 p.
- De Bach, P. & Rosen, D. 1991. *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press. London. 440 p.
- Delalic, Z. 2019. Intense appearance of chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) in Bosnia and Herzegovina. *Acta Scientific Agriculture*, 3: 10-14.
- Denk, T., Grimm, G.W., Manos, P.S., Deng, M. & Hipp, A.L. 2017. *An updated infrageneric classification of the oaks: review of previous taxonomic schemes and synthesis of evolutionary patterns*, pp. 13–38. In: Gil-Pelegrín, E., Peguero-Pina, J. & Sancho-Knapik, D. (Eds.), *Oaks physiological ecology. Exploring the functional diversity of genus Quercus L.* Tree Physiology, vol. 7. Springer International Publishing, New York, 547 pp

Bibliografia

- DGCN (Dirección General de Conservación de la Naturaleza). 2001. *Mapa Forestal de España. Escala 1:50.000. Cataluña*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Dini, F., Sartor, C., & Botta, R. 2012. Detection of a hypersensitive reaction in the chestnut hybrid 'Bouche de Bétizac' infested by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu. *Plant physiology and biochemistry*, 60: 67-73.
- Doğanlar, M. 2015. Review of Palearctic and Australian species of *Bootanomyia* Girault 1915 (Hymenoptera: Torymidae: Megastigminae), with descriptions of new species. *Turkish Journal of Zoology*, 35(2): 123-157. DOI:10.3906/zoo-0905-15
- DOGC (Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya). 2012. ORDRE AAM/355/2012, de 2 de novembre, per la qual s'estableixen les zones delimitades per la plaga *Dryocosmus kuriphilus*. *DOGC*, 6253: 56194-56196. URL: <https://vlex.es/vid/per-estableixen-delimitades-plaga-406452494> (accés: 05 maig 2021).
- Dorado, F.J., Pujade-Villar, J., Muñoz-Adalia, E.J., Vinagrero, J.C., Diez-Casero, J.J. & Fernández-Fernández, M.M. 2020. Characterization of native parasitoid community associated with the invasive pest *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Cantabria (northern Spain), *Scandinavian Journal of Forest Research*, 35:7: 334-340. DOI: 10.1080/02827581.2020.1808055
- DOUE. 2009. Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establece el marco de actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. DOUE núm. 309, de 24 de noviembre, pàgs. 71-86. Referencia: DOUE-L-2009-82204.
- Dreoser-Jauffret, F. & Shorthouse, J. D. 1992. *Diversity of gall-inducing Insects and their galls*, pp. 9-33. In: *Biology of insect-induced galls*. Shorthouse, J.D. & Rohfritsch, O. (Eds). Oxford University Press. New York, 285 pp.
- EFSA (European Food Safety Authority). 2010. Risk assesment of the oriental chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* for the EU territory and identification and evaluation of risk management options (EFSA Panel on Plant Health PHL ed), Parma, Italy. *EFSA Journal*, 8 (6): 1619.
- Elton, C.S. 1958. *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*. University of Chicago Press. 196 pp.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2010. EPPO Reporting Service: *NPPO of the Netherlands no. 08-2010*. Num. Article: 2010/134.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2012. EPPO Reporting Service: *NPPO of Germany no. 07-2013*. Num. Article: 2013/141.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2014. EPPO Reporting Service: *NPPO of Portugal no. 06-2014*. Num. Article: 2014/103.

- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2015. EPPO Reporting Service: *NPPO of Spain no. 09-2015*. Num. Article: 2015/173.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2016. EPPO Reporting Service: *NPPO of Belgium no. 02-2016*. Num. Article: 2016/029.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 2018. EPPO Reporting Service: *NPPO of Spain no. 08-2018*. Num. Article: 2018/152.
- Fang, Z., Tang, C.T., Zhu, Y., Xiong, T., Sinclair, F., Hearn, J., Mikolajczak, K.M., Melika, G., Stone, G.N. & Fang, S. (2020) *Lithosaphonecrus edurus* Fang, Melika & Tang, a new cynipid inquiline species (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini) from Sichuan, China. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 122(4): 805–820.
- Ferracini, C., Ferrari, E., Saladini, M.A., Pontini, M., Corradetti, M. & Alma, A. 2015. Non-target host risk assesment for the parasitoid *Torymus sinensis*. *BioControl*, 60: 583-594. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-015-9676-1>
- Ferracini, C., Bertolino, S., Bernardo, U., Bonsignore, C.P., Faccoli, F., Ferrari, E., Lupi, D., Maini, S., Mazzon, L., Nugnes, F., Rocco, A., Santi, F. & Tavella, L. 2018. Do *Torymus sinensis* (Hymenoptera:Torymidae) and agroforestry System affectnative parasitoids associated with the Asian chestnut gall wasp? *Biological Control*, 121: 36-43.
- Fergusson, N.D.M. 1990. *A phylogenetic study of the Cynipoidea (Hymenoptera)*. PhD Thesis. Council for National Academic Awards, United Kingdom.
- Fergusson, N.D.M. 1995. *The cynipoid families*, pp. 247–265. In: Hanson, P.E. & Gauld, I.D. (Eds.), *The Hymenoptera of Costa Rica*. Oxford University Press, Oxford, 893 pp.
- Fernandes, G. W. 1987. Gall forming wasps: Their economic importance and control. *Revista Brasileira de Entomologia*, 31(3): 379-398.
- Folch i Guillén, R. 1986. *Vegetació dels Països Catalans*. Ed. Ketres. Barcelona. 541 p.
- Folliot, R., 1977. *Les insectes cecidogenes et la cecidogenese*. En: *Traité de Zoologie*. Grasse, P.P., (Ed.). Volume 8, Fasc. V B. Masson. Paris: 389-429.
- Font i Quer, P. 2016. *Plantas Medicinales. El Dioscórides renovado* (1961). Ediciones península, 1999. 1318 pp.
- Forster, B., Castellazzi, T., Colombi, L., Fürst, E., Marazi, C., Meier, F., Tettamanti, G. & Moretti, G. 2009. Die Edelkastaniengallenwespe *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) tritt erstmals in der Südschweiz auf. *Mitteilungen der schweizerischen entomologischen Gesellschaft*, 82: 271-279.

- Francati, S., Alma, A., Ferracini, C., Pollini, A. & Dindo, M.L. 2015. Indigenous parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in a chestnut production area of Emilia Romagna (Italy). *Bulletin of Insectology*, 68 (1): 127-134.
- Fukuda, J. 1949. Chestnut gall wasp, a new pest of chestnut trees. *Shin-Engei*, 2(4): 31-33.
- Fusu, L. 2017. An integrative taxonomic study of European *Eupelmus* (*Macroneura*) (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae), with a molecular and cytogenetic analysis of *Eupelmus* (*Macroneura*) vesicularis: several species hiding under one name for 240 years. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 20: 1-85.
- Gaston, K.J. 1991. The magnitude of Global Insects Richness. *Conservation Biology*, 5(3): 283-296.
- Gavira, O. & Figueroa, F.F. 2017. La introducción de *Torymus sinensis* como control biológico. *Revista Ecologista*, 92: 28-30. [Accessible a: <https://www.ecologistasenaccion.org/34758/una-solucion-peligrosa-contra-la-avispa-del-castano/#nh27-11>].
- Gehring, E., Bellosi, B., Quacchia, A. & Conedera, M. 2017. Assessing the impact of *Dryocosmus kuriphilus* on the chestnut tree: branch architecture matters. *Journal of Pest Science*, 91: 189–202.
- Gehring, E., Bellosi, B., Quacchia, A. & Conedera, M. 2018a. Assessing the impact of *Dryocosmus kuriphilus* on the chestnut tree: branch architecture matters. *Journal of Pest Science*, 91(1): 189-202.
- Gehring, E., Bellosi, B., Quacchia, A. & Conedera, M. 2018b. Evaluating *Dryocosmus kuriphilus*-induced damage on *Castanea sativa*. *Journal of Visualized Experiments*, 138: e57564, DOI:10.3791/57564
- Gibbs, M., Schönrogge, K., Alma, A., Maelika, G., Quacchia, A., Stone, N. & Aebi, A. 2011. *Torymus sinensis*, a viable management option for the biological control of *Dryocosmus kuriphilus* in Europe?. *BioControl*, 56: 527-538. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9364-8>
- Gil-Tapetado, D., Castedo-Dorado, F., Nieves-Aldrey, J.L. & Lombardero, M.J. 2021. Gall size of *Dryocosmus kuriphilus* limits down-regulation by native parasitoids. *Biological Invasions*, 23(4):1157-1174. DOI: 10.1007/14411/s10530-020-02427-x
- Gilioli, G., Pasqualib, S., Tramontinic, S. & Riolo, F. 2013. Modelling local and long-distance dispersal of invasive chestnut gall wasp in Europe. *Ecological Modelling*, 263: 281-290.

- Gibson, G.A.P. 1995. *Parasitic wasps of the subfamily Eupelminae: classification and revision of world genera (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae)*. Memoirs on Entomology, International, 5. Gainesville: Associated Publishers. 421pp.
- Gibson, G.A.P. & Fusu, L. 2016. Revision of the Palearctic species of *Eupelmus* (Eupelmus) Dalman (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eupelmidae). *Zootaxa*, 4081(1): 1-331. DOI: <http://doi.org/10.11646/zootaxa.4081.1.1>
- Gómez, J.F. & Nieves-Aldrey, J.L. 2012. Notes on the larval morphology of Pteromalidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) species parasitoids of gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae) in Europe. *Zootaxa*, 3189: 39–55.
- Gómez, J.F. & Nieves-Aldrey, J.L. 2017. Terminal-instar larval morphology and systematics of Eulophidae and Eupelmidae species (Hym., Chalcidoidea) parasitoids of gall wasps (Hym., Cynipidae) communities from Europe. *Insect Systematics and Evolution* 48: 1–28.
- Gómez, J.F., Nieves, M.H., Gayubo, S.F. & Nieves-Aldrey, J.L. 2017. Terminal-instar larval systematics and biology of west European species of Ormyridae associated with insect galls (Hymenoptera, Chalcidoidea). *ZooKeys*, 644: 51–88. <https://doi.org/10.3897/zookeys.644.10035>
- Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L. & Hernández Nieves, M. 2008. Comparative morphology, biology and phylogeny of terminal-instar larvae of the European species of Toryminae (Hym., Chalcidoidea, Torymidae) parasitoids of gall wasps (Hym. Cynipidae). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 154: 676-721.
- Gómez J. F., Nieves-Aldrey J. L., Hernández-Nieves M. & Stone G. N. 2011. Comparative morphology and biology of terminal-instar larvae of some *Eurytoma* (Hymenoptera, Eurytomidae) species parasitoids of gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae) in western Europe. *Zoosystema*, 33 (3): 287-323. DOI: 10.5252/z2011n3a3.
- Gómez, J.F., Nieves-Aldrey, J.L. & Stone, G.N. 2013. On the morphology of the terminal-instar larvae of some European species of Sycophila (Hymenoptera, Eurytomidae) parasitoids of gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae). *Journal of Natural History* 47(47–48): 2937–2960. <https://doi.org/10.1080/00222933.2013.791937>
- Gordh, G. 1979. *Chalcidoidea*, pp. 743-748; Family Encyrtidae, pp. 890-967, in K. V. Krombein, P. D. Hurd, Jr., D. R. Smith, B. D. Burks, eds. *Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico. Vol. 1. Symphyta and Apocrita (Parasitica)*. Smithsonian Inst. Press, Wash., D.C. 1198 pp
- Govaerts, R. & Frodin, D.G. 1998. *World checklist and bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae)*. Royal Botanic Gardens, Kew, 456 pp.

- Graham M.W.R. de V. 1969. The Pteromalidae of Northwestern Europe. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Supplement*, 16: 1-908.
- Graham M.W.R. de V. & Gijswijt, M.J., 1998. Revision of the European species of *Torymus* Dalman (Hymenoptera: Torymidae). *Zoologische Verhandelingen*, 317: 1-202.
- Graziosi, I. & Rieske, L.K. 2012. Local spread of an exotic invader: using remote sensing and spatial analysis to document proliferation of the invasive Asian chestnut gall wasp. *iForest – Biogeosciences and forestry*, 5(5): 255-261. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor0633-005>.
- Grissell, E.E. 1976. *A revision of western Nearctic species of Torymus Dalman (Hymenoptera: Torymidae)*. University of California Publications in Entomology 79 pp
- Grissell, E.E. 1995. *Toryminae (Hymenoptera:Chalcidoidea:Torymidae): A Redefinition, Generic Classification, and Annotated World Catalog of Species*. Associated Publishers. 470 pp.
- Hancock, P.A., Sinkins, S.P. & Godfray H.C. 2011. Strategies for introducing *Wolbachia* to reduce transmission of mosquito-borne diseases. *PLOS Negl. Trop. Dis.*, 5 (4): e1024. doi:10.1371/journal.pntd.0001024.
- Hearn, J., Blaxter, M., Schönrogge, K., Nieves-Aldrey, J.L., Pujade-Villar, J., Huguet, E., Drezen, J.M., Shorthouse, J.D. & Stone, G.N. 2019. Genomic dissection of an extended phenotype: Oak galling by a cynipid gall wasp. *PLoS Genetics*, 15(11): e1008398.
- Heraty, J.M., Burks, R.A., Cruaud, A., Gibson, G.A.P., Liljeblad, J., Munro, J., Rasplus, J.-Y., Delvare, G., Jansta, P., Gumovsky, A., Huber, J., Woolley, J.B., Krogmann, L., Heydon, S., Polaszek, A., Schmidt, S., Darling, S. C., Gates, M. W., Mottern, J., Murray, E., Molin, A. D., Triapitsyn, S., Baur, H., Pinto, J. D., van Noort, D.S., George, J. & Yoder, M. 2013. A phylogenetic analysis of the megadiverse Chalcidoidea (Hymenoptera). *Cladistics*, 29: 466-542. <https://doi.org/10.1111/cla.12006>
- Harris, R. 1979. A glossary of surface sculpturing. *Occasional Papers in Entomology*, 28, 1-31.
- Huber, L.L. 1927. A taxonomic and ecological review of the north American chalcid-flies of the genus *Callimome*. *Proceedings of the United States National Museum*. 70(14): 1-114.
- ICZN (International Commission on Zoological Nomenclature). 1944. Opinion 155 On the status of the names *Callimome* Spinola, 1811, *Misocampe* Latreille, 1818, and *Torymus* Dahnan, 1820 (class Insecta, order Hymenoptera). *Opinions and declarations rendered by the International Commission on Zoological Nomenclature*, 2: 227-238.

- Itô, Y. 1967. Population dynamics of the chestnut gall-wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) IV. Further analysis of the distribution of eggs and young larvae in buds using the truncated negative binomial series. *Researches on Population Ecology* volume, 9: 177–191. <https://doi.org/10.1007/BF02514924>
- Jaksa, J. 2006. Situation with *Dryocosmus kuriphilus* in Slovenia. *EPPO Workshop on Dryocosmus kuriphilus*. Cuneo (Italia), 2006-06-26/28. http://archives.eppo.org/MEETINGS/2006_meetings/dryocosmus_presentation/workshop_dryocosmus.htm. Cited 10 Oct 2006.
- Jara-Chiquito, J.L., Askew, R. & Pujade-Villar, J. 2020. The invasive asian chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera:Cynipidae) in Spain: native parasitoid recruitment and associations with oak gall inducers in Catalonia. *Forestry*, 93(1): 178-186. DOI:10.1093/forestry/cpz061
- Jara-Chiquito, J.L., Heras, J. & Pujade-Villar, J. 2016. Primeros datos de reclutamiento de himenópteros parasitoides autóctonos para *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) en Cataluña. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 59: 219-226.
- Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2018. *Torymus sinensis* Kamijo, 1982 (Hymenoptera, Torymidae) has arrived in Spain. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 82: 3-4.
- Jara-Chiquito, J.L. & Pujade-Villar, J. 2022. Clau de determinació de les espècies parasitoides (Hym.: Chalcidoidea) de la vespeta del castanyer a Catalunya i comentaris de la seva evolució en el control de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym.: Cynipini). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86(2): 67-85.
- Jara-Chiquito, J.L., Pujade-Villar, J., García Ferreira, B. & Álvarez, R., 2021. Histological changes induced by the Cynipid wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in leaves of the chestnut *Castanea sativa* (Fagaceae): Mechanisms of galling impact on host vigor. *Arthropod-Plant Interactions*, 15(2):1-11. DOI: 10.1007/s11829-021-09810-y.
- Jara-Chiquito, J.L., Oliva, F., Lobato-Vila, I. & Pujade-Villar, J. 2022 ?. Variations in parasitoid populations attacking *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) over a four-year period in Catalonia (Spain). *Journal of Plant Interactions*, en avaluació.
- Jennings & Askew, R.R. 2020. Recruitment of native parasitoids by an introduced gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Britain and France. *Entomologist's Monthly Magazine*, 156: 111-116. DOI: 10.31184/M00138908.1562.4034

- Jones, O.R., Purvis, A., Baumgart, E. & Quicke, D.J.L. 2009. Using taxonomic revision data to estimate the geographic and taxonomic distribution of undescribed species richness in the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). *Insect Conservation and Diversity*, 2(3): 204-212.
- Kato, K. & Hiji, N. 1997. Effects of gall formation by *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hym., Cynipidae) on the growth of chestnut trees. *Journal of Applied Entomology*, 121(1-5): 9-15.
- Kato, K. & Hiji, N. 1993. Optimal clutchsize of the chestnut gallwasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae). *Researches on Population Ecology*, 35: 1-14.
- Kessler, M. & Krehan, H., 2011. New discoveries of quarantine organisms in Austria in 2011. *Fortschutz Aktuell*, 53: 14-16.
- Kieffer, J.J., 1897-1901. *Les Cynipides*. In André E, André E (eds): Species des Hyménoptères d'Europe et d'Algérie. Tom setè. Paris, 27 + 687p
- Knapič, V., Seljak, G. & Kolšek, M. 2009. Eradication campaign against oriental gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* in Slovenia. *EPPO workshop on Eradication, Containment and Contingency Planning*, 20-22.
- Kos, K., Kriston, E. & Melika, G. 2015. Invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), its native parasitoid community and association with oak gall wasps in Slovenia. *European Journal of Entomology*, 112(4): 698-704. DOI: 10.14411/eje.2015.091
- Krebs, P., Conedera, M., Pradella, M., Torriani, D., Felber, M. & Tinner, W. 2004. Quaternary refugia of the sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.): an extended palynological approach. *Vegetation History and Archaeobotany*, 13: 145-160.
- Kruskal, J.B. 1964. Nonmetric Multidimensional Scaling: A Numerical Method. *Psychometrika*, 2, 115-129.
- Lang, P., Dane, F. & Kubisiak, T.L. 2006. Phylogeny of *Castanea* (Fagaceae) based on chloroplast trnT-L-F sequence data. *Tree Genetics & Genomes*, 2: 132–139.
- Lang, P., Dane, F., Kubisiak, T.L. & Huang, H. 2007. Molecular evidence for an asian origin and a unique westward migration of species in the genus *Castanea* via Europe and North America. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 43:49–59
- Leblanc, D.A. & Lacroix, C.R. (2001) Developmental potential of galls induced by *Diplolepis rosaefolii* (Hymenoptera: Cynipidae) on the leaves of *Rosa virginiana* and the influence of *Periclistus* species on the *Diplolepis rosaefolii* galls. *International Journal of Plant Science*, 162(1): 29–46.

- Liljeblad, J. & Ronquist, F. 1998. A phylogenetic analysis of higher-level gall wasp relationships (Hymenoptera: Cynipidae). *Systematic Entomology*, 23(3): 229–252.
- Liljeblad, J., Nieves-Aldrey, J.L., Naser, S. & Melika, G. 2011. Adding another piece to the cynipoid puzzle: the description of a new tribe, genus and species of gall wasp (Hymenoptera: Cynipidae) endemic to The Republic of South Africa. *Zootaxa*, 2806(1): 35-52.
- Lione, G., Danti, R., Fernandez-Conradi, P., Ferreira-Cardoso, J. V., Lefort, F., Marques, G., Meyer, J. B., Prospero, S., Radócz, L., Robin, C., Turchetti, T., Vettraino, A. M. & Gonthier, P. 2019. The emerging pathogen of chestnut *Gnomoniopsis castaneae*: the challenge posed by a versatile fungus. *European Journal of Plant Pathology*, 153: 671–685. <https://doi.org/10.1007/s10658-018-1597-2>
- Lobato-Vila, I., Bae, J., Roca-Cusachs, M., Kang, M., Jung, S., Melika, G., Péntzes, Z. & Pujade-Villar, J. 2022. Global phylogeny of the inquiline gall wasp tribe Synergini (Hymenoptera: Cynipoidea: Cynipidae): first insights and establishment of a new cynipid tribe. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 20: 1–17.
- Lombardero, M. J., Castedo-Dorado, F. & Ayres, M.P. 2021. Extreme climatic events affect populations of Asian chestnut gall wasps, *Dryocosmus kuriphilus*, but do not stop the spread. *Agricultural and Forest Entomology*, 23: 473-488. DOI: 10.1111/afe.12448
- Madrigal, A. 2001. *Fundamentos de control biológico de plagas*. Publicaciones de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias. 453 p.
- Malumphy, C. 2015. First findings of oriental gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in the United Kingdom. *Cecidology*, 30(2): 45-47.
- Mani, M. S., 1964. *The Ecology of Plant Galls*. W. Junk. The Hague. 434pp.
- Manos, P.S. & Stanford, A.M. 2001. The historical biogeography of Fagaceae: tracking the tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere. *International Journal of Plant Sciences*, 162 :S77–S93.
- Manos, P.S., Canon, C.H. & Oh, D.H. 2008. Phylogenetic relationships and taxonomic status of the paleoendemic Fagaceae of Western North America: recognition of a new genus, *Notholithocarpus*. *Madroño*, 55(3): 181–190,
- MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). 2020. Directrices para el control biológico de la avispa del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu mediante el uso del parasitoide *Torymus sinensis*. https://mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/directricesparacontrolbiologicodelaavispsilladelcastaño_v2_tcm30_540138.pdf

- Mack, R.N. 2003. Phylogenetic constraint, absent life forms, and preadapted alien plants: a prescription for biological invasions. *International Journal of Plant Science*, 164: 185-196.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Omega. Barcelona. 951pp (2a edició)
- Mason, W.R.M. & Huber, J.T. 1993. *Order Hymenoptera*, pp. 4–12. In: Goulet, H. & Huber, J.T. (Eds.), *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Centre for Land and Biological Resources Research, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, 668 pp.
- Mateu, J., Colinas, C. & Castaño, C. 2012. *Xancre del castanyer* *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Full d'informació tècnica - 67, 2pp
- Matošević, D. Pernek, M. & Hrašovec, B. 2010. First record of Oriental chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Croatia. *Sumar List*, 134(9-10): 497-502. (In Croatian with English summary)
- Matošević, D. & Melika, G. 2013. Recruitment of native parasitoids to a new invasive host: First results of *Dryocosmus kuriphilus* parasitoid assemblage in Croatia. *Bulletin of Insectology*, 66(2): 231-238.
- Matošević, D., Quacchia, A., Kriston, E. & Melika, G. 2014. Biological control of the invasive *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) an overview and the first trials in Croatia. *South-East European Forestry* 5(1): 3-12. <https://doi.org/10.15177/seefor.14-05>.
- Matošević, D., Lacković, D., Melika, G., Kos, K., Franič, I., Kriston, E., Bozso, M., Seljak, G. & Rot, M. 2015. Biological control of invasive *Dryocosmus kuriphilus* with introduced parasitoid *Torymus sinensis* in Croatia, Slovenia and Hungary: *Periodicum Biologorum*, 117: 471-77. DOI:10.18054/pb.2015.117.4.3445
- Matošević, D., Mujezinović, O. & Dautabašić, M. 2017. First record of biocontrol agent *Torymus sinensis* (Hymenoptera, Torymidae) in Bosnia and Herzegovina. *South-east European Forestry*, 8(2): 147-149. DOI: 10.15177/seefor.17-14.
- McArdle, B.H. & Anderson, M.J. 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology*, 82: 290-297.
- Medianero, E. & Nieves Aldrey, J.L. 2013. *Barucynips panamensis*, a new genus and species of oak gall wasps (Hymenoptera, Cynipidae, Cynipini) from Panama, and description of one new species of *Coffeikokkos*. *ZooKeys*, 277: 25–46.

- Medianero, E., Nicholls, J. A., Stone, G. N., & Nieves-Aldrey, J-L. 2021. A new genus of neotropical oak gall wasp, *Prokius* Nieves-Aldrey, Medianero & Nicholls, gen. nov. (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), with description of two new species from Panama. *Zootaxa*, 5081(2): 203–222.
- Melika, G. 2006. Gall wasps of Ukraine. Cynipidae. *Vestnik Zoologii, Supplement*, 21(1–2), 1–300, 301–644.
- Melika, G. & Abrahamson, W.G. 2002. *Review of the world genera of oak cynipid wasps (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini)*, pp. 150–190. In: Melika, G. & Thuróczy, C. (Eds.), *Parasitic Wasps: Evolution, Systematics, Biodiversity and Biological Control*. Agroiinform Kiadó & Nyomda Kft., Budapest, 480 pp.
- Melika, G. & Nicholls, J.A. 2021. A new genus of Nearctic oak gall wasp, *Grahamstoneia* Melika & Nicholls, gen. nov. (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipini). *Zootaxa*, 4999 (5): 456–468.
- Melika, G., Tang, C.-T., Sinclair, F., Yang, M.-M., Lohse, K., Hearn, J., Nicholls, J.A. & Stone, G.N. 2013. A new genus of oak gallwasp, *Cyclocynips* Melika, Tang & Sinclair (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), with descriptions of two new species from Taiwan. *Zootaxa*, 3630 (3): 534–548.
- Melika, G., Pujade-Villar, J., Abe, Y., Tang, C.-T., Nicholls, J., Wachi, N., Ide T., Yang, M.-M., Péntzes, Z., Csóka, G. & Stone, G.N. 2010. Palearctic oak gallwasps galling oaks (*Quercus*) in the section Cerris: re-appraisal of generic limits, with descriptions of new genera and species (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Zootaxa*, 2470: 1–79.
- Melika, G., Pujade-Villar, J., Nicholls, J.A., Cuesta-Porta, V., Cooke-McEwen, C. & Stone, G.N. 2021. Three new Nearctic genera of oak cynipid gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini): *Burnettweldia* Pujade-Villar, Melika & Nicholls, *Nichollsiella* Melika, Pujade-Villar & Stone, *Disholandricus* Melika, Pujade-Villar & Nicholls; and re-establishment of the genus *Paracraspis* Weld. *Zootaxa*, 4993 (1): 1–81. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4993.1.1>
- Melika, G., Tang, C.T., Nicholls, J.A., Yang, M.M. & Stone, G.N. 2011. Four new species of *Dryocosmus* gallwasps from Taiwan (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *International Scholarly Research Network (Zoology)*, Volume 2011, Article ID 725180, 17 pp. doi:10.5402/2011/725180
- Mellano, M.G., Beccaro, G.L., Donno, D., Marinoni, D.T., Boccacci, P., Canterino, S., Cerutti, A.K. & Bounous, G. 2012. *Castanea* spp. biodiversity conservation: collection and characterization of the genetic diversity of an endangered species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8): 1727–1741.
- Meyer, J., 1987. *Plant Galls and Gall Inducers*. Gebrüder Borntraeger. Berlin, Stuttgart. 291pp.

Bibliografía

- Michaelakis, A., Papachristos, D., Chytas, D.A., Antonopoulou, P.D., Milonas, P.G. & Avtzis, D.N. 2016. First record of *Dryocosmus kuriphilus* in Greece. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 46(2): 290-294.
- Moriya, S., Shiga, M. & Adachi, I. 2003. Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan: Proceedings of the 1st International symposium on biological control of arthropods (ed. by RG van Driesche) *USDA Forest Service*, Washington, USA. 407-415 p.
- Murakami, Y. 1980. Current topics on the chestnut gall wasp- experience in China. *Nogyo oyobi Engei (Agriculture and Horticulture)*, 55: 249-253. [En japonès].
- Murakami, Y. 1997. Natural enemies of the chestnut gall wasp. 308 pp. Kyushu University Press, Fukuoka, Japan. [En japonès].
- Muru, D., Borowiec, N., Thaon, M., Ris, N., Viciriuc, M.I., Warot, S. & Vercken, E. 2021. The open bar is closed: restructuration of a native parasitoid community following successful control of an invasive pest. *Peer Community Journal*, 1: e30. DOI: 10.24072/pcjournal.43
- Narendran, T.C. 1999. *Indo-Australian Ormyridae (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. Privately published, University of Calicut, India, 227 pp.
- Nicholls, J.A., Stone, G.N. & Melika, G. 2018. A new genus of oak gallwasp, *Protobalandricus* Melika, Nicholls & Stone (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) from California. *Zootaxa*, 4472 (1): 141–152. DOI: 10.11646/zootaxa.4472.1.7.
- Nieves Aldrey, J. L., 1998. Insectos que inducen la formación de galas en las plantas: una fascinante interacción ecológica y evolutiva. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 23: 3-12.
- Nieves-Aldrey, J.L. & Fontal-Cazalla, F. 1999. Filogenia y evolución del Orden Hymenoptera. *Bol. S.E.A.*, 26: 459-474
- Nieves-Aldrey, J.L., 2001. *Hymenoptera, Cynipidae*. In: Ramos, M. A., Alba, J., Bellés, X., Gosálbez, J., Guerra, A., Macpherson, E., Martín, F., Serrano, J. & Templado, J. (Eds). *Fauna Ibérica*, vol. 16. Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, 636 pp.
- Nieves-Aldrey, J.L., Hernández-Nieves, M. & Gómez, J.F. 2008). Larval morphology and biology of three European species of *Megastigmus* (Hymenoptera, Torymidae, Megastigminae) parasitoids of gall wasps, including a comparison with the larvae of two seed-infesting species. *Zootaxa*, 1746: 46–60.

- Nieves-Aldrey, J.L., Liljeblad, J., Hernández-Nieves, M., Grez, A. & Nylander, J.A.A., 2009. Revision and phylogenetics of the genus *Paraulax* Kieffer (Hymenoptera, Cynipidae) with biological notes and description of a new tribe, a new genus, and five new species. *Zootaxa*, 2200: 1–40.
- Nieves-Aldrey, J.L., Gil-Tapetado, D., Gavira, O.N., Boyero J.R., Polidori, C., Lombardero, M.J., Blanco, D., Rey del Castillo, C., Rodríguez-Rojo, M.P., Vela, J.M. & Wong, M.E. 2019. *Torymus sinensis* Kamijo, a biocontrol agent against the invasive chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu in Spain: its natural dispersal from France and first data on establishment after experimental releases. *Forest Systems*, 28(1): e001. <https://doi.org/105424/fs/2019281-14361>
- Nieves-Aldrey, J.L., Nicholls, J.A., Tang, C.T., Melika, G., Stone, G.N., Pujade-Villar, J., Buffington, M., Maldonado, Y. & Medianero, E. 2021. Re-description and systematic re-appraisal of the genus *Kokkocynips* Pujade-Villar & Melika (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), including new combinations of Nearctic species and the description of a new species from Panama. *Zootaxa*, 4938(2): 205-232.
- Nordlander, G. 1984. [What do we know about parasitic cynipoids (Hymenoptera)?]. *Entomol. Tidskr.*, 105: 36-40. [in Swedish]
- Noyes, J. S. 1990. The number of described chalcidoid taxa in the world that are currently regarded as valid. *Chalcid Forum*, 13: 9-10.
- Noyes, J.S. 2019. Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. [<http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>; [data de consulta: 27 de març de 2022]].
- Nugnes, F., Gualtieri, L., Bonsignore, C.P., Parillo, R., Annarumma, R., Griffo, R. & Bernardo, U. 2018. Resistance of a Local Ecotype of *Castanea sativa* to *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) in Southern Italy. *Forests*, 9(2): 94. <https://doi.org/10.3390/f9020094>
- Panzavolta, T., Bracalini, M., Croci, F., Campani, C., Bartoletti, T., Miniati, G., Benedettelli, S. & Tiberi, R. 2012. Asian chestnut gall wasp in Tuscany: gall characteristics, egg Distribution and chestnut cultivar susceptibility. *Agricultural and Forest Entomology*, 14(2): 139-145.
- Panzavolta, T., Bernardo, U., Bracalini, M., Cascone, P., Croci, F., Gebiola, M., Iodice, L., Tiberi, R. & Guerrieri, E. 2013. Native parasitoids associated with *Dryocosmus kuriphilus* in Tuscany, Italy. *Bulletin of Insectology*, 66 (2): 195-201.
- Panzavolta, T., Croci, F., Bracalini, M., Melika, G., Benedettelli, S., Tellini Florenzano, G. & Tiberi, R. 2018. Population dynamics of native parasitoids associated with the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) in Italy. *Psyche*, ID 8078049, 13 pp. DOI:<https://doi.org/10.1155/2018/8078049>

- Park, C.D., Lee, S.O. & Park, K.N. 1983. Studies on ecology of chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, attacking the resistant chestnut trees and its damages. *The Research Reports of the Forest Research Institute* (Korea R.) AGRIS. FAO., 28: 197-205.
- Pástor, M., Juhasova, G., Juhás, D., Bakay, L., Kollár, J. & Benčať, T. 2017. Occurrence of oriental chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* in Slovakia – short communication. *Plant Protection Science*, 53: 243-246.
- Payne, J.A., Menke, A.S. & Shroeder, P.M. 1975. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera Cynipidae, and Oriental species gall wasp on North America. *USDA Economic Insect Report*, 25: 903-905.
- Pénzes, Z., Melika, G., Bozosóki, Z., Bihari, P., Mikó, I., Tavakoli, M., Pujade-Villar, J., Fehér, B., Fülöp, D., Szabó, K., Bozsó, M., Sipos, B., Somogyi, K. & Stone, G.N. 2009. Systematic re-appraisal of the gall-usurping wasp genus *Synophrus* Hartig, 1843 (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini). *Systematic Entomology*, 34(4): 688-711.
- Pénzes, Z., C. T. Tang, C.-T., Stone, G.N., Nicholls, J.A., Schwéger, S., Bozsó, M. & Melika, G. 2018. Current status of the oak gallwasp (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) fauna of the Eastern Palaearctic and Oriental Regions. *Zootaxa*, 4433: 245–289.
- Pérez-Otero, R. & Mansilla, J.P. 2014. El cinípido del castaño *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 llega a Galicia (NO de la Península Ibérica). *Archivos entomológicos*, 12: 33-36.
- Pérez-Otero, R., Crespo, D. & Mansilla, J.P. 2017. *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951 (Hymenoptera: Cynipidae) in Galicia (NW Spain): pest dispersion, associated parasitoids and first biological control attempts. *Archivos entomológicos*, 17: 439-448.
- Plantard, O., Rasplus, J.Y., Mondor, G., Le Clainche, I. & Solignac, M. 1998a. Distribution and phylogeny of *Wolbachia* inducing thelytoky in Rhoditini and 'Aylacini' (Hymenoptera: Cynipidae). *Insect Molecular Biology*, 8(2): 185-191.
- Plantard, O., Rasplus, J.Y., Mondor, G., Le Clainche, I. & Solignac, M. 1998b. *Wolbachia*-induced thelytoky in the rose gallwasp *Diplolepis spinosissima* (Giraud) (Hymenoptera: Cynipidae), and its consequences on the genetic structure of its host. *Proceedings of the Royal Entomological Society of London*, 265: 1075-1080.
- Plantard, O., Rasplus, J.Y., Mondor, G., Le Clainche, I. & Solignac, M. 1999. Distribution and phylogeny of *Wolbachia* inducing thelytoky on Rhoditini and 'Aylacini' (Hymenoptera: Cynipidae). *Insect Molecular Biology*, 8(2): 185-191.

Bibliografia

- Plantard, O., Shorthouse, J.D. & Rasplus, J.Y. 1998b. *Molecular Phylogeny of the genus Diplolepis (Hymenoptera: Cynipidae)*, pp. 147-160. In: *The Biology of Gall Inducing Arthropods* (eds. Csóka, Gy., Mattson, W.J., Stone, G.N. & Price, P.W.). USDA, Forest Service, General Technical Report NC-199.
- Pogolotti, C., Cuesta-Porta, V., Pujade-Villar, J. & Ferracini, C. 2019. Seasonal flight activity and genetic relatedness of *Torymus* species in Italy. *Agricultural and Forest Entomology*, 21(2): 159-167. DOI: 10.1111/afe.12316
- Price, P. W., Fernandes, G. W. y Waring, G. L. 1987. Adaptive nature of insect gall. *Environmental Entomology*, 16: 15-24.
- Price, P. W., Waring, G. L. & Fernandes, G. W., 1986. Hypotheses on the adaptive nature of galls. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 88: 361-363.
- Pujade-Villar, J., 1986. *Estudi preliminar: els cecidis i la cecidologia*, pp. 27-39. Ed. Eumo. Col. l'entorn. 106 pp.
- Pujade-Villar, J. 1987. Organografia i malalties del cecidi de *Diastrophus rubi* (Bouché, 1834) Htg., 1840 (Hymenoptera, Cynipoidea, Cynipidae) a la tija *Rubus caesius* L (Rosaceae). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 54(6): 65-71
- Pujade-Villar, J. 1989. Sobre la variabilitat morfològica d'algunes espècies dels Ormyridae Foerster, una nova nueva família d'himenòpters per a Catalunya (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Sessió Conjunta d' Entomologia de l'Institució Catalana d' Història Natural i la Societat Catalana de Lepidopterologia*, 5: 77-90.
- Pujade-Villar, J. 1991a. *Contribució al coneixement dels cinípids cecidògens dels arbres i arbusts de Catalunya, dels cinípids associats a aquests i dels seus paràsits*. Tesis doctoral, 1.111 pp., UB. [Disponible a la UB: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=241253>]
- Pujade-Villar, J. 1991b. Nuevas aportaciones al conocimiento de *Aulogymnus* Förster, 1851 (Hym., Chal., Eulophidae) para la Península Ibérica, con la descripción de una especie nueva, *Aulogymnus balani* sp. n. *Graellsia*, 47: 139-154.
- Pujade-Villar, J. 1994a. Especies de *Mesopolobus* (Hym., Pteromalidae) asociadas a agallas de Cynipini (Hym., Cynipidae) del nordeste ibérico y notas sobre la validez de *M. lichtensteini* (Mayr, 1903). *Eos*, 69(1993): 63-73.
- Pujade-Villar, J. 1994b. Sobre les espècies de *Sycophila* Walker, 1871 relacionades amb cinipo-cecidis recol.lectats sobre *Quercus* i *Rosa* a Catalunya (Hymenoptera: Chalcidoidea: Eurytomidae). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 61: 69-79.
- Pujade-Villar, J. 2013 Las agallas de los encinos: un ecosistema en miniatura que hace posible estudios multidisciplinarios. *Entomología Mexicana*, 12(1): 1-20.

- Pujade-Villar, J. & Fernández-Gayubo, S. 2015. Clase Insecta: Orden Hymenoptera. *Revista IDE@ - SEA*, 59: 1–36.
- Pujade-Villar, J. 2019. Reclasificación de los grandes taxa de Cynipoidea (Hymenoptera) desde Weld (1952) hasta 2017: la historia de una lucha evolutiva entre el parasitoidismo y la fitofagia. *Folia Entomológica Mexicana* (nueva serie), 5(1): 18–65.
- Pujade-Villar, J., Bellido, D., Segú, G. & Melika, G. 2001. Current state of knowledge of heterogony in Cynipidae (Hymenoptera, Cynipoidea). *Sessions Entomologiques ICHN-SCL*, 11(1999): 87–107.
- Pujade-Villar, J., Melika, G., Ros-Farré, P., Ács, Z. & Csóka, G. 2003. Cynipid inquiline wasps of Hungary, with taxonomic notes on the Western Palaearctic fauna (Hymenoptera: Cynipidae, Cynipinae, Synergini). *Folia Entomologica Hungarica*, 64, 121–170.
- Pujade-Villar, J. & Fernández-Gayubo, S. 2004. *Himenópteros*, pp. 813–854. In: Barrientos, J.A. (Ed.), *Curso práctico de Entomología*. Asociación Española de Entomología, Centro Iberoamericano de Biodiversidad, Universitat d'Alacant & Universitat Autònoma de Barcelona, 947 pp.
- Pujade-Villar J, Romero-Rangel S, Chagoyán-García C, Equihua Martínez A, Estrada-Venegas EG, Melika G. 2010. A new genus of oak gallwasps, *Kinseyella* Pujade-Villar & Melika, with a description of a new species from Mexico (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Zootaxa*, 2335: 16–28.
- Pujade-Villar, J., Mata-Casanova, N., Mohamed Ben-Jamâa, L., Grami, M., Ouakid, M., Adjami, Y., Ghanem, R., Bouhraoua, R., Boukreris, F., Benia, F. & Messaoudene, M. 2012a. Les cynipidés gallicoles des chênes d'Afrique du Nord: espèces curieuses et espèces potentiellement dangereuses (Hymenoptera: Cynipidae). *Integrated Protection in Oak Forests IOBC/wprs Bulletin*, 76: 225–232.
- Pujade-Villar, J., Equihua-Martínez, A., Estrada-Venegas, E.G., Lomeli-Flores, J.R., Serrano-Muñoz, M., Cabral, O., Treto, R., Landa, L., Carrillo, C., Cibrián-Tovar, D. & Cibrián-Llenderal, V.D., 2012b. Aportaciones de 2010-2011 en el conocimiento de los Cynipidae mexicanos (Hym., Cynipidae, Cynipini) y perspectivas futuras. *Entomología mexicana*, 11(2): 1057-1062.
- Pujade-Villar, J., Hanson, P., Medinas, C.A., Torres, M. & Melika, G. 2012c. A new genus of oak gall wasps, *Zapatella* Pujade-Villar & Melika, gen. n., with a description of two new species from the Neotropics (Hymenoptera, Cynipidae, Cynipini). *Zookeys*, 210: 75–104.
- Pujade-Villar, J., Hanson, P. & Melika, G. 2012d. A new genus of oak gall wasp, *Coffeikokkos* Pujade-Villar & Melika, gen. n., with a description of a new species from Costa Rica (Hymenoptera, Cynipidae). *Zookeys*, 168, 19–29.

- Pujade-Villar, J., Equihua-Martínez A., Estrada-Venegas, E.G. & Melika, G. 2013. A new genus of oak gallwasp, *Kokkocynips* Pujade-Villar & Melika, gen.n., with a description of a new species from Mexico (Hymenoptera, Cynipidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 29 (1): 209–218.
- Pujade-Villar J., Torrell, A. & Rojo, M. 2013. Primeres troballes a la península Ibèrica de *Dryocosmus kuriphilus* (Hym., Cynipidae), una espècie de cinípid d'origen asiàtic altament perillosa pel castanyer (Fagaceae). *Orsis*, 27: 295-301.
- Pujade-Villar, J. & Melika, G. 2014. Re-establishment of *Erythres* Kinsey, 1937 as a valid genus of gallwasps from Mexico (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Dugesiana*, 21 (2): 155–160.
- Pujade-Villar, J., Cibrian Tova, D., Barrera-Ruiz, U.M. & Melika, G., 2014a. *Andricus breviramuli* Pujade-Villar n. sp. (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini): new pest of oaks in Mexico. *Suothwestern Entomologist*, 39: 97-106.
- Pujade-Villar, J., Cibrián Tovar, D., Cibrián Llanderal, V.D., Equihua Martínez, A., Estrada Venegas, E.G., Serrano Muñoz, M. & Lomeli Flores, J.R. 2014b. A new genus of oak gall wasp, *Melikaiella* Pujade-Villar Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini), from the Nearctic region. *Dugesiana*, 21 (1): 1–29.
- Pujade-Villar, J. & Ferrer-Suay, M. 2015. Adjudicació genèrica d'espècies mexicanes d'ubicació dubtosa descrites per Kinsey i comentaris sobre la fauna mexicana (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 79: 7–14. <https://doi.org/2445/102507>
- Pujade-Villar, J., Caicedo-Ramírez, G., Rodríguez, P.A. & Fernández-Garzón, S. 2017a. Primer reporte de una especie de Cinípido dañona para *Q. humboldtii* en Colombia: *Zapatella petiolata* n. sp. (Hym., Cynipidae). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 81: 37-46.
- Pujade-Villar, J., Lobato-Vila, I. & Ferrer-Suay, M. 2017b. Restablecimiento del género *Dros* Kinsey (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini) como género válido para especies Americanas. *Entomología Mexicana*, 4: 752–758.
- Pujade-Villar, J., Ferrer-Suay, M., Cuesta-Porta, V. & Lobato-Vila, I. 2018. Existe *Biorhiza* Westwood, 1840 (Hym.: Cynipidae) en México? Does *Biorhiza* Westwood, 1840 (Hym.: Cynipidae) exist in Mexico? *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 4 (3): 110–127.
- Pujade-Villar, J., Cuesta-Porta, Cibrian Tova, D., Barrera-Ruiz, U.M. & Fernández-Garzón, S. 2020. A new dangerous gall wasp species from Mexico: *Zapatella polytriposa* Pujade-Villar & Fernández-Garzón n. sp. *Suothwestern Entomologist*, 45(2): 491-500.

Bibliografia

- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapi, I. & Alma, A. 2008. Rearing, release and settlement prospectin Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *Biocontrol*, 53: 829-839. DOI: 10.1007/s10526-007-9139-4
- Quacchia, A., Ferracini, C., Nicholls, J.A., Piazza, E., Saladini, M., Tota, F., Melika, G. & Alma, A. 2013. Chalcid parasitoid community associated with the invading pest *Dryocosmus kuriphilus* in north-western Italy. *Insect Conservation and Diversity*, 6(2): 114-123. DOI: 10.1111/j.1752-4598.2012.00192.x
- Quacchia, A., Moriya, S., Askew, R.R. & Schörogge, K. 2014. *Torymus sinensis*, bology, host range and hybridization. *Acta Hortic.* 1043: 105-111. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1043.13>
- Radócz, L., Szilágyi, A., Nagy, M., Kovács, G. & Melika, G. 2016. Asian sweet chestnut gallwasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera, Cynipidae): first record for Romania. *North-Western Journal of Zoology*, 12(1): 201-204.
- Reale, L., Tedeschini, E., Rondoni, G., Ricci, C., Bin, F., Frenguelli, G. & Ferranti, F. 2014. Histological investigation on gall development induced by a worldwide invasive pest, *Dryocosmus kuriphilus*, on *Castanea sativa*. *Plant Biosystems*, 2014, pp. 1-8. <http://dx.doi.org/10.1080/11263504.2014.918058>
- Ribot, J.M. & Mataró, J. 1984. *Perspectivas del castañar para madera en Cataluña*. En: Congreso Internacional sobre el castaño. Actas, 179-182 p.
- Richardson, D.M. & Pyšek, P. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography*, 30: 409-431.
- Roces-Díaz, L.V., Jiménez-Alfaro, B., Chytrý, M., Díaz-Varela, E.R. & Álvarez-Álvarez, P., 2018. Glacial refugia and mid-Holocene expansion delineate the current distribution of *Castanea sativa* in Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 491: 152-160.
- Rokas, A., Atkinson, R.J., Brown, G., West, S.A. & Stone, G.N. 2001. Understanding patterns of genetic diversity in the oak gall wasp *Biorhiza pallida*: demographic history or a *Wolbachia* selective sweep? *Heredity*, 87: 294–305.
- Ronquist, F. & Liljeblad, J. 2001. Evolution of the gall wasp–host plant association. *Evolution*, 55: 2503–2522.
- Ronquist, F. 1994. Evolution of parasitism among closely related species: Phylogenetic relationships and the origin of inquilineism in gall wasps. *Evolution*, 48: 241–266.
- Ronquist, F., 1999. Phylogeny, classification and evolution of the Cynipoidea. *Zoologica Scripta*, 28: 139–164.

Bibliografia

- Ronquist, F., Nieves-Aldrey, J.L., Buffington, M.L., Liu, Z., Liljeblad, J. & Nylander, J.A.A. 2015. Phylogeny, evolution and classification of gall wasps. The plot thickens. *PLoS ONE*, 10(5): e0123301.
- Romanyk, N. & Cadahia, D. 1992. *Plagas de Insectos en la Masas Forestales Españolas*. MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). Madrid. 336 pp.
- Ros-Farré, P. & Pujade-Villar, J. 1998a. Estudio mediante una trampa Malaise de la comunidad de cinípidos cecidógenos e inquilinos de Santa Coloma, Andorra (Hymenoptera, Cynipidae). *Ecología*, 12: 441-454.
- Ros-Farré, P. & Pujade-Villar, J. 1998b. Relacions tròfiques en les gal·les de la forma agàmica d'*Andricus kollari* (Hartig, 1843). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 66: 95-108.
- Ruiz de la Torre, J. 2006. *Flora mayor*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 1756 p.
- Sartor, C., Dini, F., Marinoni, D.T., Mellano, M.G., Beccaro, G.L., Alma, A., Quacchia, A. & Botta, R. 2015. Impact of the Asian wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Yasumatsu) on cultivated chestnut: Yield loss and cultivar susceptibility. *Scientia Horticulturae*, 197: 454-460.
- Schwéger, S., Melika, G., Tang, C.T., Bihari, P., Bozsó, M., Stone, G.S., Nicholls, J.A. & Péntzes, Z. 2015a. New species of cynipid inquilines of the genus *Synergus* (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini) from the Eastern Palaearctic. *Zootaxa*, 3999(4): 451–497.
- Schwéger, S., Melika, G., Tang, C.T., Yang, M.M., Stone, G.S., Nicholls, J. A., Sinclair, F., Hearn, J., Bozsó, M. & Péntzes, Z. 2015b New species of cynipid inquilines of the genus *Saphonecrus* (Hymenoptera: Cynipidae: Synergini) from the Eastern Palaearctic, with a re-appraisal of known species world-wide. *Zootaxa*, 4054(1): 1–84.
- Seddaiu, S., Cerboneschi, A., Sechi, C. & Mello, A. 2016. *Gnomoniopsis castaneae* associated with *Dryocosmus kuriphilus* galls in chestnut stands in Sardinia (Italy). *iForest*, 10: 440-445. DOI: 10.3832/ifor2064-009
- Selfa, J. & Anento, J.L. 1997. Plagas agrícolas y forestales. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20: 75-91.
- Shirakami, T., 1951. Chestnut gall wasps and their control. *Nogyo oyobi Engei (Agriculture and Horticulture)*, 26: 167-170 [En japonès].
- Shorthouse, J.D. & Rohfritsch, O. 1992. *Biology of insect-induced galls*. Shorthouse, J.D. & Rohfritsch, O. (Eds.) Oxford University Press, New York, 285 pp.

- Soares Cardoso, J.F., 2020. *The endemic parasitoids of the chestnut gall wasp Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae) in Portugal and biocontrol with Torymus sinensis Kamijo (Hymenoptera: Torymidae)*. Tesis de maestría. [Disponible a: <http://hdl.handle.net/1822/73648>; [data de consulta: 20 de març de 2022]].
- Stachowicz, J. & Tilman, D. 2005. Species invasions and the relationships between species diversity, community saturation, and ecosystem functioning. In *Species Invasions: Insights into Ecology, Evolution, and Biogeography* (ed. D. F. Sax, J. J. Stachowicz and S. D. Gaines), pp. 41-64. Sinauer Associates, inc. Sunderland, Massachusetts.
- Stone, G.N., Schönrogge, K., Atkinson, R.J., Bellido, D. & Pujade-Villar, J. 2002. The population biology of oak gall wasps (Hymenoptera: Cynipidae). *Annual Review of Entomology*, 47(1): 633–668.
- Szabo, G., Kriston, E., Bujdosó, B., Bozsó M., Krizsbai, L. & Melika, G., 2014. The sweetchestnut gallwasp (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu, 1951): current distribution in Hungary and its natural enemies. *Növényvédelem*, 50(2): 49-56.
- Tamura, M. 1962. Occurrence of the chestnut gall wasp in Korea. *Kontyu*, 30: 251 [En japonès].
- Tang, C.T., Miko, I., Nicholls, J.A., Schwéger, S., Yang, M.M., Stone, G.N., Sinclair, F., Bozsó, M., Melika, G. & Péntes, Z. 2016. New *Dryocosmus* Giraud species associated with *Cyclobalanopsis* and non-*Quercus* host plants from the Eastern Palaearctic (Hymenoptera, Cynipidae, Cynipini). *Journal of Hymenoptera Research*, 53: 77-163.
- Tang, C.-T., Wu, S.-M., Yen, C.-F., Chang, R.-J. & Yang, M.-M. 2015. Successful colonization of a new invasive pest, the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Taiwan. *Formosan Entomology*, 35, 135–142.
- Tang, C-T., Melika, G., Nicholls, J., Yang, M.-M. & Stone, G.N. **2011**. A new genus of oak gallwasps, *Cycloneuroterus* Melika & Tang, with the description of five new species from Taiwan (Hymenoptera: Cynipidae: Cynipini). *Zootaxa*, 3008: 33-62
- Torossian, C., 1971. Faune secondaire des galles de Cynipidae: I: Étude systématique des fourmis et des principaux arthropodes récoltés dans les galles. *Insects Sociaux*, 18(3): 135-154.
- Torres, J. 1975. *Patología Forestal: principales enfermedades de nuestras especies forestales*. ETSIM (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 265 pp.

Bibliografia

- Tusell, J. M., Beltrán, M., Monserrate, A. (Coords.). 2021. *XXXVIII Jornades Tècniques Silvícules Emili Garolera*. Consorci Forestal de Catalunya. Santa Coloma de Farners. 112 pàg.
- Ueno, W., 2006. Occurrence and control of chestnut gall wasp in Nepal. *Shokubutsu Boeki (Plant Protection)*, 60: 510-512 (En japonès).
- Ugolini, F., Massetti, L., Pedrazzoli, F., Tognetti, R., Vecchione, A., Zulini, L. & Maresi, G. 2014. Ecophysiological responses and vulnerability to other pathologies in European chestnut coppices, heavily infested by the Asian chestnut gall wasp. *Forest ecology and management*, 314: 38-49.
- Van den Bosch, R., Messenger, P.S. & Gutiérrez, A.P. 1982. *Introduction to biological control*. New York: Plenum Press. 247 pp.
- Vannacci, G. & Bellini, E. 2010. Chestnut (*Castanea sativa*): a Multipurpose European Tree. Workshop Proceedings, Bruxelles. Accesible a: https://www.researchgate.net/publication/280644365_Chestnut_Castanea_sativa_a_a_Multipurpose_European_Tree_Workshop_Proceedings_Bruxelles_September_30_2010 [Data de consulta: 10 de maig de 2022].
- Vericat, P., Navarro, P., Correal, E., Castaño, C., Piqué, M., Beltrán, M., Obón, B., Rodríguez, J., Colinas, C., García, M., Argemí, J. & Rovira, J. 2012. *El castanyer a Catalunya. Manual de gestió, conservació i valorització*. Diputació de Barcelona i Obra Social “la Caixa”. Barcelona. 144 pp.
- Viggiani, G. & Nugnes, F. 2010. Description of the larval stages of *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae), with notes on their phenology. *Journal of Entomological and Acarological Research*, 42(1): 39-45. <https://doi.org/10.4081/jear.2010.39>
- Waage, J.K. & Mills, N.J. 1992. *Biological control*. En: CRAWLEY, M.J. (eds.) *Natural enemies: the population biology of predators, parasites and diseases*. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 412-430 p.
- Wong, M.E., Gavira, O., Vela, J.M., Rodríguez, C., Sánchez Callado, F.M. & Boyero, J.R. 2015. La avispa del castaño (*Dryocosmus kuriphilus*) en el Sur de España: primeros resultados sobre fenología y control biológico por parasitoides. *IX Congreso Nacional de Entomología Aplicada*, libro de resúmenes, Valencia, Spain. 19-23 octubre 2015. 179 pp.
- Wu, Y. & Abe, Y. 2022. Egg maturation in an invasive gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae): An experimental test of the pro-ovigenic and facultatively synovigenic hypotheses. *European Journal of Entomology*, 119: 227-231. <https://doi.org/10.14411/eje.2022.024>

Bibliografia

- Yara, K. 2014. Interaction between *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) and *T. beneficus*, introduced and indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae). *Japan Agricultural Research Quarterly*, 48 (1): 35-40. DOI: 10.6090/jarq.48.35
- Yara, K., Matsuo, K., Sasawaki, T., Shimoda, T. & Moriya, S. 2012. Influence of the introduced parasitoid *Torymus sinensis* (Hymenoptera: Torymidae) on *T. koreanus* and *T. beneficus* as indigenous parasitoids of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae) on chestnut trees in Nagano Prefecture, Japan. *Applied Entomology and Zoology*, 47 (1): 55-60. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13355-011-0088-0>
- Yara, K., Sasawaki, T. & Kunimi, Y. 2007. Displacement of *Torymus beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) by *T. sinensis*, an indigenous and introduced parasitoid of the chestnut gall wasp, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in Japanese chestnut fields: Possible involvement in hybridization. *Biological Control*, 42: 148-154.
- Yara, K., Yano, E. Sasawaki, T. & Shiga, M. 2000. Detection of hybrids introduced *Torymus sinensis* and native *T. beneficus* (Hymenoptera: Torymidae) in central Japan, using malic enzyme. *Applied Entomology and Zoology*, 35 (2): 201-206.
- Yasumatsu, K. (1951). A new *Dryocosmus* injurious to chestnut trees in Japan. *Mushi. Journal of Fukuoka Entomological Society*, 22: 89-92.
- Yu, D. S., Achterberg, C. Van & Horstmann, K. 2012. *World Ichneumonoidea 2011. Taxonomy, biology, morphology and distribution*. Taxapad 2011. Canadá.
- Zerova, M. D. & Seryogina, L. Y. 2006. Review of Palearctic Ormyridae (Hymenoptera, Chalcidoidea), with description of two new species. *Vestnik Zoologii*, 40 (1): 27-40
- Zerova, M.D. 2010. Palearctic species of the genus *Eurytoma* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Eurytomidae): morphobiological analysis, trophic associations, a key to the species, *Vestnik Zoologii*, fasc. 24, p. 203.
- Zerova, M.D., Seryogina, L. Ja. & Harten, A. Van. 2012. New and formerly unknown Ormyridae species from the United Arab Emirates (Hymenoptera, Chalcidoidea). *Vestnik zoologia*, 46(2): 113-121
- Zhu, D.H., He, Y.Y., Fan, Y.S., Ma, M.Y. & Peng, D.L. 2007. Negative evidence of parthenogenesis induction by *Wolbachia* in a gallwasp species, *Dryocosmus kuriphilus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 124(3): 279-284.

Bibliografia

- Zhu, D.-H., Liu, Z., Lu, P.-F., Yang, X.-H., Su, Ch.-Y. & Liu, .P. 2015. New Gall Wasp Species Attacking Chestnut Trees: *Dryocosmus zhuli* n. sp. (Hymenoptera: Cynipidae) on *Castanea henryi* from Southeastern China. *Journal of Insect Science*, 15(1): 156, 7pp.; DOI: 10.1093/jisesa/iev118
- Zimmerman, J.R. 2018. A Synopsis of Oak Gall Wasps (Hymenoptera: Cynipidae) of the Southwestern United States with a Key and Comments on Each of the Genera. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 91(1): 58-70.
- Zohary, D. & Hopf, M. 1988. *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley*. Oxford Science Publications. Oxford: Clarendon Press. 249 pp.

COLOFÓ



La present tesi doctoral, ha estat fruit de l'esforç de 7 anys al llarg dels quals l'autor, Juan Luis Jara Chiquito, solidàriament amb els seus col·laboradors i amb el seu director de tesi, ha abordat la problemàtica sobrevinguda per la invasió de la vespeta del castanyer, l'afectació d'aquesta plaga a Catalunya i l'assoliment del seu control natural.

Per a la seva comprensió ha hagut de conjugar una veritable aproximació pluridisciplinària des dels camps de la biodiversitat i conservació de la de la natura, biologia evolutiva, ecologia aplicada, enginyeria forestal, entomologia, fitopatologia, histologia, etc., que integren les diferents facetes d'aquest problema, podríem dir, polièdric.

La tesi no ha estat finançada per cap empresa ni institució, consegüentment, malgrat que els mitjans disponibles han estat limitats i amb dedicació a temps parcial, hem pogut gaudir de la major llibertat a l'hora de plasmar el corpus de totes les idees científiques sorgides d'ella. S'ha tractat de fer una modesta contribució a l'ampliació del saber en el camp del control natural per espècies natives d'aquesta plaga objecte d'estudi a la tesi, així com d'aportar noves evidències en la interacció ocorreguda entre aquell i el complex parasitoide autòcton.



*“El món i el pensament, el Tot, la Part, podran ser U?
Comprendre, què vol dir? Participar de l’Univers?
Orgull de la Raó! Sense comprendre, cada vers,
com un vegetal més, en forma part i es deixa dur*

*en el corrent unànime i segur
del flux universal. Divers? Dispers?
Només el pensament frueix, advers,
de creure’s lluitador contra un tabú.*

*I per guanyar-se el Tot, fragmenta i trenca
el món –el món global!- i se n’arrenca,
llunyà, i se’n defineix l’observador.*

*Observador de què? D’allò que engruna i que desfibra?
Digueu: aquest saber edificat de llibre en llibre,
ens parla del real o n’és tan sols la ficció?”*

URPES DE FUMERA
David Jou, 1992



UNIVERSITAT DE
BARCELONA