Universitat de les Illes Balears

Memòria final

Estudi de l'impacte dels tractaments contra la processionària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*) sobre la fauna entomològica dels pinars de Formentera

Dra. Mar Leza Salord
Sra. Alícia Marqués Prieto
Departament de Biologia
Universitat de les Illes Balears

Palma, 26 de Setembre de 2018

Índex

Introducció 3
Materials i Mètodes 6
Zona d'estudi i disseny experimental 6
Presa de mostres per a l'estudi faunístic d'invertebrats 7
1.- Recollida de mostres de sòl i fullaraca: per estudiar la fauna de medi edàfic 7
2.- Trampes de caiguda: fauna de la superfície del sòl. 8
3.- Paraigües japonès per mostres arbustives: fauna epífita. 8
4.- Màniga entomològica: entomofauna aèria diürna. 9
5.- Trampa de llum: entomofauna aèria nocturna. 10
6.- Observació directa sobre les flors: pol·linitzadors. 10
Conservació, processament i anàlisi de mostres al laboratori 12
Anàlisi de dades 13
Resultats i Discussió 14
1. Mostres de sòl: Fauna edàfica 16
2. Mostres de fullaraca: Fauna edàfica 22
3. Trampes de caiguda: Fauna epiedàfica 26
4. Paraigües japonès: Fauna epífita 29
5. Màniga entomològica: Fauna aèria diürna 33
6. Trampes de llum: Lepidòpters nocturns 38
7. Diversitat de pol·linitzadors 44
Conclusions de l'estudi 47
Referències 49
Annex 52

Memòria final - Estudi de l'impacte dels tractaments contra la processionària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*) sobre la fauna entomològica dels pinars de Formentera

Introducció

La **processionària del pi** (*Thaumetopoea pityocampa* DEN & SCHIFF) és un lepidòpter de la família Thaumetopoeidae, la qual provoca greus danys als pinars de les Illes Balears. La larva de la processionària (Figura 1) s'alimenta de les fulles de pi blanc (*Pinus halepensis*), podent causar una reducció del creixement anual del diàmetre de l'arbre (entre un 12% i 65%) i debilitant l'arbre de tal forma que afavoreix l'atac d'altres insectes o altres malalties (Kanat et al., 2005; Huseyin et al., 2010). A més, aquestes larves presenten uns pèls urticants que poden causar al·lèrgies tant a les persones com als animals.

Figura 1.- Exemplar adult de Thaumetopoea pityocampa *(esquerra) i larva (dreta). Font: Trnkoczy, Ghent.*

La processionària del pi presenta un cicle biològic anual (Figura 2) i es pot dividir en quatre fases: ou, larva, crisàlide, i adult. Les femelles adultes mesuren entre 36 i 49 mm de longitud, sent més grans que els mascles que presenten una longitud de entre 31 i 39 mm (García et al., 1994).

Els adults es caracteritzen per el seu color gris a les ales anteriors i per la nervadura i els costats de les ales de color negre. A la regió frontal del cap es pot observar una protuberància còrnia i còncava (Figura 1).

Els individus adults es reprodueixen a final del mes de juliol. Les femelles posen aproximadament entre 120-300 ous. Durant el mes d'octubre apareixen les primeres larves i fins a finals de febrer o principi de març no s'observen les primeres crisàlides. Posteriorment apareixen els adults i torna a començar el cicle (García et al. 1994).

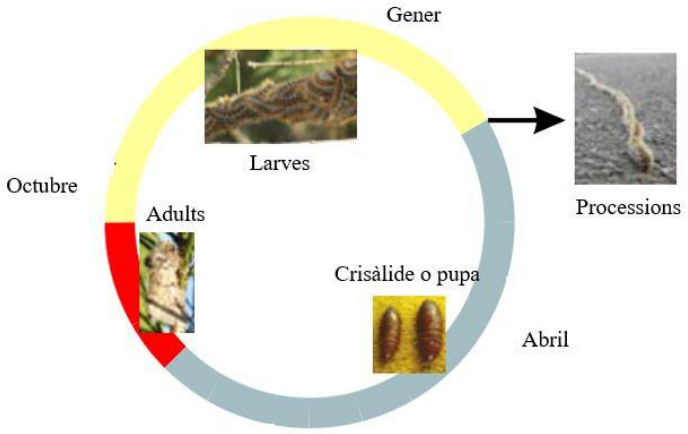

Figura 2.- Cicle biològic de Thaumetopoea pityocampa *a les regions mediterrànies. Font: pròpia.*

La primera detecció de la processionària del pi a les Illes Balears es va realitzar a l'illa de Mallorca a l'any 1942, posteriorment es va detectar a Menorca a l'any 1970 i a Eivissa a l'any 1975 (Ximenez de Embún, 1943; Núñez i Ramonell 2002; Núñez, 2008).

A **Formentera** es té evidència de la seva presència des de 2007 (Núñez, 2007) i, des d'ençà, s'ha incrementat la població exponencialment, constituint una greu amenaça per als pinars de l'illa.

Existeixen diferents **mètodes de control** front aquesta plaga. Seguint les directrius prioritàries de I+D marcades per la Unió Europea referents a la protecció del medi ambient i la biodiversitat, la Comunitat Autònoma de les Illes Balears utilitza un tipus de plaguicida de baix

impacte ambiental per al control de la processionària del pi: el ***Bacillus thuringiensis* varietat *kurstaki*** (*Btk*), un insecticida d'origen biològic dissenyat per al control exclusiu de lepidòpters.

Existeixen pocs articles científics publicats sobre l'efecte que pot tenir l'aplicació aèria d'aquest insecticida sobre el conjunt d'insectes de l'ecosistema. Aquests estudis indiquen que la fauna edàfica no presenta cap efecte negatiu després de l'aplicació del *Btk* (Beck et al., 2004), i referent als lepidòpters nocturns, si que s'observà una disminució de les poblacions, però a llarg termini aquest poblacions es recuperaren (Miller, 1990; Johnson et al., 1995).

Tot i això, si que existeixen estudis a nivell local. El laboratori de Zoologia de la Universitat de les Illes Balears va realitzar diferents estudis per tal d'avaluar l'impacte d'aplicació de *Btk* enfront dues plagues de lepidòpters, *Lymandria dyspar* i *Thaumetopoea pityocampa*, on els resultats indicaven que l'aplicació no presenta cap impacte en l'entomofauna, però si s'observà una disminució de les captures de lepidòpters (Alemany i Leza, 2000, 2008, 2009). Així mateix, també es va determinar que l'aplicació del *Btk* no afecta a les poblacions d'abelles de la mel (Leza et al., 2014).

En aquest treball es pretén avaluar l'impacte de l'aplicació aèria de l'insecticida sobre determinats grups taxonòmics d'insectes, els quals són considerats com a bioindicadors, ja que són organismes sensibles a certes alteracions produïdes al medi ambient. Entre ells destaquen, la **fauna edàfica** com indicadora de la qualitat del sòl, sent els col·lèmbols uns del grups més importants per el seu paper en el procés de degradació de la matèria orgànica de l'ecosistema (Ponge, 1983). Així com, l'estudi de **lepidòpters** sent un grup, també, sensible als canvis del medi (Andrade, 1998), i en aquest cas sent l'organisme diana, la processionària, un lepidòpter. Per una altra banda, l'estudi d'**himenòpters** tant pol·linitzadors com parasitoides (usats en el control biològic de plagues) com a organismes beneficiosos per a l'ecosistema (Gaona et al., 2006; Potts et al., 2010). Així mateix també són importants altres grups taxonòmics, com per exemple dípters o coleòpters, els quals han estat poc estudiats en aquest camp.

Així, **l'objectiu** del present projecte és **l'avaluació de l'impacte del tractament aeri amb *Bacillus thuringiensis* varietat *kurstaki (Btk)*, aplicat contra la processionària del pi, sobre l'entomofauna no diana dels pinars de Formentera.**

Materials i Mètodes

Zona d'estudi i disseny experimental

Per a dur a terme el present estudi, s'ha plantejat un disseny experimental tipus **Before-After Control Impact** (BACI). Així, s'avaluaran les poblacions d'insectes abans i després de l'impacte, tenint zona control.

El producte utilitzat és **Belthirul-F** de la casa comercial Probelte (presentant 17.6 milions de U.I./g; S.A.U) és un insecticida d'origen biològic que actua per ingestió, com a tòxic intestinal, i només és actiu sobre les larves de lepidòpters. A la fitxa tècnica del producte s'indica que s'han realitzat diferents estudis per avaluar la toxicitat d'aquest insecticida, classificant-se com a nociu. En aquests estudis es varen utilitzar rates i conills, els quals presentaren un DL_{50} a nivells superiors a 5000mg/kg d'insecticida, per tant el *Btk* no és tòxic per als mamífers. A més, també es va observar que no presenta toxicitat per aus, peixos, abelles i invertebrats aquàtics, excepte per algunes larves de dípters, com podrien ser els quironòmids. Cal destacar que està permès en agricultura ecològica (Reglament CE 834/2007).

Per tal d'avaluar l'impacte del tractament aeri sobre l'entomofauna no diana es va establir una xarxa de mostreig que englobà els diferents estrats ecològics de l'ecosistema. I **es varen establir 6 parcel·les: 3 a la zona control (sense tractament) i 3 localitzades a la zona tractada amb *Btk*** (Figura 3).

Figura 3.- Mapa de Formentera amb les 6 parcel·les d'estudi, on C1, C2 i C3 són les parcel·les Control i Bt1, Bt2 i Bt3 són les parcel·les tractades amb Bacillus thuringiensis *var.* kurstaki *(*Btk*).*

A cada parcel·la s'establiren 3 estacions de mostreig per aplicar sistemàtica i aleatòriament la metodologia que s'explica a continuació.

Presa de mostres per a l'estudi faunístic d'invertebrats

Els dies **27 i 28 de setembre i 4 i 5 d'octubre**, un equip del Laboratori de Zoologia es va desplaçar a Formentera, per tal de **definir la xarxa de parcel·les a on es duen a terme els mostrejos englobats en el present estudi, i realitzar la primera presa de mostres.** Aquest primer mostreig es va realitzar abans de l'aplicació de l'insecticida. Els següents mostrejos després del tractament amb *Btk* es dugueren a terme de forma sistemàtica mensualment (el mes d'agost no es va realitzar el mostreig degut a la baixa activitat dels insectes). Els mostrejos posttractament es varen realitzar els dies **16 i 17 de novembre**, **20 i 21 de desembre**, **16 i 17 de gener**, **15 i 16 de febrer**, **23 i 24 de març**, **19 i 20 d'abril**, **17 i 18 de maig**, **20 i 21 de juny**, **17 i 18 de juliol** i, finalment **5 i 6 de setembre**.

1.- Recollida de mostres de sòl i fullaraca: per estudiar la fauna de medi edàfic.

A cada un dels punts de mostreig es va retirar la fullaraca superficial del pinar, constituïda principalment per acícules. Es va prendre la mostra de fullaraca d'una superfície del sòl de 30 x 30 cm, i es va introduir a una bossa ZIP de 20x40 cm. Per una altra banda, es va seguir el mateix procediment per les mostres de sòl, recollint el sòl localitzat davall de l'àrea de fullaraca mostrejada, i es varen introduir dins una bossa ZIP de la mateixa mida (Figura 4).

Figura 4.- Recollida de mostres de sòl i fullaraca. Font: pròpia.

2.- Trampes de caiguda: fauna de la superfície del sòl.

A cada parcel·la es varen col·locar 3 trampes de caiguda. Per tal de dur a terme la col·locació de les trampes de caiguda es varen seleccionar 3 pins, a la base dels quals es col·locaren les trampes. Amb l'ajuda d'una pala i una xapeta es varen realitzar uns forats lo suficientment grans per introduir la trampa, consistent en un recipient de plàstic redó de 2 l. Per camuflar la trampa es varen col·locar branques i fullaraca per damunt (Figura 5). Les trampes de caiguda varen estar col·locades durant una setmana el mostreig pretractament i un mes durant els mostrejos post tractament, una vegada recollit el material es va deixar la trampa al mateix lloc. Tot el material d'una parcel·la de mostreig es va depositar a un pot d'anàlisi tipus duquessa.

Figura 5.- Trampa de caiguda col·locada a la parcel·la Control 1. Font: pròpia.

3.- Paraigües japonès per mostres arbustives: fauna epífita.

Per tal de mostrejar la fauna epífita es va seleccionar una planta en concret per homogeneïtzar el mostreig, en aquest cas es va seleccionar la mata (*Pistacia lentiscus*). Per realitzar el mostreig es va col·locar el paraigües japonès davall les branques i es varen copejar, els insectes varen caure dins el paraigües i posteriorment es varen recollir amb l'ajuda d'un aspirador entomològic manual (Figura 6).

Els exemplars de cada estació de mostreig es varen guardar a un pot d'anàlisi, en el qual es va afegir etanol al 70 % per conservar el insectes.

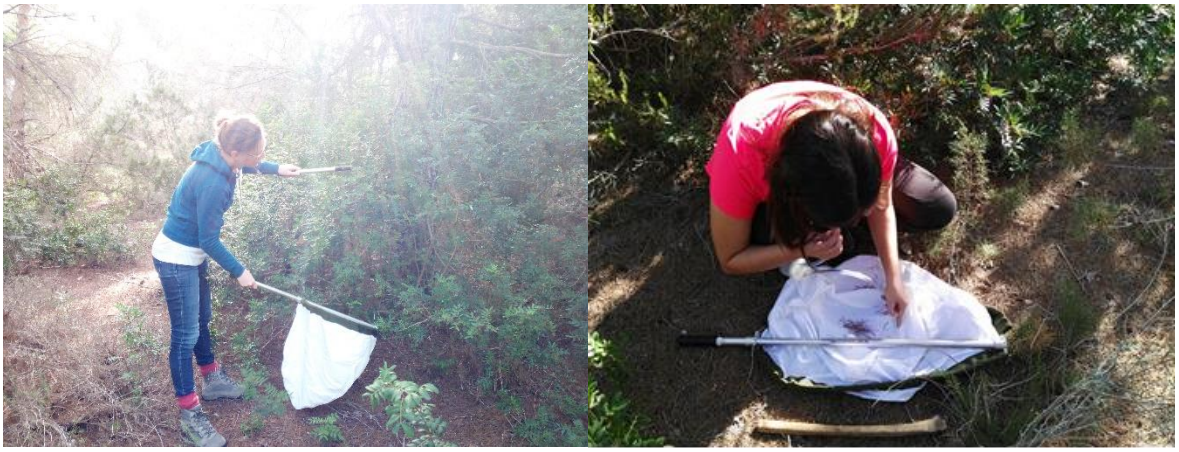

Figura 6.- Moment de la batuda de Pistacia lentiscus *(esquerra) i recollida d'exemplars sobre el paraigües japonès (dreta). Font: pròpia.*

4.- Màniga entomològica: entomofauna aèria diürna.

L'entomofauna aèria es va determinar mitjançant l'ús de la màniga entomològica (Figura 7), en aquest cas es varen realitzar 3 transsectes de 20 m a la parcel·la de mostreig. Tots els exemplars varen recollir de la màniga entomològica amb l'ajuda d'un aspirador entomològic manual (Figura 7). Els exemplars de cada parcel·la de mostreig es varen guardar a un pot d'anàlisis amb etanol al 70% per a la posterior identificació al laboratori.

Figura 7.- Mostreig de l'entomofauna aèria mitjançant l'ús de la màniga entomològica a la parcel·la Bt2*. Font: pròpia.*

5.- Trampa de llum: entomofauna aèria nocturna.

L'entomofauna aèria nocturna es va mostrejar amb una trampa de llum, que consisteix en un cub on es col·loca un fluorescent que va connectat a una bateria de 12 volts (Figura 8). Els lepidòpters nocturns es senten atrets per la llum i es queden entre els oueres que es troben dins el cub. Aquesta trampa es va col·locar quan començà a fer-se de vespre i es retirà quan va sortir el Sol. Al matí següent es varen recollir les mostres, primer de tot es varen realitzar fotografies de tot el que havia a la trampa i es va agafar un exemplar de cada espècie. Els exemplar es varen guardar a pots d'anàlisi tipus duquessa.

Figura 8.- Trampa de llum col·locada a la parcel·la Bt3*. Font: pròpia.*

6.- Observació directa sobre les flors: pol·linitzadors.

Amb l'objectiu d'observar la presència i activitat dels pol·linitzadors es varen seleccionar tres arbusts en flor per cada parcel·la de mostreig, en aquest cas només es va trobar el romaní (*Rosmarinus officinalis*) en flor, encara que s'ha de destacar que no tenien moltes flors. A cada planta es va fer una observació de 5 minuts, anotant tots els insectes que visitessin les flors. Els exemplars que no es poden identificar es poden recollir o bé fotografiar per una posterior identificació al laboratori (Figura 9).

Figura 9.- Recollida de mostres de pol·linitzadors a un arbust de Rosmarinus officinalis. *Font: pròpia.*

Durant els mesos de major activitat de pol·linitzadors (Març a Maig) es va decidir col·locar una **trampa de caiguda per pol·linitzadors** (Figura 10). Es va col·locar una trampa a la parcel·la Bt3 i una altra a la C1. La trampa consisteix en tres plats fondos de plàstic amb aigua i sabó (com a mètode de retenció). Cada una de les trampes es va col·locar durant 24 hores, i després es varen recollir les mostres dins un pot d'anàlisi per a la posterior determinació dels exemplars.

Figura 10.- Trampa de caiguda per pol·linitzadors. Font: pròpia

Conservació, processament i anàlisi de mostres al laboratori

Una vegada **al laboratori** les mostres de la trampa de llum i els pol·linitzadors es **varen conservar al congelador**. La resta de mostrejos es varen conservar en **etanol al 70%** per a la posterior classificació dels exemplars.

Les mostres de sòl i fullaraca es varen col·locar a un **embut Berlese**, en total es varen col·locar 12 embuts per cada mostreig (6 amb mostres de fullaraca i 6 amb mostres de sòl). L'embut Berlesse consisteix en un embut amb un colador on es deposita el sòl o la fullaraca. Per una altra banda, es col·loca una làmpada que dóna calor, així, per gradient de temperatura i humitat, els insectes es desplacen a la part inferior de l'embut i cauen a un pot d'anàlisi que conté etanol al 70%. Aquest procés es va dur a terme durant 60 hores, i els pots amb els insectes es guardaren per a la posterior observació (Figura 11). De cada mostra processada es va analitzar una fracció, per tal de poder referenciar el **nombre d'individus a 100 grams de mostra**.

Totes les mostres s'observaren a la **lupa** i amb les **claus de determinació** es varen classificar tots els exemplars recollits a Formentera. Per a cada tipus de mostreig va arribar a un nivell de concreció taxonòmic diferent. En el cas dels lepidòpters nocturns es varen determinar a nivell de famílies. De tots els altres mostrejos es varen classificar a nivell d'ordre o espècie.

Figura 11.- Col·locació dels embuts Berlesse per a les mostres de sòl i fullaraca (esquerra) i observació i determinació dels exemplars al laboratori de Zoologia (dreta).

Anàlisi de dades

Per tal d'analitzar les dades obtingudes durant l'estudi es varen agrupar els mostrejos per estacions de l'any: **Pretractament tardor** (octubre), **Posttractament tardor** (novembre i desembre), **Posttractament hivern** (gener, febrer i març), **Posttractament primavera** (abril, maig i juny) i finalment **Posttractament estiu** (juliol i setembre), realitzant així un any de mostreig dividit en 5 grups. Per l'anàlisi i discussió de dades dels resultats obtinguts, es va realitzar una proporció amb el nombre de mostres de cada mostreig estacional, per tal de poder realitzar una comparativa entre ells.

Totes les dades varen ser analitzades amb el programa estadístic **Rstudio** (versió 3.4.2). Per una banda, es varen determinar les diferències entre el nombre d'individus entre la zona tractada (a partir d'ara *Bt)* i control, utilitzant test estadístics com la **T Student o Wilcoxon**, depenent si les mostres presentaven homogeneïtat de variàncies o distribució normal, realitzant el **test de Barlett** i de **Shapiro-Wilk**, respectivament. Es consideren diferències estadísticament significatives valor de *p* igual o inferior a 0.05.

A més, es varen calcular dos índexs de biodiversitat: índex de Shannon-Wiener i d'uniformitat de Simpson. L'**índex de Shannon-Wiener** mesura la biodiversitat d'espècies o grups d'una zona; així com major sigui aquest valor més diversitat biològica es pot observar a la zona. L' **índex d'uniformitat de Simpson** (valors de 0 a 1) calcula la probabilitat de que dos individus capturats a l'atzar siguin de la mateixa espècie o grup, per tant com major sigui el valor de l´índex menys biodiversitat hi ha a la zona d'estudi.

Resultats i Discussió

A continuació es mostren els resultats obtinguts del processament d'un total de **1.043 mostres.**

Referent a l'anàlisi quantitatiu general, a la Taula 1 es mostra el nombre total d'individus capturats durant els mostrejos pretractament i els posteriors mostrejos posttractament, completant l'any de mostreig. Cal destacar que els resultats de l'observació de pol·linitzadors no s'inclouen a la Taula 1, ja que no es pot realitzar una comparativa entre els mesos. A la Taula 1 estan representats 6.274 individus. És important destacar que el 90% dels individus comptats pertanyen a fauna edàfica i al grup de lepidòpters. Incloent els pol·linitzadors s'han recomptat un total de **6.380 individus**. El valor més elevat de captures fou 826 individus a les mostres de fullaraca durant l'hivern, per un total de 9 mostrejos, i el valor més petit va ser a les mostres de caiguda durant el pretractament i el posttractament d'estiu, on no es va capturar cap individu. Als següents apartats s'analitzaran els resultats cas per cas.

*Taula 1.- Nombre d'individus totals capturats durant l'estudi, per a cada metodologia utilitzada a la zona tractada (*Bt*) i a les control. El nombre d'individus es separa pel mostreig pretractament durant la tardor i els posteriors mostrejos posttractament que es varen agrupar per estacions: posttract. tardor (novembre i desembre), posttract. hivern (gener, febrer i març), posttract. primavera (abril, maig i juny) i posttract. estiu (juliol i setembre). El valor entre parèntesis indica el nombre de mostres observades per cada estació de l'any.*

		Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
Mostres de sòl: Fauna edàfica	*Bt*	78 (9)	82 (18)	103 (27)	83 (27)	35 (18)
	Control	120 (9)	60 (18)	117 (27)	105 (27)	43 (18)
Mostres de fullaraca: Fauna edàfica	*Bt*	55 (9)	561 (18)	826 (27)	118 (27)	183 (18)
	Control	46 (9)	201 (18)	321 (27)	280 (27)	72 (18)
Trampes de caiguda: Fauna epiedàfica	*Bt*	0 (9)	11 (18)	6 (27)	1 (27)	0 (18)
	Control	64 (9)	52 (18)	1 (27)	2 (27)	0 (18)
Paraïgues japonés: Fauna epífita	*Bt*	30 (9)	16 (18)	31 (27)	62 (27)	20 (18)
	Control	27(9)	23 (18)	26 (27)	93 (27)	41 (18)
Mànigа entomològica: Fauna aèria diürna	*Bt*	6 (9)	7 (18)	24 (27)	29 (27)	3 (18)
	Control	6 (9)	11 (18)	6 (27)	33 (27)	8 (18)
Trampes de llum: Lepidòpters nocturns	*Bt*	72 (3)	47 (6)	73 (6)	354 (9)	296 (3)
	Control	73 (3)	64 (6)	171 (6)	759 (8)	237 (3)

Referent a l'anàlisi qualitatiu general es varen calcular els índexs de Shannon-Wiener i de Simpson per a cada zona (*Bt* i Control). Al mostreig pretractament les dues zones estudiades presenten exactament el mateix valor per als dos índexs (Taula 2), la qual cosa indica que la diversitat de la zona *Bt* i control era la mateixa, i per tant, es pot establir que les dues zones són comparables en termes de biodiversitat. Referent als valors de l'índex de Shannon-Wiener, els mostrejos posttractament són molt similars entre ells, sent el posttractament tardor el què presenta major diferència, possiblement com a conseqüència de l'aplicació del *Btk* realitzat 5 setmanes abans. Tot i així, els següents mostrejos posttractament presenten valors molt similars entre les dues zones, amb diferències menors a 0.25. Per una altra banda, els valors obtinguts amb l'índex de Simpson són molt similars en tots mostrejos, la diferència entre les zones *Bt* i control en cap cas supera el 0.03. En els següents apartats es calculen els índexs de diversitat cas per cas.

*Taula 2.- Índex de biodiversitat de Shannon-Wiener i Simpson per la zona tractada (*Bt*) i control. Els resultats s'han separat per el mostreig pretractament durant la tardor i els posteriors mostrejos posttractament que es varen agrupar per estacions: posttract. tardor (novembre i desembre), posttract. hivern (gener, febrer i març), posttract. primavera (abril, maig i juny) i posttract. estiu (juliol i setembre).*

	Índex	**Pretract. tardor**	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
Bt	Shannon-Wiener	2.65	2.17	2.49	2.64	2.60
	Simpson	0.89	0.84	0.88	0.88	0.90
Control	Shannon-Wiener	2.65	2.50	2.33	2.82	2.54
	Simpson	0.89	0.87	0.85	0.91	0.88

A continuació es desglossen els resultats obtinguts per a cada tipus de mostreig.

1. Mostres de sòl: Fauna edàfica

Els invertebrats que viuen al sòl són uns grans bioindicadors de l'ecosistema, ja que presenten una gran sensibilitat enfront a les pertorbacions o canvis de l'ecosistema (Ponge, 1983; Lehmann et al., 2011; Kuznetsova i Saraeva, 2018), sent aquesta fauna molt rica i diversa. Al present estudi els exemplars han estat classificats al nivell taxonòmic d'ordre.

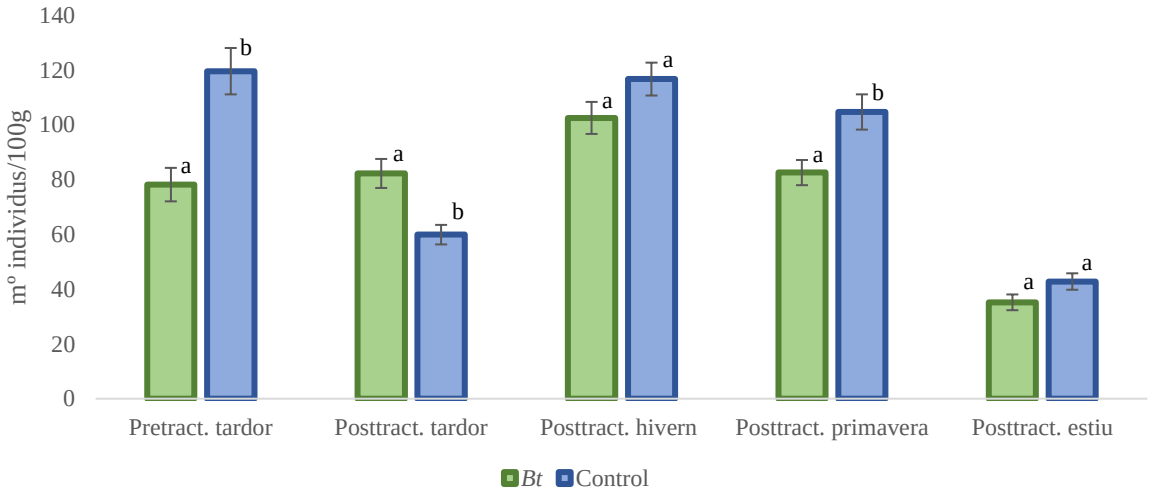

*Figura 12.- Mitja i error estàndard de les captures d' invertebrats del sòl, classificats durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a les dues zones d'estudi, la zona tractada (*Bt*) i la control. Les distintes lletres representen diferències estadísticament significatives entre la zona* Bt *i control durant cada mostreig estacional.*

En relació a l'anàlisi quantitatiu, es pot observar a la Figura 12 la mitja del nombre d'individus obtinguts per cada 100g de sòl. L'evolució poblacional a les dues zones és molt similar. Tot i que, durant el mostreig pretractament s'observen diferències estadísticament significatives (p = 0.025) entre el nombre d'individus a les dues zones d'estudi, després de l'aplicació del *Btk* s'observa una disminució del 50% del nombre de captures a la zona control, i en canvi, a la zona *Bt*, es mantenen uns valors de captura molt similars als inicials, augmentant un 5% el nombre de captures. A partir de l'hivern, el nombre d'individus és molt similar entre les dues zones, excepte a la primavera que les captures del control són estadísticament superiors (p=0.04) en relació a la zona *Bt*. Durant l'estiu, la darrera estació de l'any mostrejada, es tornen a igualar el nombre de captures. Així, el nombre de captures de la zona *Bt* ha disminuït un 54.9%

en relació al mostreig inicial pretractament, a diferència de la zona control que la disminució ha estat superior, d'un 64.2%.

Respecte a l'anàlisi qualitatiu, els índex de Shannon-Wiener i de Simpson (Taula 3) indiquen que diversitat de la fauna del sòl és molt semblant durant tots els mostrejos i, a més, a les dues zones d'estudi. Per l'índex de Shannon-Wiener, la diferència entre les dues zones en cap cas supera els 0.12. El mateix patró s'observa amb els valors de l'índex de Simpson, on la diferència entre les zones *Bt* i control no supera els 0.03.

Els resultats, tant quantitatius com qualitatius, indiquen que **no hi ha diferències estadísticament significatives en el nombre d'individus i la diversitat de la fauna edàfica al final de l'estudi entre la zona control i la zona tractada amb *Btk*.**

A la Figura 13 es representen els diferents ordres observats a les mostres de fauna edàfica. A les dues zones d'estudi i en tots els mesos mostrejats, s'observen tres grups predominants, **col·lèmbols** (Figura 14a), **àcars oribàtids** (Figura 14b) i **altres grups d'àcars** (Figura 14c), sent els tres els artròpodes més abundants del sòl. Els col·lèmbols, àcars, oribàtids, i proturs/diplurs són els grups predominants al mostreig pretractament a ambdues zones d'estudi. Durant el pretractament els àcars són l'ordre més nombrós tant a la zona *Bt* com a la control, representant un 40% de les captures a cada zona d'estudi. A partir del primer mostreig posttractament (tardor) el grup més abundant va ser els col·lèmbols i varen ser el més nombrosos durant la resta de l'estudi.

*Taula 3.- Índex de biodiversitat de Shannon-Wiener i de Simpson per la zona tractada (*Bt*) i control, per a cada tipus de mostreig incloent mostres de sòl i fullaraca, paraigües japonès, màniga entomològica i trampes de llum. Els mostrejos s'han agrupat per estacions de l'any.*

		Índex de biodiversitat	**Pretract. tardor**	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
Mostres de sòl: Fauna edàfica	*Bt*	Shannon-Wiener	1.47	1.43	1.50	1.39	1.42
		Simpson	0.72	0.70	0.73	0.70	0.69
	Control	Shannon-Wiener	1.58	1.55	1.40	1.50	1.39
		Simpson	0.74	0.73	0.71	0.70	0.67
Mostres de fullaraca: Fauna edàfica	*Bt*	Shannon-Wiener	1.47	1.06	1.61	1.50	0.86
		Simpson	0.72	0.59	0.73	0.71	0.52
	Control	Shannon-Wiener	1.68	1.05	1.66	1.30	1.01
		Simpson	0.76	0.53	0.76	0.65	0.58
Paraigües japonés: Fauna epífita	*Bt*	Shannon-Wiener	1.58	1.39	1.21	1.30	1.62
		Simpson	0.76	0.69	0.64	0.69	0.75
	Control	Shannon-Wiener	0.96	1.54	1.03	1.31	1.45
		Simpson	0.51	0.72	0.56	0.65	0.69
Màniga entomològica: Fauna aèria diürna	*Bt*	Shannon-Wiener	1.33	1.15	1.22	1.78	0.63
		Simpson	0.72	0.61	0.67	0.81	0.44
	Control	Shannon-Wiener	1.33	1.24	0.69	1.47	1.56
		Simpson	0.72	0.68	0.50	0.76	0.78
Trampes de llum: Lepidòpters nocturns	*Bt*	Shannon-Wiener	1.80	1.51	1.06	1.94	1.23
		Simpson	0.80	0.73	0.53	0.83	0.58
	Control	Shannon-Wiener	1.55	1.35	1.40	1.79	1.72
		Simpson	0.73	0.68	0.71	0.79	0.76

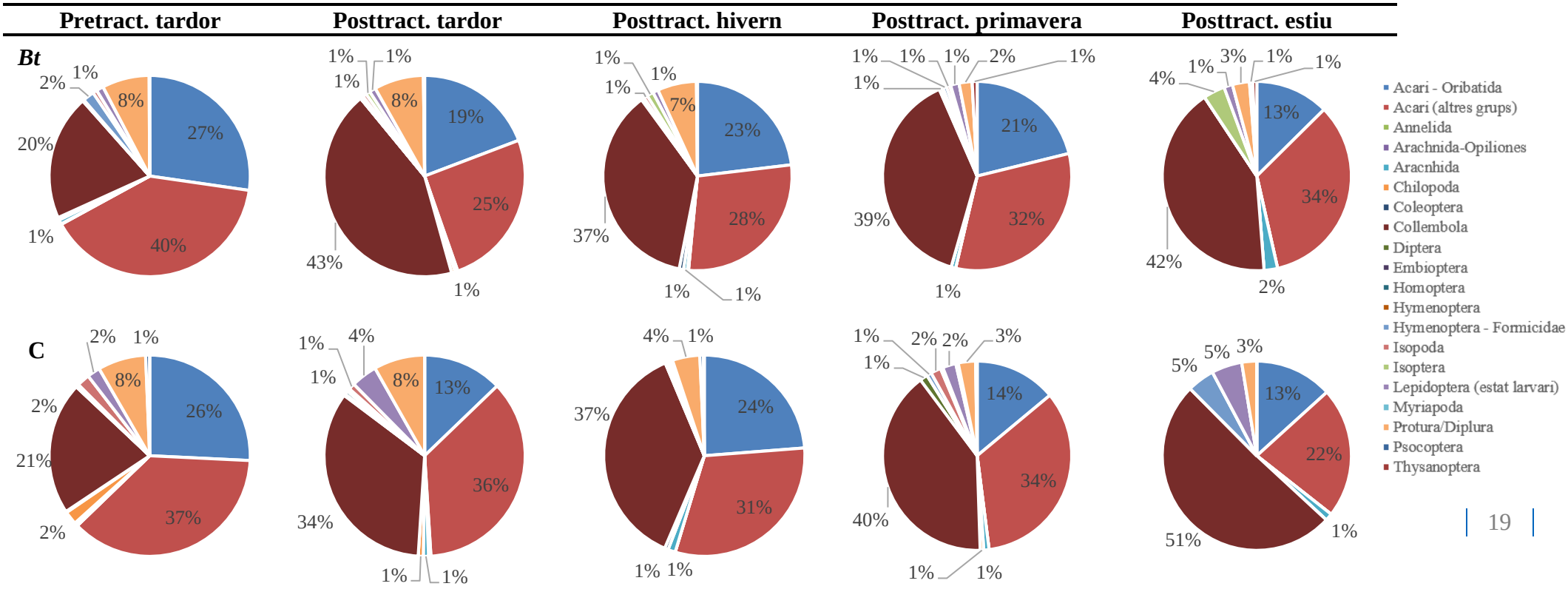

*Figura 13.- Percentatge dels grups taxonòmics observats a les mostres de sòl durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a la zona tractada (*Bt*) i control.*

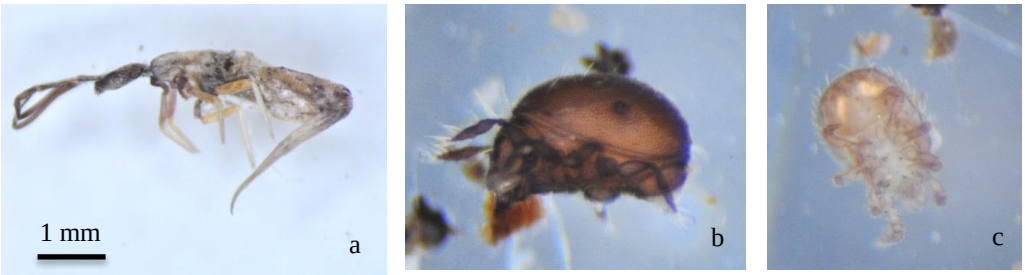

Figura 14.- Exemplars dels principals grups taxonòmics observats a la fauna edàfica: col·lèmbols (a), àcars oribàtids (b) i altres grups d'àcars (c).

A la Figura 15 s'observen les corbes de vol dels tres ordres predominants, les quals presenten un augment poblacional durant els mesos d'hivern i primavera i a l'estiu disminueixen, seguint gairebé el mateix patró, encara que a la zona control es varen observar més individus en els tres grups esmentats.

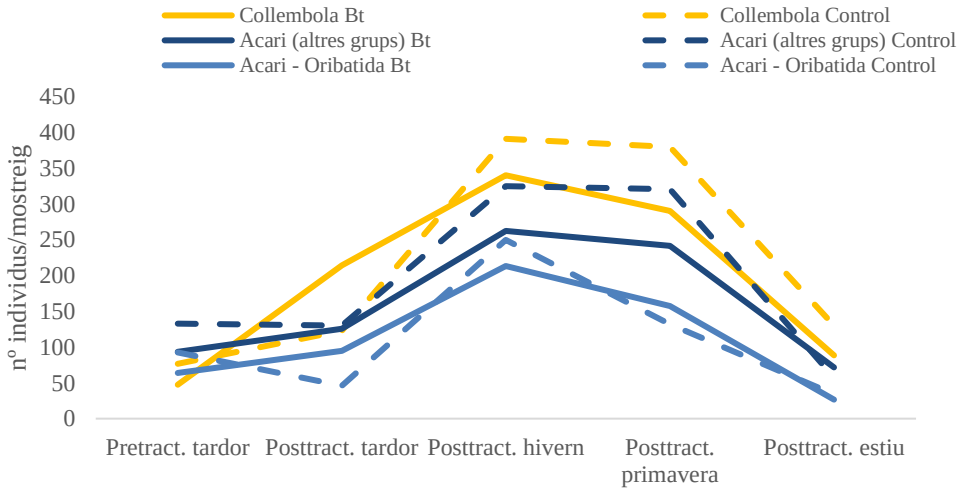

Figura 15.- Corbes poblacionals dels grups predominants a les mostres sòl agrupades per estacions de l'any, a la zona Bt *i control.*

En el cas dels col·lèmbols, es pot observar que el nombre de captures al final de l'estudi (Posttract. estiu) es duplica en relació al mostreig pretractament a les dues zones estudiades. Les captures dels àcars disminueixen un 63.1% a la zona control i un 22.6% a la zona *Bt* durant el posttract. estiu en relació al pretractament. Finalment, els àcars oribàtids disminueixen al voltant d'un 60% el nombre d'individus al mostreig d'estiu en comparació al pretractament.

Per tant, les poblacions de col·lèmbols i àcars no han presentat canvis per l'aplicació del *Btk*. Aquests resultats concorden amb un estudi realitzat a Alemanya (Beck et al., 2004) al qual no es va observar cap efecte negatiu sobre els invertebrats del sòl després de l'aplicació de *Btk*, per controlar una altra plaga de lepidòpters, en aquest cas *Lymantria dispar*. Així mateix, a l'illa de Menorca, també es va realitzar un estudi per tal de controlar aquesta plaga (Alemany i Leza, 2008), utilitzant *Btk* i el diflubenzuron (insecticida que actua sobre la producció de quitina i impedeix l'eclosió i la muda) . Els resultats d'aquest estudi indiquen que l'aplicació no causa cap efecte negatiu a ni als col·lèmbols, ni als àcars, que eren els grups predominants, igual que al present estudi. Finalment, a dos estudis realitzats a Mallorca (Alemany i Leza, 2000, 2009), es varen utilitzar diferents insecticides per controlar la processionària del pi, com per exemple diflubenzuron, hexaflumuron i *Btk*, indiquen que els tractaments, tampoc no afecten a les poblacions de la fauna edàfica.

2. Mostres de fullaraca: Fauna edàfica

Els invertebrats que viuen al sòl són considerats grans bioindicadors, per tant és de gran interès l'estudi de la fauna edàfica a diferents profunditats. En aquest apartat s'estudien els artròpodes que viuen a la fullaraca, en aquest cas predominen les acícules del pins. Com a l'apartat anterior, els individus han estat classificats fins el nivell d'ordre.

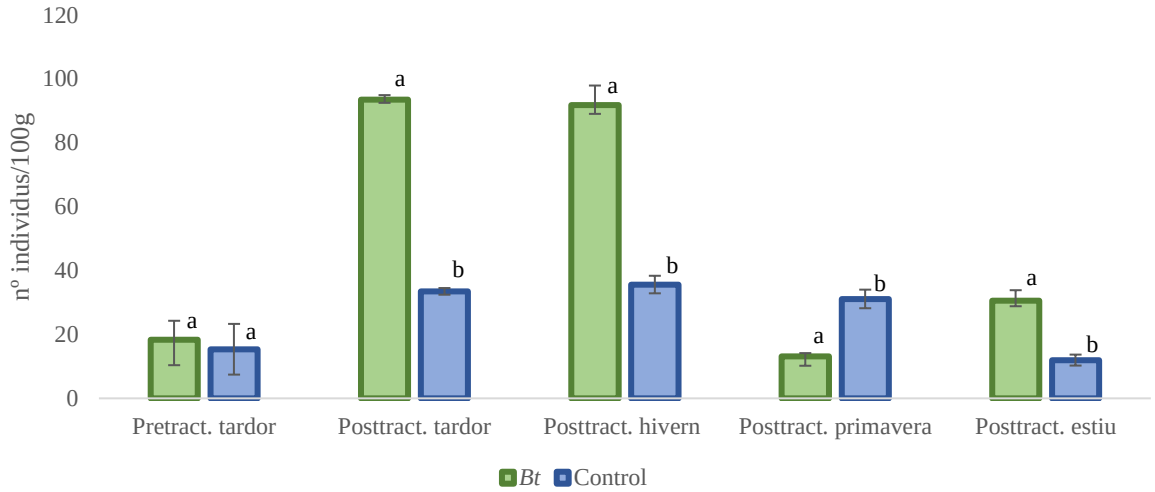

*Figura 16.- Mitja i error estàndard del nombre d'individus observats a la fauna edàfica present a la fullaraca durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a les dues zones d'estudi, la zona tractada (*Bt*) i la control. Les distintes lletres representen diferències estadísticament significatives entre les zones* Bt *i control durant cada mostreig estacional.*

Referent a l'anàlisi quantitatiu, a la Figura 16 es representa el nombre d'individus per cada 100g de fullaraca comparant les dues zones, *Bt* i control. L'evolució temporal de les dues zones és similar, excepte a la primavera on a la zona *Bt* disminueixen les captures i a la zona control es mantenen. Durant el mostreig pretractament, el nombre d'individus no presenta diferències estadísticament significatives (p=0.93) entre la zona tractada i la control. En canvi, durant els mostrejos posttractament tardor i hivern si que s'observen diferències significatives entre les zones, p= 0.003 i 0.012, respectivament. A la zona *Bt* durant els mostrejos posttractament tardor i hivern s'han observat un 400% més d'individus respecte al pretractament. A la zona control, s'observaren el doble d'individus respecte al pretractament als dos primers mostrejos posttractament. Als dos darrers mostrejos, les captures varen ser inferiors als mostrejos anteriors (posttract. tardor i hivern).

Respecte a l'anàlisi qualitatiu, durant el mostreig pretractament (Taula 3), la diferència entre els valors de l'índex de Shanon-Wiener de les zones *Bt* i control és de 0.21, sent més elevat a la zona control. Els valors de l'índex de Simpson són molt similars, la diferència és de 0.04. Per tant, la diversitat inicial de les dues zones d'estudi és molt semblant. Després de l'aplicació del *Btk*, els valors de l'índex de Shanon-Wiener són molt semblants, en cap del mostrejos posttractament la diferència entre les dues zones supera els 0.15. Respecte a l'índex de Simpson, els valors també són molt similars per als mostrejos posttractament, la diferència més elevada entre les dues zones és de 0.06.

Els resultats obtinguts de les anàlisis quantitatius i qualitatius indiquen que **no es determina cap impacte sobre el nombre d'individus i de la diversitat de la fauna edàfica després de l'aplicació del *Btk*.**

Durant tot l'estudi s'han observat dos ordres que predominen a tots els mostrejos, tant a la zona *Bt* com a la zona control, i són els **col·lèmbols** i els **àcars** (Figura 17).

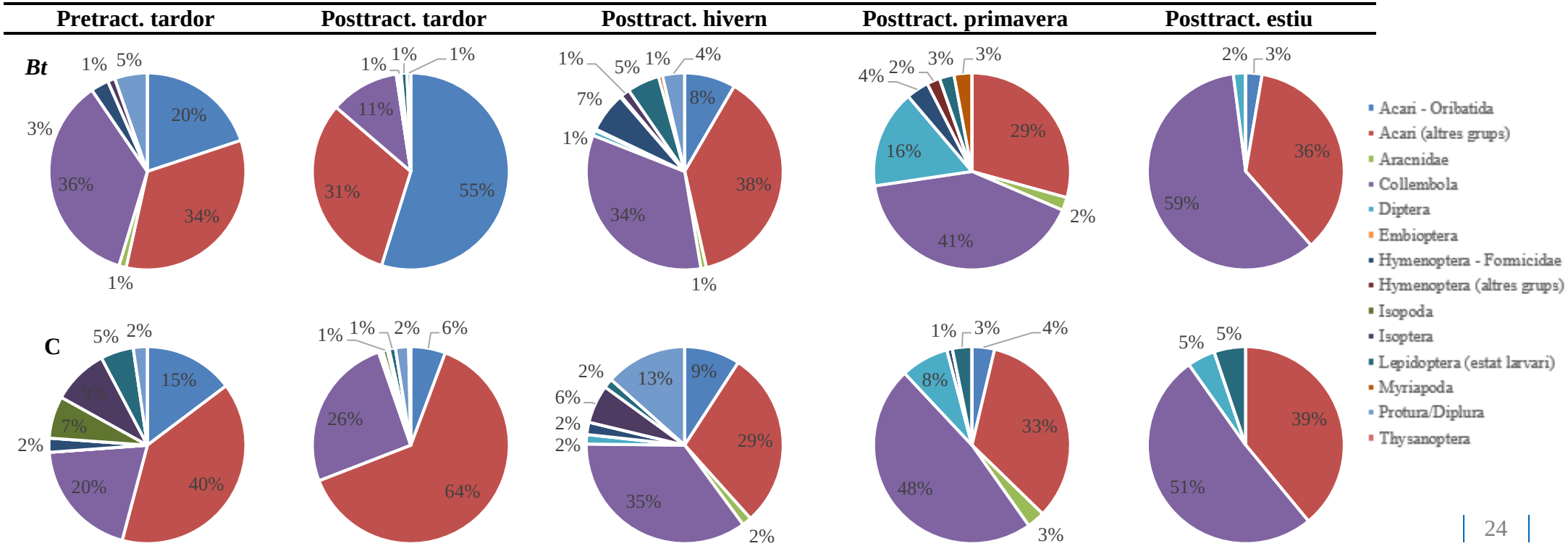

*Figura 17.- Percentatge dels grups taxonòmics observats a les mostres de fullaraca durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a la zona tractada (*Bt*) i control.*

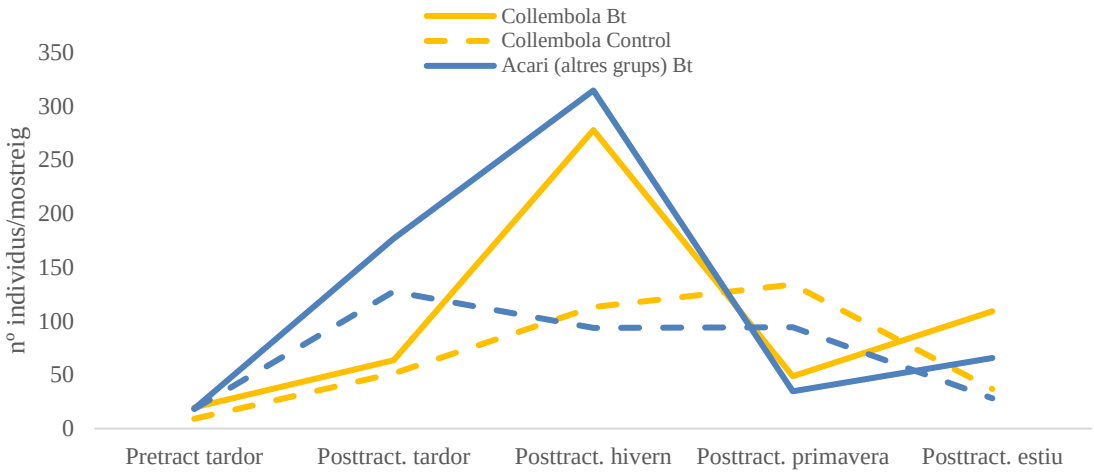

Figura 18.- Corbes poblacionals dels grups predominants a les mostres de fullaraca agrupades per estacions de l'any, a la zona Bt *i control.*

Per tal d'analitzar les corbes poblacionals d'aquests dos ordres, a la figura 18 s'observa com els àcars i els col·lèmbols de la zona *Bt* augmenten després de l'aplicació de l'insecticida, arribant a valors superiors a 275 individus, a diferència de la zona control, on no es superen els 100 individus per mostreig. Una hipòtesi podria ser que el *Btk* afecti als depredadors dels col·lèmbols, com poden ser les aranyes o els coleòpters (Rusek, 1998). I per tant, durant aquests mesos, els àcars i els col·lèmbols no tenen depredadors i les seves poblacions augmenten, encara que a la primavera les poblacions d'aquests tornen a disminuir, probablement perquè és l'època de més activitat de l'entomofauna i hi ha més competència pels recursos alimentaris i, alhora, augmenta la presencia de possibles depredadors. A l'apartat de fauna epífita s'analitza la població d'aranyes, i precisament, es veu una disminució del nombre de captures d'aquest grup durant la tardor.

3. Trampes de caiguda: Fauna epiedàfica

Les trampes de caiguda són utilitzades per capturar els insectes que caminen per la superfície del sòl. Com s'observa a la Figura 19, durant el mostreig pretractament a la zona *Bt* no es va recollir cap individu. A més, el nombre de captures dels altres mostrejos han estat molt baixos, en cap d'ells es varen observar més de 4 individus per mostreig, excepte a la zona control durant el mostreig pretractament que es varen observar 20 ind/mostreig. Cal destacar, que durant el mostreig d'estiu no es va capturar cap individu a les dues zones d'estudi. Per tot això**, aquesta metodologia no permet avaluar l'impacte de l'insecticida sobre aquest tipus de fauna**. En futurs estudis, la metodologia es podria replantejar convertint aquesta trampa passiva en una trampa activa afegint una esca (com per exemple un atraient alimentari).

Els individus de les mostres de les trampes de caiguda es varen classificar a nivell taxonòmic però no es va realitzar cap anàlisi estadístic ni es varen calcular els índexs de diversitat, degut a la manca de captures durant tot el mostreig. Tot i així, es descriuen els resultats obtinguts.

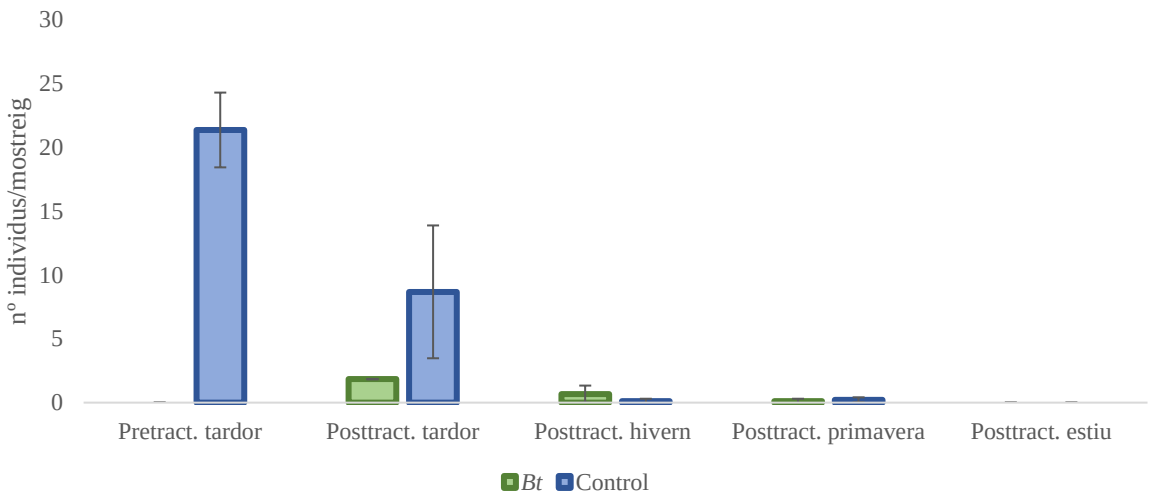

*Figura 19.- Mitja i error estàndard de nombre d'individus de la fauna epiedàfica recollida durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a les dues zones d'estudi, la zona tractada (*Bt*) i la control. Les distintes lletres representen diferències estadísticament significatives entre la zona* Bt *i control durant cada mostreig estacional.*

A la zona *Bt* (Figura 20), les espècies predominants són les aranyes, els isòpodes i els coleòpters. Al mostreig posttractament tardor si que es veu una major diversitat però els grups principals són coleòpters i aranyes. Al mostreig de l'hivern, únicament s'observen aranyes i coleòpters. Durant la primavera, només es va observar un únic isòpode.

A la zona control (Figura 20), durant el mostreig pretractament es varen observar larves de lepidòpters, sent un 34% del total de processionària. Durant el mostreig de post tractament tardor aquest valor va disminuir, es varen observar un 3% de larves de processionària. En aquest mateix mostreig, la diversitat de grups observats és major. En canvi, durant l'hivern, únicament es va capturar un individu, una aranya. Posteriorment, a primavera es varen observar dos individus, un miriàpode i una aranya.

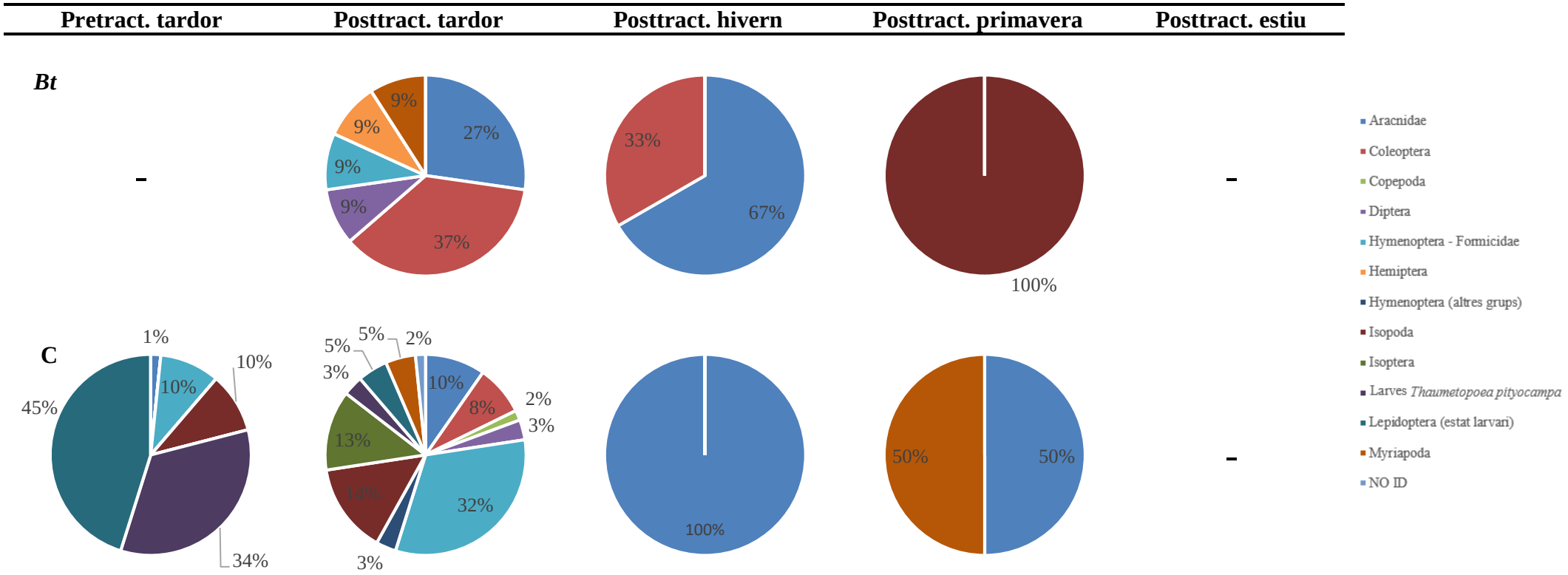

*Figura 20.- Percentatges dels diferents grups taxonòmics de la fauna epiedàfica observats a les trampes de caiguda durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a la zona tractada (*Bt*) i control. Els guions representen els mostrejos en els quals no es varen observar cap individu.*

4. Paraigües japonès: Fauna epífita

La fauna epífita és aquella que viu damunt una planta, en aquest cas sempre s'ha mostrejat sobre una mata (*Pistacia lentiscus*). Els individus recol·lectats mitjançant aquesta tècnica es varen classificar a nivell d'ordre.

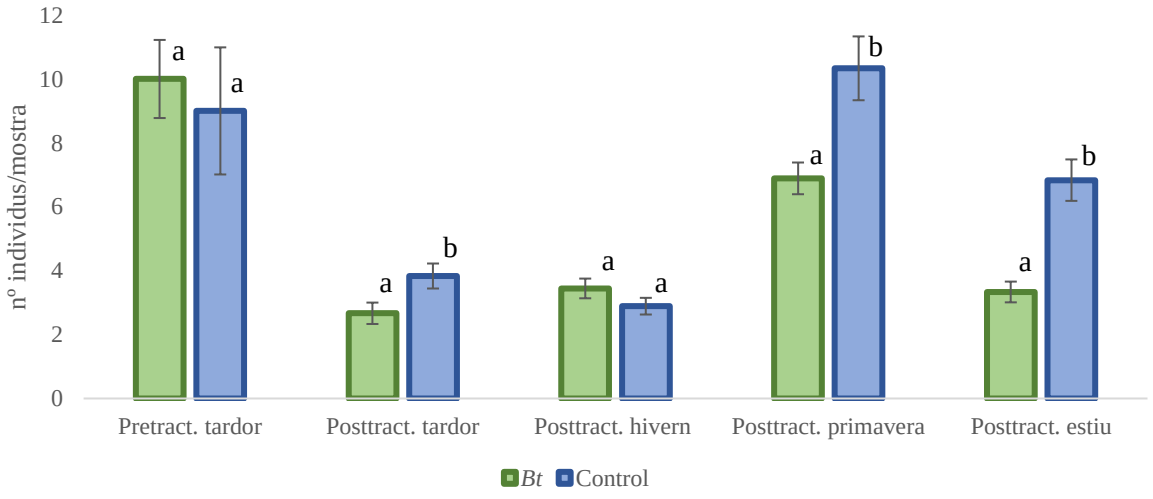

*Figura 21.- Mitja i error estàndard de les captures de la fauna epífita recollides durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a les dues zones d'estudi, la zona tractada (*Bt*) i la control. Les distintes lletres representen diferències estadísticament significatives entre les zones* Bt *i control durant cada mostreig estacional.*

Referent a l'anàlisi quantitatiu, a la Figura 21 es representa l'evolució temporal de les dues zones és molt semblant, s'observa una disminució del nombre d'individus durant la tardor i l'hivern, un posterior augment durant la primavera i durant l'estiu tornen a disminuir. El nombre d'individus capturats (Figura 21) durant el mostreig pretractament no presenta diferències estadísticament significatives (p=0.89) entre les dues zones d'estudi. Després de l'aplicació del *Btk* s'observa una disminució del nombre de captures en relació al pretractament, a la zona *Bt* es varen capturar un 73.3% menys d'individus i a la zona control un 57.4%. Les captures del control són estadísticament (p=0.003) més elevades que les de la zona *Bt*. Durant l'hivern, el nombre d'individus és semblant a les dues zones sense presentar diferències significatives (p=0.71) i s'aprecien valors molt similars als mostreig posttractament tardor. A la primavera s'observa un augment de les captures a les ambdues zones en relació al mostreig anterior, observant valors molt similars als del pretractament, encara que el nombre d'individus a la zona control és

estadísticament superior a la zona *Bt* ($p<0.001$). Finalment, les captures de l'estiu són una mica inferiors a les anteriors, en aquest cas també són superiors les de la zona control ($p=0.02$). A la Figura 21 s'observa com després del tractament hi ha una disminució de les captures tant a la zona tractada com a la control, i fins a la primavera no tornen a augmentar. Aquesta disminució poblacional general probablement és deguda a la disminució de les temperatures durant la tardor i l'hivern. A més, durant la primavera i l'estiu les captures de la zona *Bt* són inferiors a les de la zona control. El nombre d'individus al final del mostreig respecte a l'inici (pretractament) disminueix a les dues zones.

Referent l'anàlisi qualitatiu, la diversitat observada a les mostres (Taula 3), durant el pretractament l'índex de Shannon-Wiener és més elevat a la zona *Bt*, presentant una diferència de 0.62 amb la zona control, sent un valor bastant considerable. En el cas de l'índex de Simpson també s'observa un valor més elevat a la zona *Bt*, sent la diferència de 0.25. Durant els mostrejos posttractament els índex de diversitat de Shannon-Wiener són molt semblants a les dues zones, la major diferència entre zones és de 0.18 al mostreig posttractament hivern. Per una altra banda, l'índex de Simpson també presenta valors molt similars a les dues zones, sent la major diferència entre zones de 0.06 al mostreig posttractament estiu.

Tenint en compte que **el nombre de captures és molt baix, no es pot determinar l'impacte després de l'aplicació del *Btk* sobre la diversitat i el nombre d'individus de la fauna epífita.**

En relació als ordres predominants capturats amb el paraigües japonès (Figura 22), destaquen les **aranyes**, els **coleòpters**, les **formigues** i **les larves de lepidòpters**, aquestes darrers són de gran interès degut a que l'organisme diana del tractament, *Thaumetopoea pityocampa*, és un lepidòpter.

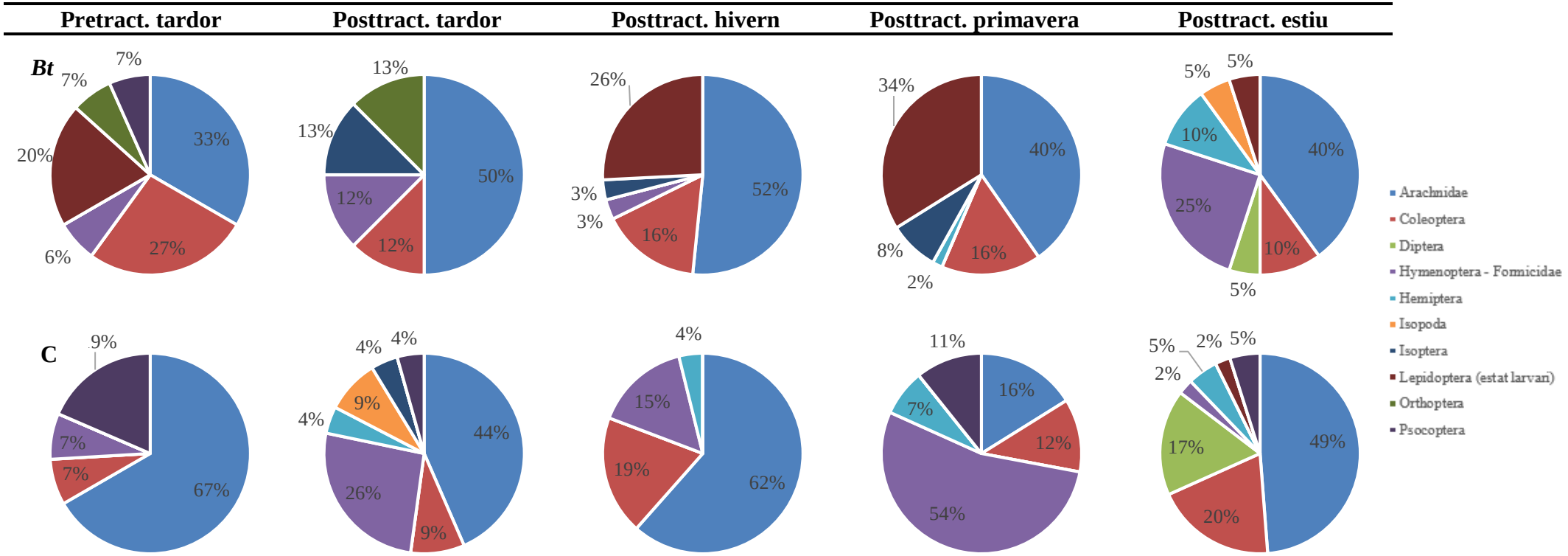

*Figura 22.- Percentatges dels diferents grups taxonòmics de la fauna epífita capturats amb el paraigües japonès durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a la zona tractada (*Bt*) i control.*

A la figura 23 es representen les corbes de vol dels grups més abundants i característics de la fauna epífita, les formigues no s'han inclòs ja que no formen part de la fauna epífita i la seva presència a la planta pot ser de forma oportunista, per exemple per cercar aliment. Després de l'aplicació del *Btk*, s'observa una disminució del nombre d'individus a les dues zones i fins a la primavera no s'observa un increment de captures. Durant la primavera, les aranyes varen presentar un nombre més elevat d'individus a la zona *Bt* que a la control. Diferents estudis a nivell local (Alemany i Leza, 2000, 2008) seguint la mateixa metodologia varen capturar principalment aranyes a totes les parcel·les d'estudi sense presentar diferències estadísticament significatives entre les zones tractades amb insecticida i les zones control, per la qual cosa no es va determinar cap impacte. Degut a la importància d'aquest grup s'haurien de realitzar més estudis per tenir conèixer la dinàmica poblacional de les aranyes a Formentera. Per una altra banda, els coleòpters i les larves de lepidòpters segueixen un patró molt similar a les dues zones d'estudi, no mostrant diferències degudes a l'aplicació de l'insecticida.

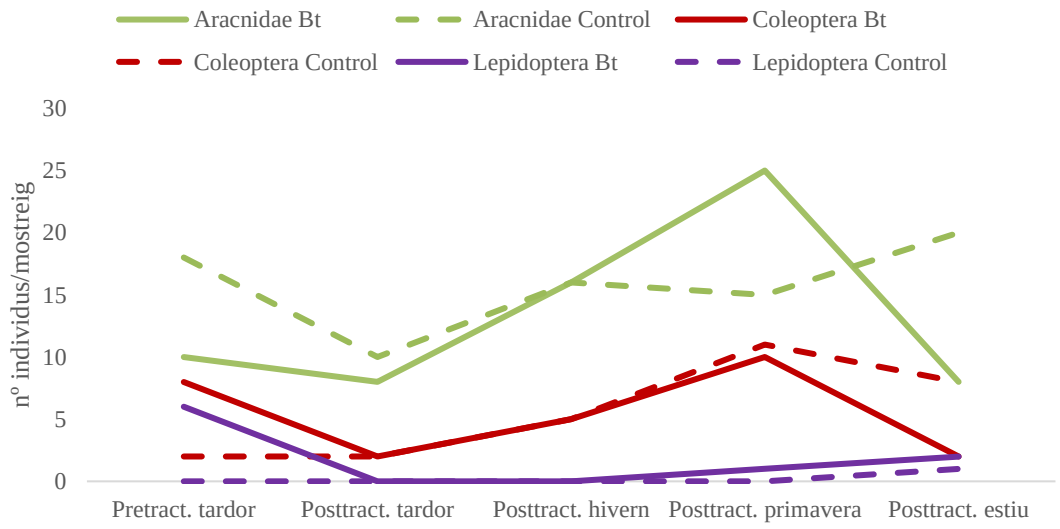

Figura 23-. Corbes poblacionals dels grups predominants a les mostres de fauna epífita, agrupades per estacions de l'any, a la zona Bt *i control.*

5. Màniga entomològica: Fauna aèria diürna

L'entomofauna aèria va ser capturada amb la màniga entomològica i, s'ha de destacar que el nombre de captures és molt baix (Taula 1).

Referent a l'anàlisi quantitatiu, l'evolució temporal del nombre de captures a les dues zones d'estudi és diferent. A la zona *Bt* s'observa una disminució del nombre de captures durant la tardor. A l'hivern i la primavera els valors augmenten i finalment a l'estiu tornen a disminuir. En canvi, a la zona control, al pretractament i al posttractament tardor s'observen valors similars de captures, durant l'hivern s'observa un descens i després a la primavera augmenten i finalment a l'estiu tornen a disminuir.

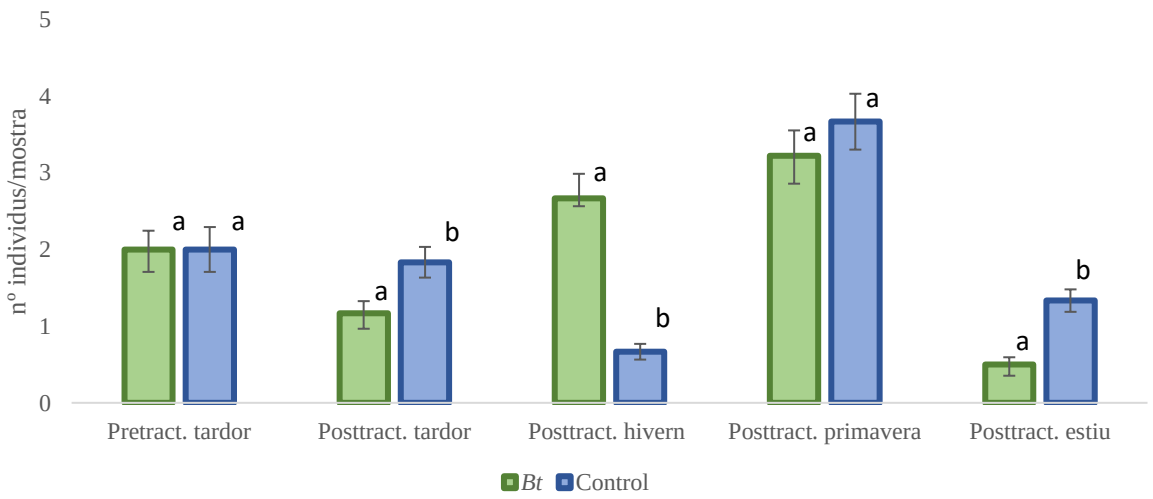

*Figura 24.- Mitja i error estàndard del nombre d'individus de l'entomofauna aèria recollides durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a les dues zones d'estudi, la zona tractada (*Bt*) i la control. Les distintes lletres representen diferències estadísticament significatives entre les zones* Bt *i control durant cada mostreig estacional.*

A la Figura 24 es pot observar com el nombre d'individus és molt similar tant a la zona tractada com a la control, els valors varien entre 2 i 4 individus/mostra. El mostreig pretractament no presenta diferències estadísticament significatives (p=0.12) entre *Bt* i control. En canvi, durant el primer mostreig posttracttament s'observa un descens del 41.6% del nombre d'individus capturats a la zona *Bt* i només un 8% a la zona control, presentant diferències significatives (p=0.04) amb el control. Així, durant el mostreig d'hivern les captures del *Bt* augmenten i

presenten diferències significatives (p=0.03) en comparació amb el control. Durant la primavera s'observa el valor més alt de captures a les dues zones. A més, no s'observen diferències estadísticament significatives entre *Bt* i control (p=0.85). I finalment, a l'estiu es varen capturar més individus a la zona control que a les *Bt*, aquestes captures varen ser estadísticament majors (p=0.052).

En relació a l'anàlisi qualitatiu, al mostreig pretractament, la zona *Bt* i control presenten exactament els mateixos resultats, tant per l'índex de Shanon-Wiener com per el de Simpson (Taula 3). Després del tractament, l'index de Shanon-Wiener és molt similar a les dues zones presentant una diferència de 0.09, sent major a la zona control. L'índex de Simpson també és molt semblant i presenta una diferència entre les dues zones de 0.07, sent més elevat a la zona control. Al mostreig posttractament hivern si que s'observen diferències considerables en l'índex de Shannon-Wiener, presentant una diferència de 0.53, sent més elevada al control. Per l'índex de Simpson s'observa un valor de diferència entre les dues zones, 0.17. En relació al valor de l'índex de Shannon-Wiener al mostreig posttractament primavera, presenta una diferència de 0.31 entre les dues zones, sent més elevada a la zona *Bt*, en canvi l'índex de Simpson és molt similar a les dues zones. Finalment, al mostreig posttractament estiu és on s'observen les diferències més grans a l'índex de Shannon-Wiener entre les zones (0.93), sent més elevada a la zona control. L'índex de Simpson també és més elevat a la zona control, presentant una diferència de 0.34.

El fet de que el **nombre de captures sigui molt baix no permet treure conclusions de l'efecte de l'aplicació del *Btk* sobre el nombre d'individus de l'entomofauna aèria diürna**. Al mateix temps, un nombre de captures tan baix **impedeix calcular uns índexs de diversitat representatius, i tampoc es pot determinar l'impacte del *Btk* sobre la biodiversitat.**

A la Figura 25 s'observen els grups predominants a la fauna aèria: **dípters** (Fig 26a), **coleòpters** (Fig. 26b), **himenòpters** i **parasitoides**.

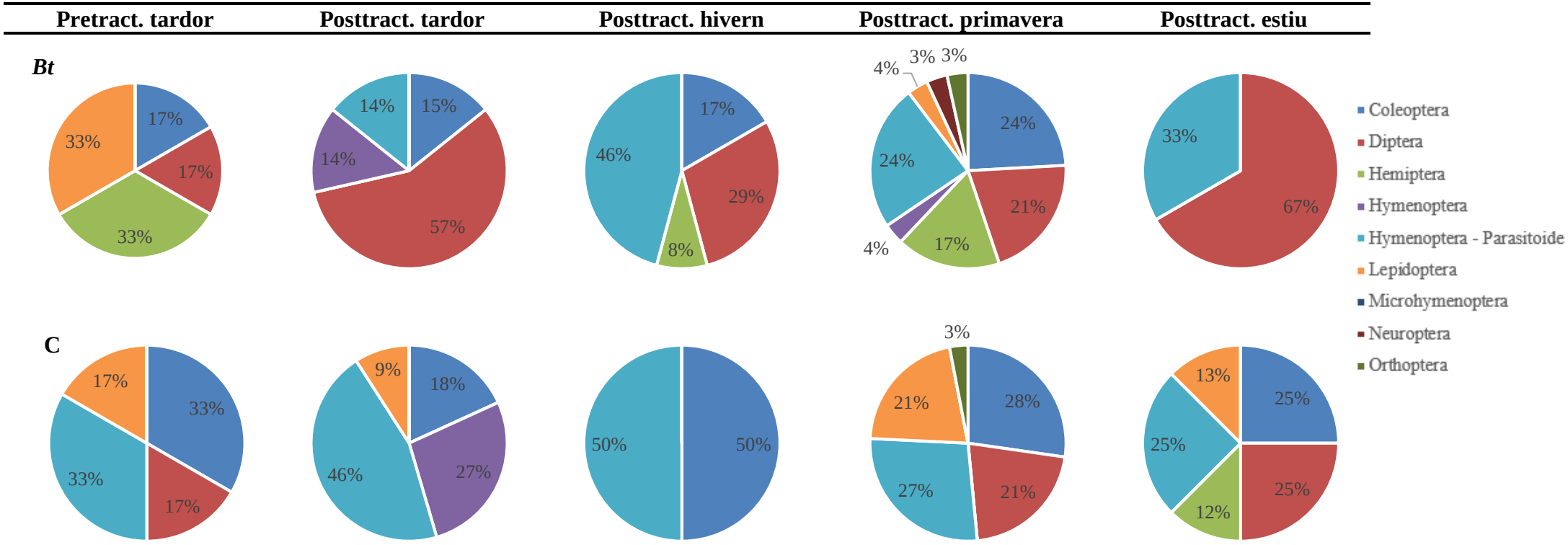

Figura 25.- Percentatges dels diferents grups taxonòmics de l'entomofauna aèrea diürna capturats amb la màniga entomològica durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a la zona tractada (Bt) *i control.*

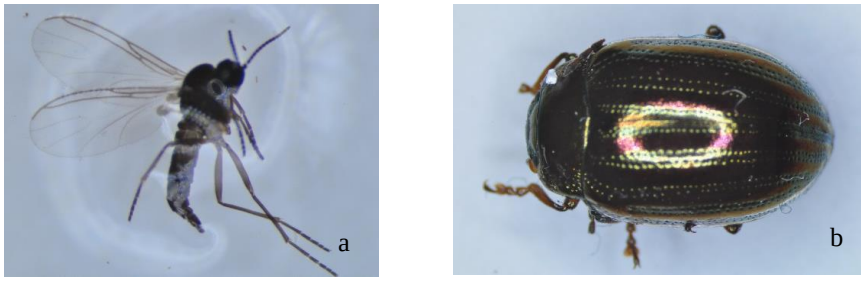

Figura 26.- Exemplar de dípter (a) i coleòpter (b) capturats amb la màniga entomològica

Com es pot observar a la Figura 25, la diversitat de les zones mostrejades és diferent, predominen diferents grups taxonòmics a cada mostreig. I per tant, no presenten corbes de vols (Figura 27) molt similars, excepte els parasitoides que si que segueixen un patró semblant a les dues zones.

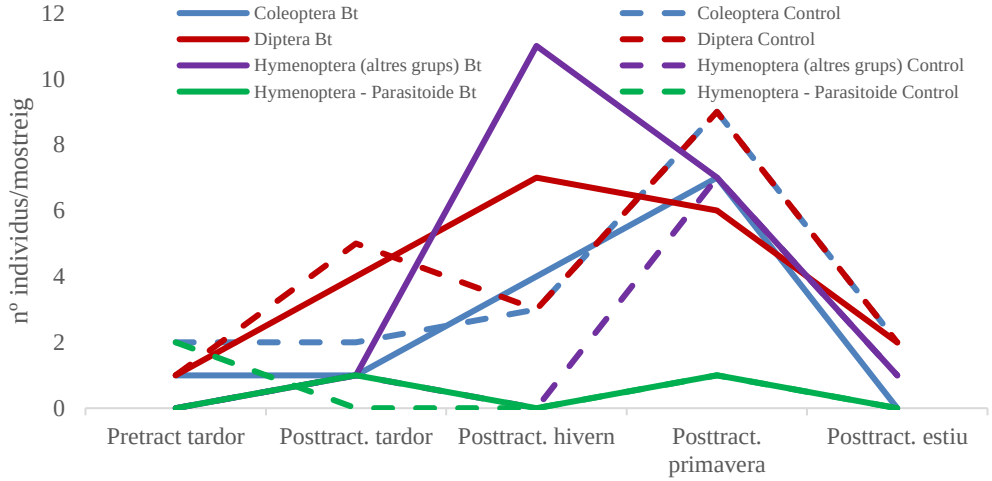

Figura 27.- Corbes poblacionals dels grups predominants a les mostres de l'entomofauna aèria diürna, agrupades per estacions de l'any, a la zona Bt *i control.*

Al cas dels altres grups, els himenòpters presenten un pic poblacional, que a la zona *Bt* es va produir durant l'hivern i a la zona control durant la primavera, probablement es degui a les característiques pròpies de cada zona de mostreig. Els coleòpters segueixen el mateix patró a les dues zones. I finalment, els dípters presenten un pic durant l'hivern a la zona *Bt* i, en canvi, a la zona control presenten dos pics, un durant la tardor i l'altre durant la primavera. Les diferències observades als grups esmentats es poden deure a factors ambientals més a que a l'aplicació del *Btk*, ja que la majoria de grups taxonòmics citats presenten valors més elevats a la zona tractada.

Per una altra banda, a diferents estudis realitzats a les Illes Baleares es varen utilitzar altres metodologies per tal d'avaluar l'entomofauna aèria diürna, en aquest cas es varen col·locar dos tipus de trampes, unes amb atraient alimentari indicades especialment per dípters (Alemany i Leza, 2000, 2008) i trampes cromàtiques de color groc (Alemany i Leza, 2000, 2008, 2009). Els dos tipus de trampes varen capturar més individus que al present estudi amb la màniga, tot i que la majoria de captures també varen ser dípters i himenòpters. A futurs estudis es podrien realitzar els dos tipus de metodologies per tal de capturar més individus, i així, poder determinar més ampliament l'impacte del tractament sobre aquest tipus de fauna.

6. Trampes de llum: Lepidòpters nocturns

Un dels grups més interesants per el present estudi són els lepidòpters nocturns, degut a que la fauna diana d'aquest tractament és precisament d'aquest grup. Els lepidòpters nocturns han estat determinats a nivell de família.

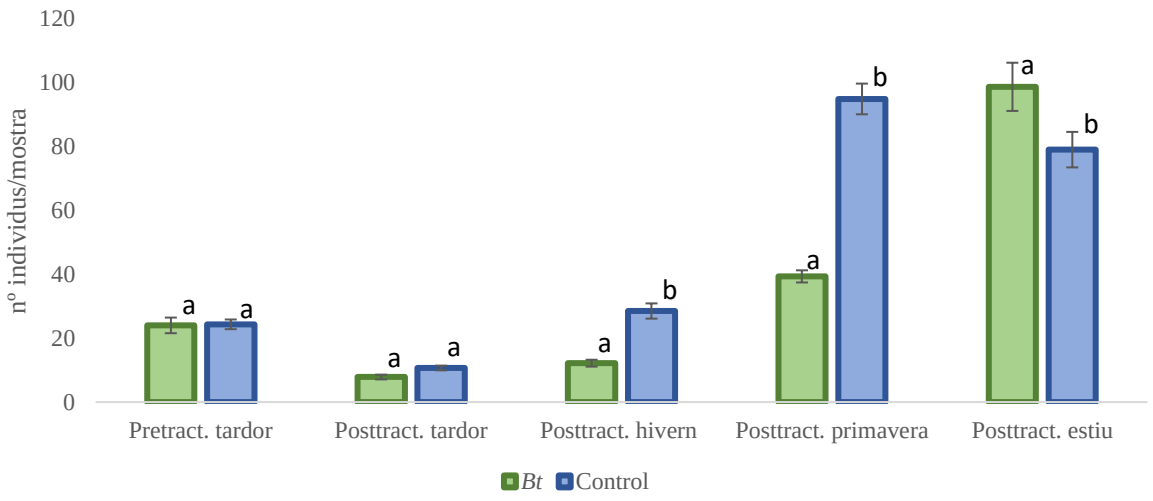

Figura 28.- Mitja i error estàndard de les captures de lepidòpters nocturns recollides durant els mostrejos pre i posttractament (agrupat per estacions) a les dues zones d'estudi, la zona tractada (Bt) *i la control. Les distintes lletres representen diferències estadísticament significatives entre la zona* Bt *i control durant cada mostreig estacional.*

Referent a l'anàlisi quantitatiu, l'evolució temporal de les dues zones d'estudi són similars fins a l'estiu, on a la zona *Bt* s'observa que les poblacions augmenten en relació al mostreig anterior, a diferència de la zona control a la qual s'observa un descens. Durant el primer mostreig (Figura 28), la mitja de les captures a la zona *Bt* i control va ser molt similar, sense presentar diferències estadísticament significatives (p=0.98). Després de l'aplicació del *Btk* es va observar una disminució del nombre d'individus a les dues zones d'estudi, sense presentar diferències estadísticament significatives entre elles (p=0.52). A la zona *Bt* es varen disminuir un 67.4% les captures i a la zona control un 56%, en relació al mostreig pretractament. Al mostreig posttractament hivern, les captures de la zona control varen augmentar presentant diferències significatives amb la zona *Bt* (p=0.03). El mateix s'observa al mostreig posttractament de primavera, les captures de la zona control varen ser significativament (p=0.006) majors que a la

zona tractada. A l'estiu, es va produir un augment de les captures de la zona *Bt* i varen ser estadísticament (p=0.05) superiors que a la zona control.

En referència a l'anàlisi qualitatiu de les dues zones d'estudi a cada mostreig, durant el pretractament, l'índex de Shannon-Wiener és major a la zona *Bt*, sent la diferència entre les dues zones de 0.25 (Taula 3). L'índex de Simpson també és major a la zona *Bt*, presentant una diferència amb la zona control molt petita, de 0.07. Una vegada es va realitzar l'aplicació del *Btk* es va observar que els índex de Shannon-Wiener i els de Simpson són superiors a la zona *Bt* que a la zona control, sent la diferència de 0.16 i 0.05, respectivament. En canvi, durant el mostreig posttractament hivern, els dos índexs són més elevats a la zona control, presentant diferències de 0.34 per l'índex de Shannon-Wiener i 0.18 per l'índex de Simpson. Durant el posttractament de primavera els dos índexs presenten valors molt similars a les dues zones, sent més elevats a la zona *Bt*, per l'índex de Shannon-Wiener la diferència és de 0.15 i per Simpson de 0.04. Finalment a l'estiu és on s'observen diferències majors entre les dues zones estudiades, per els dos índexs la zona control presenta uns valors més elevats. La diferència per l'índex de Shannnon-Wiener a les dues zones d'estudi és de 0.49 i per Simpson de 0.18.

Al final de l'estudi, les poblacions de lepidòpters nocturns són superiors a la zona *Bt* que a la zona control, i a més les poblacions també són superiors en relació al mostreig pretractament. Tot i que a la zona tractada s'observi un descens de captures durant la primavera en relació a la zona control, possiblement degut a l'aplicació del *Btk* que va afectar a les larves d'aquests lepidòpters durant la tardor, aquestes poblacions es varen recuperar durant l'estiu i, per tant, els resultats indiquen que **l'aplicació del *Btk* no afecta a la població global de lepidòpters nocturns a llarg termini**. Per una altra banda, els resultats l'anàlisi qualitatiu indiquen que **l'aplicació del *Btk* no afecta a la diversitat global de lepidòpters nocturns,** encara que puntualment durant l'estiu si que s'observi menys diversitat en relació al control.

Les famílies de lepidòpters nocturns predominants durant l'estudi són **Noctuidae**, **Geometridae**, **Crambidae**, **Pyralidae** i així com el grups dels **microlepidòpters** (Figura 29).

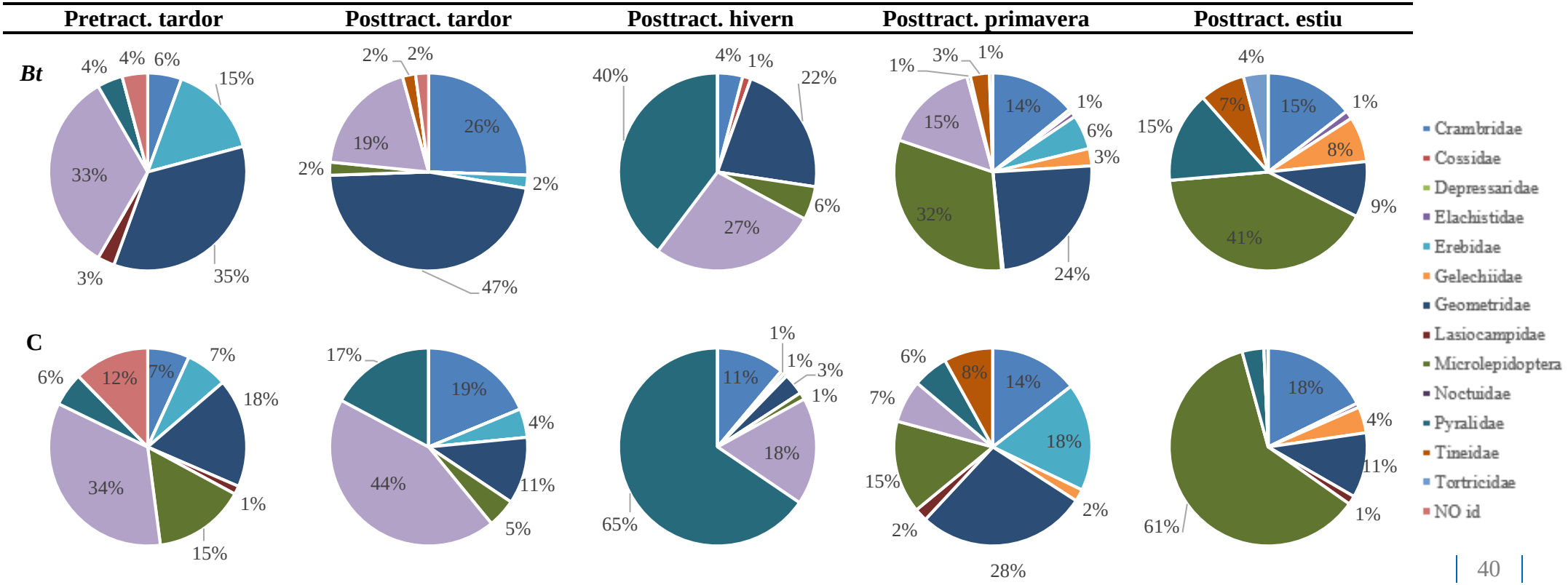

*Figura 29.- Percentatge dels famílies de lepidòpters nocturns observades a les trampes de llum durant els mostrejos pre i post tractament (agrupat per estacions) a la zona tractades (*Bt*) i control.*

La família **Noctuidae** (Figura 31a) és una de les famílies predominants, el nombre de captures (Figura 30) és molt similar a les dues zones d'estudi durant tots els mostrejos. Durant la primavera s'observa un increment en relació amb el nombre de captures dels mostrejos anteriors, tant a la zona *Bt* com a les control. Al final de l'estudi el nombre d'individus capturats a la zona *Bt* es va duplicar en relació al pretractament i, en canvi, a la zona control va ser 5 vegades inferior que al pretractament. Per tant, l'aplicació del *Btk* no presenta efectes sobre el nombre de captures de la família Noctuidae.

La família **Pyralidae** presenta una disminució de captures després del tractament (Figura 30) i s'observa un augment de captures a la zona control durant l'hivern que no s'observa a la zona *Bt*. Durant el darrer mostreig (Posttract. estiu) es triplica el nombre de captures en relació al pretractament i, en canvi, durant el posttractament a la zona control no es va observar cap exemplars d'aquesta família. Així que, l'aplicació del *Btk* no presenta efectes sobre el nombre de captures de la família Pyralidae.

Respecte als **microlepidòpters** presenten uns valors molt similars i baixos durant la tardor i l'hivern, i no s'observa un augment de les poblacions fins a la primavera. La corba de vol (Figura 30) és molt semblant a les dues zones, sent les captures del posttractament estiu més elevades que les del pretractament. Per tant, l'aplicació del *Btk* no presenta efectes sobre el nombre de captures sobre aquest grup de lepidòpters.

Respecte a la família **Geometridae** (Figura 31b) presenta un nombre d'individus molt similar a les dues zones fins a la primavera, on a la zona control s'observa un augment poblacional a diferència de la zona *Bt* (Figura 30). Aquests resultats semblen indicar que les poblacions de Geometridae varen ser afectades per l'aplicació del *Btk*, durant la tardor i l'hivern, i les conseqüències s'aprecien durant la primavera, encara que durant el mostreig posttractament estiu el nombre de captures va ser més elevat a la zona *Bt*, coincidint amb el mateix valor obtingut al mostreig pretractament. El mateix patró segueix la família **Crambidae,** però el nombre de captures del mostreig posttractament estiu va ser 10 vegades major en relació amb el pretractament a la zona *Bt* que a la zona control on va ser 5 vegades major.

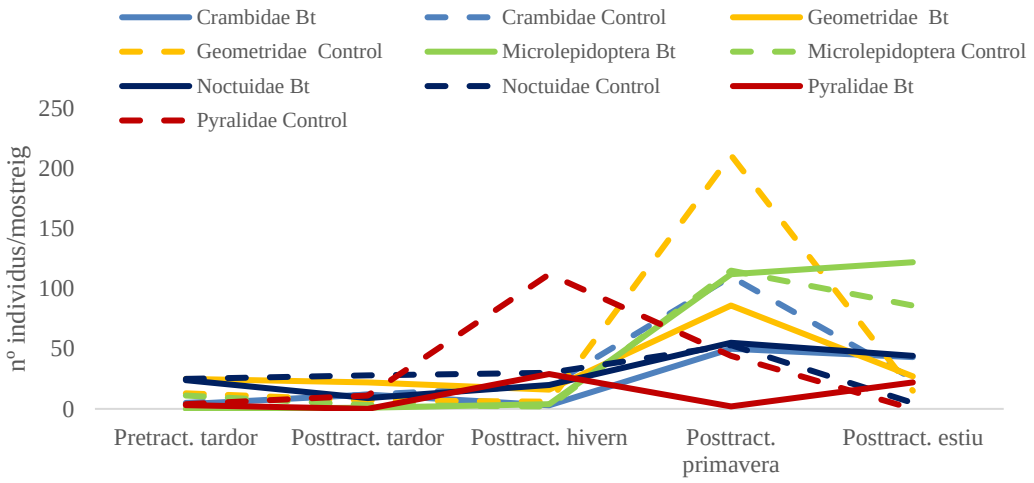

Figura 30.- Corbes poblacionals dels grups predominants a les mostres de lepidòpters nocturns, agrupades per estacions de l'any, a la zona Bt *i control.*

Diferents autors afirmen que l'aplicació aèria de *B. thuringiensis* no afecta negativament a llarg termini als lepidòpters no diana (Miller, 1990; Johnson et al., 1995), però que el seu efecte depèn del nombre de larves que puguin ser susceptibles en el moment de l'aplicació (Herms et al., 1997). Probablement, aquest fet es deu a que el *Btk* presenta una persistència a l'ambient molt curta, degut a que les seves espores es destrueixen amb la radiació ultra violeta (Addison, 1993). Tot i així, cal destacar que aquests estudis són dels anys 90 i gairebé no hi ha informació de l'efecte de l'aplicació de *Bacillus thuringiensis* sobre poblacions de lepidòpters al camp.

Dos estudis realitzats a les illes Balears, un d'ells a l'illa de Mallorca (Alemany i Leza, 2009), al qual es va tractar amb diflubenzurón per tal de controlar la processionària del pi, es varen comparar les poblacions de lepidòpters a les zones tractades i es va observar una disminució de les captures d'individus després del tractament, resultats que concorden amb els obtinguts al present estudi. A un altre estudi realitzat a Menorca (Alemany i Leza, 2008), es va determinar l'impacte de l'aplicació de *Btk* i diflubenzurón per tal de controlar la plaga *Lymantria dipar*, els resultats obtinguts varen indicar que les poblacions de lepidòpters no presentaren diferències significatives després de l'aplicació dels productes, encara que les captures de les zones tractades varen ser inferiors, en la mateixa línia de l'estudi que aquí es presenta.

Figura 31.- Famílies predominants a les trampes de llum: Noctuidae (a), i Geometridae (b).

Al mostreig pretractament i durant el post tractament de primavera, a les zones tant *Bt* com control, es va capturar un lepidòpter d'una gran mida i amb un patró molt característic, *Lasiocampa trifolii* (Figura 32).

Figura 32.- Exemplar de Lasiocampa trifolii *a laboratori (esquerra) i a camp (dreta).*

7. Diversitat de pol·linitzadors

Referent a l'observació de pol·linitzadors, ha estat molt difícil homogeneïtzar els mostrejos, tant per les diferents zones de mostreig, com per el tipus de flor degut a no a tots els mesos es varen trobar plantes en flor. Els mostrejos es varen realitzar des de setembre fins a juny, moment en el qual es varen deixar d'observar plantes en flor a les parcel·les d'estudi. Per tant, a la Taula 4 es representen tots els individus observats a les flors durant tot l'estudi, incloent zones *Bt* i control.

*Taula 4.- Entomofauna pol·linitzadora observada a les flors durant l'estudi, incloent els mostrejos a les zones tractades (*Bt*) i control. Els guions indiquen que els individus no es varen classificar fins gènere o espècie.*

Ordre	Familia	Gènere i especie	Nº individus
Coleoptera	Curculionidae	-	2
	Scarabaeidae	*Tropinota squalida*	3
	No identificat	-	4
Diptera	Syrphidae	-	5
	Muscidae	-	19
Hemiptera	-	-	2
Hymenoptera	Andrenidae	*Andrena* spp.	4
	Apidae	*Anthophora* spp.	2
		Apis mellifera	6
	Halictidae	*Lasioglossum* spp.	3
	Megachilidae	*Megachile* spp.	2
	Melittidae	*Melecta* spp.	2
	NO identificat		8

Les abelles varen ser el grup més observat a les flors, degut a la seva acció pol·linitzadora. Es varen determinar 5 gèneres més a part d'*Apis mellifera* que és l'abella de la mel, entre ells *Andrena* (Figura 33), *Anthophora*, *Lasioglossum*, *Megachile* i *Melecta*. Els dípters també varen ser un dels grups més observats, entre ells destaquen els sírfids que presenten un important paper en la pol·linització de nombrosos ecosistemes. També es varen observar coleòpters, que han estat citats com a insectes pol·linitzadors però que la seva eficiència pol·linitzadors és inferior a la de les abelles degut a que transporten menys pol·len a cada visita floral, entre ells l'espècie *Tropinota squalida* que en casos es considerada plaga (Molina, 2001).

Figura 33.- Andrena *spp. realitzant una visita a una flor de* Cistus albidus.

Durant l'època de major activitat dels pol·linitzadors (Març-Maig) es va col·locar una **trampa de pol·linitzadors** a cada zona d'estudi, una a la zona *Bt* i l'altre a la zona control. A la Taula 5 s'observa com el nombre de captures és molt diferent entre les dues zones d'estudi, a la zona *Bt* es varen registrar 46 individus i a la zona control 8. Aquesta diferència es pot deure a les característiques pròpies de cada parcel·la, plantes en flor i altres factors ambientals. Aquests resultats són preliminars i en futurs estudis s'haurien de col·locar més trampes, amb la finalitat de tenir més rèpliques i poder fer una comparació amb les dues zones.

Referent als grups taxonòmics capturats, a les zones *Bt* varen ser predominants els dípters, en total es varen registrar 33 individus, a diferència d'abelles que únicament es varen observar 3 exemplars durant el mes de març. En canvi, a la zona control es varen observar més coleòpters i únicament una abella.

Aquests resultats mostren que la trampa no ha estat específica per himenòpters i, per tant, s'haurien de fer una sèrie de modificacions al disseny de la trampa, com podria ser pintar els plats de color blau o groc que són colors que atreuen a les abelles (MacIvor, 2017).

*Taula 5.- Grups taxonòmics observats a les trampes de pol·linitzadors durant els tres mesos de major activitat (març-maig) a cada zona d'estudi, zona tractada (*Bt*) i control. Els guions indiquen que els individus no es varen classificar fins gènere o espècie.*

Zona	Mes	Ordre	Familia	Gènere i especie	Nº individus
Bt	Març	Diptera	-	-	8
		Hymenoptera	Andrenidae	*Andrena spp.*	1
			Halictidae	*Lasioglossum spp.*	2
	Abril	Diptera	-	-	8
		Coleoptera	Curculionidae	-	7
	Maig	Diptera	-	-	7
		Coleoptera	No identificat	-	2
			Curculionidae	-	1
Control	Març	Coleoptera	NO identificat	-	2
	Abril	Coleoptera	Curculionidae	-	1
	Maig	Diptera	-	-	2
		Coleoptera	Curculonidae	-	1
			NO identificat	-	1
		Hymenoptera	Halictidae	*Lasioglossum spp.*	1

Encara que els resultats del present estudi no puguin determinar l'impacte del *Btk* sobre els pol·linitzadors, a Eivissa durant l'any 2010 es va realitzar un estudi per avaluar l'impacte de l'insecticida sobre un pol·linitzador model, *Apis mellifera*, i els resultats d'aquest estudi indicaren que les poblacions d'abelles de la mel no es veuen afectades per l'aplicació aèria del *B. thurigiensis* (Leza et al., 2014).

Conclusions de l'estudi

L'objectiu del present estudi ha estat determinar l'impacte de l'aplicació de *Btk* sobre l'entomofauna no diana del pinar, englobant els diferents estrats de l'ecosistema (edàfic, herbaci arbustiu i arbori). S'han estudiat diferents grups d'insectes, els resultats d'alguns dels quals són consistents, com els de la fauna edàfica i els dels lepidòpters nocturns (els quals representen el 90% del total d'individus capturats), i d'altres que no permeten treure conclusions fermes, com per exemple els de la fauna epiedàfica (2% del total), entomofauna aèria diürna (2% del total) i epífita (5% del total) o de pol·linitzadors.

Tot i que els resultats no siguin consistents en algun tipus de mostreig, aquest estudi pot servir de base per a futurs experiments i permet plantejar millores en les tècniques, com per exemple convertir les trampes de caiguda en actives (afegint una esca) o les trampes de pol·linitzadors (utilitzant altres colors o inclús afegint altres atraients). Així mateix, planteja establir noves línies per a futurs estudis, com pot ser el seguiment de les poblacions d'aranyes.

En relació als grups d'insectes amb els quals s'ha pogut obtenir conclusions consistents, la fauna edàfica no presenta cap efecte després del tractament, la qual cosa concorda amb els resultats de Beck et al., (2004). Referent als lepidòpters nocturns, si que s'observa un efecte en determinats moments de l'any, durant la primavera es varen observar un nombre inferior d'adults i aquest fet probablement és degut a l'acció del *Btk* que va afectar negativament a les larves durant la tardor, ja que aquest insecticida només actua sobre la fase larvària d'aquest ordre. Aquest resultats estan en la línia d'altres estudis on s'observa que l'aplicació aèria del *Btk* no afecta a les seves poblacions a llarg termini tot i que la diana d'aquest insecticida biològic siguin les larves de lepidòpters (Miller, 1990; Johnson et al., 1995). Cal destacar que, al final de l'estudi el nombre d'individus és superior que a l'inici (pretractament) i superior en relació al control, per tant les poblacions de lepidòpters mostrejades es varen recuperar passat un any.

Les conclusions concretes de l'estudi són les següents:

1. El nombre total d'individus capturats fou 6274, un 90% d'aquests pertanyen a la fauna edàfica i al grup dels lepidòpters, un 6% a la fauna epífita, un 2% a l'entomofauna aèria diürna i finalment, un 2% a la fauna epiedàfica.

2. Referent a la **fauna edàfica**, no hi ha diferències estadísticament significatives en el nombre d'individus i la diversitat al final de l'estudi entre la zona control i la zona tractada amb *Btk*, per la qual cosa l'aplicació no ha suposat un impacte sobre la fauna edàfica..
3. El baix nombre d'insectes capturats de **l'entomofauna aèria diürna, la fauna epífita, la fauna epiedàfica i els pol·linitzadors** no permet avaluar l'impacte de l'aplicació del *Btk*.
4. Referent a la diversitat de **lepidòpters nocturns**, no es determina cap efecte després del tractament. A més, a nivell quantitatiu, tot i que s'observa una disminució puntual i proporcional durant la primavera a la zona tractada respecte a la zona control, passat un any, les poblacions foren superiors a la zona *Bt* en relació a la zona control, i superiors en comparació a l'inici de l'estudi.

Referències

Addison, J. (1993). Persitence and nontarget effects of Bacillus thuringiensis in soil: a review. *Canadian Journal of Forest Research*, *23*, 2329–2342.

Alemany, A., Leza, M. (2000). Estudio del impacto de los tratamientos contra la procesionaria del pino (Thaumatopoea pityocampa, DENN. y SCHIFF.) en baleares. *Informe Presentat a La Conselleria de Medi Ambient Del Govern Balear.*

Alemany, A., Leza, M. (2008). Estudio del impacto de los tratamientos contra la "lagarta peluda" (Lymantria dispar) en Menorca. *Informe Presentat a La Conselleria de Medi Ambient Del Govern Balear.*

Alemany, A., Leza, M. (2009). Estudio de la incidencia sobre la fauna entomológica del tratamiento con diflubezurón para el control de la procesionaria del pino (thaumetopoea pityoccampa (DENN. y SCHIFF.) en la comarca de Manacor. *Informe Presentat a La Conselleria de Medi Ambient Del Govern Balear.*

Andrade, G. (1998). Utilización de las mariposas como Bioindicadores del tipo de hábitat y su Biodiversidad en Colombia. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas*, *22*(84), 407–421.

Beck, L., Römbke, J., Ruf, A., Prinzing, A., Woas, S. (2004). Effects of diflubenzuron and Bacillus thuringiensis var. kurstaki toxin on soil invertebrates of a mixed deciduous forest in the Upper Rhine Valley, Germany. *European Journal of Soil Biology*, *40*(1), 55–62.

Gaona, G., Ruíz, E., Myartseva, S., Trjapitzin, VA., Coronado, JM., Mora, A. (2006). Himenópteros parasitoides (Chalcidoidea) de Coccoidea (Homoptera) en Cd. Victoria, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana*, *22*(1), 9–16.

García, F., Costa, J., Ferragut, F. (1994). *Plagas agrícolas*. Spain: Phytoma.

Herms, CP., McCullough, DG., Baue, LS., Haack, RA., Miller, DL., Dubois, N. (1997). Susceptibility of the endangered karner blue butterfly (Lepidoptera: Lycaenidae) to Bacillus thuringiensis var. kurstaki used for gypsy moth suppression in Michigan. *The Great Lakes Entomologist*, *30*(4), 125–141.

Huseyin, H., Tamer, R., Acer, S. (2010). Control of pine processionary moth, Thaumetopoea pityocampa with Bacillus thuringiensis in Antalya, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, *31*(3), 357–361.

Johnson, KS., Scriber, JM., Nitao, JK., Smitley, D. (1995). Toxicity of Bacillus thuringiensis var. kurstaki to three nontarget Lepidoptera in field studies. *Environmental Entomology*, *24*(2), 288–297.

Kanat, M., Hakki, M., Sivrikaya, F. (2005). Effect of defoliation by Thaumetopoea pityocampa (Den. & Schiff.) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) on annual diameter increment of Pinus brutia Ten. in Turkey. *Annals of Forest Science*, *62*, 91–94.

Kuznetsova, NA., Saraeva, A. (2018). Beta-diversity partitioning approach in soil zoology: A case of Collembola in pine forests. *Geoderma*, *332*, 142–152.

Lehmann, J., Rillig, MC., Thies, J., Masiello, CA., Hockaday, WC., Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biology and Biochemistry*, *43*(9), 1812–1836.

Leza, M., Llado, G., Petro, AB., Alemany, A. (2014). First field assessment of Bacillus thuringiensis subsp . kurstaki aerial application on the colony performance of Apis mellifera L . (Hymenoptera : Apidae). *S*, *12*(2), 405–408.

MacIvor, J. (2017). Cavity-nest boxes for solitary bees: a century of design and research. *Apidologie*, *48*(3), 311–327.

Miller, J. (1990). Effects of a microbial insecticide, Bacillus thuringiensis kurstaki , on nontarget Lepidoptera in a spruce budworm-infested forest. *Journal of Research on the Lepidoptera*, *29*(4), 267–276.

Molina, J. (2001). Incidencia De Tropinota Squalida (Scopoli , 1783) (Coleoptera : Scarabaeidae) En El Cultivo Del Arándano En Huelva (España). Problemática Asociada a Su Control. *Zapateri. Resvista Aragonesa de Entomologia*, *9*, 93–98.

Núñez, L., Ramonell, A. (2002). La processionària del pi. L'insecte defoliador dels pinars autòctons. In *Quadern de Natura 13*. Conselleria de Media Ambient. Govern de les Illes Balears.

Núñez, L. (2007). Primera cita confirmada de la procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa Den & Schiff) en Formentera 2007. In *XXIV reunión anual*. Màlaga.

Núñez, L. (2008). Historia de la procesionaria del pino (Thaumetopoea pityocampa Den & Schiff) en Ibiza. actuaciones de control y situación actual. *V Jornades de Medi Ambient de Les Illes Balears*, 107–112.

Ponge, J. F. (1983). Les collemboles, indicateurs du type d'humus en milieu forestier. Résultats obtenus au Sud de Paris. *Acta Oecologica-Oecologia Generalis*, *4*(4), 359–374.

Potts, SG., Biesmeijer, JC., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, *25*(6), 345–353.

Rusek, J. (1998). Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, *7*, 1207–1219.

Ximenez de Embún, J. (1943). Notas sobre la plaga de la procesionaria en la provincia de Baleares. Retrieved from http://sanidadforestal.caib.es.

Palma, 26 de Setembre de 2018

Dra. Mar Leza Salord

Sra. Alícia Marqués Prieto

Annex

Taula 1(Annex).- Individus identificats a les mostres de sòl a la zona Bt.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ACARI - Oribatida	64	95	213	157	27
ACARI (altres grups)	93	125	262	241	72
ANNELIDA	0	1	0	0	0
ARACNIDAE	2	1	6	6	5
ARACNIDAE-Opiliones	0	0	2	0	0
CHILOPODA	1	3	0	0	0
COLLEMBOLLA	47	214	340	290	88
COLEOPTERA	0	0	7	0	0
DIPTERA	0	0	1	4	0
HYMENOPTERA	0	0	0	1	0
HYMENOPTERA-Formicidae	4	2	4	5	0
ISOPODA	2	3	6	4	0
ISOPTERA	0	3	10	1	8
LEPIDOPTERA (estat larvari)	3	5	9	11	3
PROTURA/ DIPLURA	18	39	62	17	6
PSOCOPTERA	0	0	2	0	1
THYSANOPTERA	0	1	0	6	1

Taula 2 (Annex).- Individus identificats a les mostres de sòl a la zona control.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ACARI - Oribatida	92	46	250	132	34
ACARI (altres grups)	133	130	325	320	57
ANNELIDA	0	1	0	0	0
ARACNIDAE	2	3	13	8	3
CHILOPODA	8	3	0	6	0
COLLEMBOLA	77	123	391	380	130
COLEOPTERA	1	0	6	0	0
DIPTERA	0	0	0	13	0
EMBIOPTERA	0	1	4	0	0
HOMOPTERA	0	2	0	0	0
HYMENOPTERA-Formicidae	1	2	0	8	12
ISOPODA	7	4	2	16	0
ISOPTERA	0	0	0	4	0
LEPIDOPTERA (estat larvari)	7	15	3	21	13
MYRIAPODA	0	0	4	4	0
PROTURA/DIPLURA	28	29	46	28	7
PSOCOPTERA	2	0	6	3	0
THYSANOPTERA	0	0	1	0	5

Taula 3(Annex).- Individus identificats a les mostres de fullaraca a la zona Bt.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ACARI - Oribatida	11	308	69	0	5
ACARI (altres grups)	18	177	314	35	66
ARACNIDAE	1	0	7	3	0
COLLEMBOLA	20	64	278	49	109
DÍPTERA	0	0	7	19	4
EMBIOPTERA	0	0	2	0	0
HYMENOPTERA - Formicidae	2	2	54	4	0
HYMENOPTERA (altres grups)	0	0	0	3	0
ISOPODA	0	0	2	0	0
ISOPTERA	1	3	13	0	0
LEPIDOPTERA (estat larvari)	0	5	44	3	0
MYRIAPODA	0	0	6	3	0
PROTURA/DIPLURA	3	3	30	0	0

Taula 4 (Annex).- Individus identificats a les mostres de fullaraca a la zona control.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ACARI - Oribatida	7	11	29	10	0
ACARI (altres grups)	18	127	94	94	28
ARACNIDAE	0	0	5	8	0
COLLEMBOLA	9	51	113	134	37
DÍPTERA	0	0	5	22	3
EMBIOPTERA	0	1	0	0	0
HYMENOPTERA - Formicidae	1	1	6	3	0
ISOPODA	3	1	0	0	0
ISOPTERA	4	1	20	0	0
LEPIDOPTERA	0	0	0	9	0
LEPIDOPTERA (estat larvari)	2	2	5	0	4
PROTURA/DIPLURA	1	4	43	0	0
THYSANOPTERA	0	1	0	0	0

Taula 5 (Annex).- Individus identificats a les mostres de les trampes de caiguda a la zona Bt.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ARACNIDAE	0	3	4	0	0
COLEOPTERA	0	4	2	0	0
DIPTERA	0	1	0	0	0
HEMIPTERA	0	1	0	0	0
HYMENOPTERA-Formicidae	0	1	0	0	0
ISOPODO	0	0	0	1	0
MYRIAPODA	0	1	0	0	0

Taula 6 (Annex).- Individus identificats a les mostres de les trampes de caiguda a la zona control.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ARACNIDAE	1	6	1	1	0
COLEOPTERA	0	5	0	0	0
COPEPODA	0	1	0	0	0
DIPTERA	0	2	0	0	0
HYMENOPTERA	0	1	0	0	0
HYMENOPTERA-Formicidae	6	20	0	0	0
ISOPODA	6	9	0	0	0
ISOPTERA	0	8	0	0	0
LARVES *Thaumetopoea pityocampa*	21	2	0	0	0
LEPIDOPTERA (estat larvari)	28	3	0	0	0
MYRIAPODA	0	3	0	1	0
NO ID	0	1	0	0	0

Taula 7 (Annex).- Individus identificats a les mostres del paraigües japonès a la zona Bt.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ARACNIDAE	10	8	16	25	8
COLEOPTERA	8	2	5	10	2
Fam. Curculinoidae		0	1	2	0
Fam. Chrysomelidae		0	1	0	0
DIPTERA	0	0	0	0	1
Fam. Trypetinae		1	0	0	0
HYMENOPTERa-Formicidae	2	0	8	21	1
HEMIPTERA	0	2	1	0	5
Fam. Cicadellidae		0	0	0	1
ISOPODA	0	2	0	0	0
ISOPTERA	0	0	0	0	0
LEPIDOPTERA	6	0	0	1	2
ORTHOPTERA	2	0	0	0	1
PSOCOPTERA	2	2	1	5	0

Taula 8 (Annex).- Individus identificats a les mostres del paraigües japonès a la zona control.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
ARACNIDAE	18	10	16	15	20
COLEOPTERA	2	2	5	11	8
Fam. Staphylinidae		1			
Fam. Curculionidae			1		
Fam. Cerambycidae			1		
DIPTERA	0	0	0	0	7
Hymenotpera-Formicidae	2	6	4	50	1
HEMIPTERA	0	1	1	7	2
Fam. Cicadellidae		0	1	5	3
ISOPODA	0	2	0	0	0
ISOPTERA	0	1	0	0	0
LEPIDOPTERA	0	0	0	0	1
PSOCOPTERA	5	1	0	10	2

Taula 9 (Annex).- Individus identificats a les mostres de la màniga entomològica a la zona Bt.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
COLEOPTERA	1	1	4	7	0
Fam. Curculionidae		1		2	
Fam. Chrysomelidae				2	
DIPTERA	1	4	7	6	2
Hemiptera	2	0	2	5	0
Fam. Aphrophoridae	1				
Fam. Cicadellidae			1		
HYMENOPTERA	0	1	11	7	1
Fam. Andrenidae			1		
Fam. Apidae			3		1
Fam. Halictidae				2	
Fam. Megachilidae			5	2	
HYMENOPTERA-Parasitoide	0	1	0	1	0
LEPIDOPTERA	2	0	0	1	0
Fam. Crambridae	1				
Fam. Noctuidae	1				
NEUROPTERA	0	0	0	1	0
ORTHOPTERA	0	0	0	1	0

Taula 10 (Annex).- Individus identificats a les mostres de la màniga entomològica a la zona control.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
COLEOPTERA	2	2	3	9	2
Fam. Curculionidae					1
Fam. Chrysomelidae		1	3	2	
DIPTERA	1	5	3	9	2
HEMIPTERA	0	0	0	7	2
Fam. Cicadellidae		0	0	1	2
HYMENOPTERA	0	1	0	7	1
Fam. Andrenidade				1	
Fam. Apidae					1
Fam. Halictidae				3	
HYMENOPTERA-Parasitoide	2	0	0	1	0
LEPIDOPTERA	1	0	0	0	1
Fam.Crambidae					1
Fam. Noctuidae	1				
MICROHYMENOPTERA	0	3	0	0	0

Taula 11 (Annex).- Individus identificats a les mostres de les trampes de llum a la zona Bt.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
Cambridae	4	12	3	50	43
Cossidae	0	0	1	0	0
Depressaridae	0	0	0	2	0
Elachistidae	0	0	0	3	4
Erebidae	11	1	0	20	0
Gelechiidae	0	0	0	10	22
Geometridae	25	22	16	86	27
Lasiocampidae	2	0	0	1	0
Microlepidoptera	0	1	4	112	122
Noctuidae	24	9	20	55	0
Pyralidae	3	0	29	2	44
Tineidae	0	1	0	11	22
Tortricidae	0	0	0	2	12
NO identificats	3	1	0	0	0

Taula 12 (Annex).- Individus identificats a les mostres de les trampes de llum a la zona control.

	Pretract. tardor	**Posttract. tardor**	**Posttract. hivern**	**Posttract. primavera**	**Posttract. estiu**
Crambridae	5	12	19	110	25
Depressaridae	0	0	1	0	0
Elachistidae	0	0	0	0	1
Erebidae	5	3	1	134	0
Gelechiidae	0	0	0	15	6
Geometridae	13	7	6	211	15
Lasiocampidae	1	0	0	16	2
Microlepidoptera	11	3	2	115	86
Noctuidae	25	28	30	53	0
Pyralidae	4	11	112	44	5
Tineidae	0	0	0	61	0
Tortricidae	0	0	0	0	1
NO identificats	9	0	0	0	0