

Els efectes dels morrions en l'activitat de l'abella de la mel i la vespa asiàtica.



Estudiant: Sara Vega Zanuy

Grau en Ciències Ambientals

Correu electrònic: sara.zanuy@outlook.com

Tutor: Núria Roura Pascual

Empresa / institució: Universitat de Girona



Vistiplau tutor:

Nom del tutor: Núria Roura Pascual

Empresa / institució: Universitat de Girona

Correu(s) electrònic(s): nuria.rourapascual@udg.edu

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació: 2 de juliol de 2020

Índex

RESUM	3
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUCCIÓ.....	5
2. OBJECTIUS / OBJECTIVES	9
3. METODOLOGIA.....	9
3.1. Àrees d'estudi	9
3.2. Mostreig 1	11
3.3. Mostreig 2	11
3.4. Anàlisi de dades	12
4. RESULTATS.....	13
4.1 Fortalesa de les colònies de <i>A. mellifera</i> i activitat de <i>V. velutina</i>	13
4.2 Mostreig 1	14
4.2.1 Activitat de <i>A. mellifera</i> i <i>V. velutina</i> al llarg dels dies i en funció de la temperatura.....	14
4.2.2 Activitat de <i>A. mellifera</i> en funció del tipus i mida de malla dels morrions.	16
4.2.3 Activitat de la <i>V. velutina</i> en funció del tipus i mida de malla dels morrions.	18
4.3 Mostreig 2	21
4.3.1 Activitat de <i>A. mellifera</i> i <i>V. velutina</i> al llarg dels dies i en funció de la temperatura.....	21
4.3.3 Activitat de <i>A. mellifera</i> en funció del tipus i mida de malla dels morrions.	23
4.3.4 Activitat de la <i>V. velutina</i> en funció del tipus i mida de malla dels morrions.	24
5. DISCUSSIÓ	26
6. ÈTICA O SOSTENIBILITAT DE L'ESTUDI	29
7. CONCLUSIONS	30
8. BIBLIOGRAFIA	31

RESUM

La vespa asiàtica (*Vespa velutina*) el primer cas a Catalunya va ser el 2012 a la garrotxa. Aquesta espècie és al·lòctona i invasora i actualment es troba força estesa pel territori català al qual afecta a tres sectors: la biodiversitat, l'econòmic i el de la salut. Ens centrem, en aquest estudi, en el sector de l'apicultura on aquest està treballant per aconseguir mètodes efectius que redueixin els danys que provoquen als abellars, un dels mètodes és un control físic amb malles, les anomenades morrions (muselières en francès), que la seva intenció és donar un marge més elevat perquè les abelles puguin sortir de l'abellar sense ser depredades.

Per tal d'avaluar els morrions, en si poden afectar a la sortida i entrada de les abelles de la mel i també de la vespa asiàtica s'ha testat amb tres mides diferents de malla quadrada, de 8, 10 mm i una altre de forma hexagonal (12 mm). S'han recollit dades pel mostreig 1, al mes de setembre, en dos zones diferents: Girona i Santa Coloma de Farnés; en franja horària diferent (matí: 10-12h i migdia: 12-14h) i pel mostreig 2, al mes d'octubre a Girona al llarg del matí (de 9-13h). S'ha fet un comptatge d'entrades i sortides per caixa i s'anotava el total de vespa asiàtica present a la caixa a l'hora del mostreig. Amb aquestes dades s'ha pogut observar que durant els mesos de setembre i octubre, l'abella ha anat disminuint la seva activitat mentre que la vespa asiàtica ha augmentat. Que en les diferents franges horàries mantenen una oscil·lació inversa d'activitat. Que els morrions, independentment del tipus i mida, no afecten a l'activitat de l'abella però al mateix temps no impedeixen el pas de la vespa asiàtica on aquesta ha presentat més pressió en aquelles caixes que tenien morrions de malla hexagonal (12 mm). Aquest estudi presenta informació preliminar que necessita ser desenvolupat amb més dades addicionals i englobar el període actiu de la vespa asiàtica.

RESUMEN

La avispa asiática (*Vespa velutina*) el primer caso en Cataluña fue en 2012 a la garrocha. Esta especie es alóctona e invasora y actualmente se encuentra bastante extendida por el territorio catalán al que afecta a tres sectores: la biodiversidad, el económico y el de la salud. Nos centramos, en este estudio, en el sector de la apicultura donde este está trabajando para conseguir métodos efectivos que reduzcan los daños que provocan los colmenares, uno de los métodos es un control físico con mallas, las llamadas bozales (muselières en francés), que su intención es dar un margen más elevado que las abejas puedan salir del colmenar sin ser depredadas.

Para evaluar los bozales, en sí pueden afectar a la salida y entrada de las abejas de la miel y también de la avispa asiática se ha testado con tres tamaños de malla cuadrada, de 8, 10 mm y otra de forma hexagonal (12 mm). Se han recogido datos por muestreo 1, en el mes de septiembre, en dos zonas diferentes: Girona y Santa Coloma de Farnés; en franja horaria diferente



(mañana: 10-12h y mediodía: 12-14h) y por el muestreo 2, en el mes de octubre en Girona durante la mañana (de 9-13h). Se ha hecho un conteo de entradas y salidas por caja y se anotaba el total de avispa asiática presente en la caja a la hora del muestreo. Con estos datos se ha podido observar que durante los meses de septiembre y octubre, la abeja ha ido disminuyendo su actividad mientras que la avispa asiática ha aumentado. Que en las diferentes franjas horarias mantienen una oscilación inversa de actividad. Que los bozales, independientemente del tipo y tamaño, no afectan a la actividad de la abeja, pero al mismo tiempo no impiden el paso de la avispa asiática donde ésta ha presentado más presión en aquellas cajas que tenían bozales de malla hexagonal (12 mm). Este estudio presenta información preliminar que necesita ser desarrollado con más datos adicionales y englobar el periodo activo de la avispa asiática.

ABSTRACT

The Asian wasp (*Vespa velutina*) the first case in Catalonia was in 2012 in Garrotxa. This species is non-native and invasive and is currently quite widespread in Catalonia, which affects three sectors: biodiversity, the economy and health. We focus, in this study, on the beekeeping sector where it is working to achieve effective methods that reduce the damage they cause to beehives, one of the methods is a physical control with meshes, the so-called muzzles (muselières in French), that their intention is to give a higher margin so that the bees can leave the beehive without being preyed upon.

In order to evaluate the muzzles, whether they can affect the exit and entry of honey bees and also the Asian wasp has been tested with three different sizes of square mesh, 8, 10 mm and another hexagonal shape (12 mm). Data were collected for sampling 1, in September, in two different areas: Girona and Santa Coloma de Farnés; in a different time, slot (morning: 10-12h and noon: 12-14h) and for sampling 2, in October in Girona throughout the morning (from 9-13h). The number of entries and exits per box was counted and the total Asian wasp present in the box at the time of sampling was recorded. With these data, it has been observed that during the months of September and October, the bee has been declining in its activity while the Asian wasp has been increasing. That in the different time slots they maintain an inverse oscillation of activity. That the muzzles, regardless of the type and size, do not affect the activity of the bee but at the same time do not prevent the passage of the Asian wasp where it has presented more pressure in those boxes that had hexagonal mesh muzzles (12 mm).

This study presents preliminary information that needs to be developed with more additional data and encompass the active period of the Asian wasp.



1. INTRODUCCIÓ

L'abella de la mel és el pol·linitzador de productes agrícoles més valuós a nivell mundial. Aproximadament el 73% de les plantes cultivades en el món són pol·linitzades per abelles (Reddy et al. 2012). L'apicultura és un sector important de l'agricultura europea i un sistema de producció d'aliments que genera feina i augmenta els ingressos en zones rurals (FAO 2006). D'acord amb la comissió Europea (2016), uns 600.000 apicultors (aproximadament 16 milions de colònies d'abelles de mel) produeixen al voltant de 250.000 tones de mel per any, generant més de 400 milions d'euros per any a nivell de la UE (Sperandio et al. 2019).

El sector apícola a Espanya té 32.845 apicultors, on més del 18% són professionals (reuneixen més de 150 ruscós). Cal destacar que aquest és el més alt de la UE, seguit de Romania (11%) i Polònia (9%) (MAPA 2019). Les tres comunitats autònomes amb més explotacions apícoles són, en dades recollides el 2018: Castella i Lleó (17,4%), Andalusia (15,8%) i Galícia (13,3%). Catalunya és la sisena comunitat amb més explotacions a nivell nacional (6,8%), on un 86% són explotacions professionals (MAPA 2019).

La producció de la mel és realitzada per la coneguda *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, un insecte que pertany dins de l'ordre dels himenòpter a la família *Apidae* i al gènere *Apis*. Aquest gènere compren 4 espècies: *A. dorsata* Fabricius, 1793, *A. florea* Fabricius, 1787, *A. cerana* Fabricius, 1793 y *A. mellifera* (AGA s.d.). Aquesta última és l'abella de major interès econòmic i la que s'ha expandit a nivell global a través d'Àfrica, Europa i Àsia occidental (Miguel et al., 2011). Presenta un comportament social molt avançat amb una clara divisió de tasques entre membres de la colònia (Valido et al., 2014). A més, pels humans ha passat a ser una devoció íntima pel seu valor com a pol·linitzador (Catalayud 2017). Tot i així, actualment s'està qüestionant la seva eficiència pol·linitzadora pel fet que pot desplaçar altres insectes pol·linitzadors autòctons que es troben en declivi (Valido et al. 2014).

Actualment els apicultors tenen que procurar el benestar de les colònies, ja que existeixen diversos factors que poden alterar la seva activitat professional. L'alteració agrícola de la diversitat, la disponibilitat i la composició dels recursos florals afecten negativament la dinàmica i supervivència de les colònies d'abelles (Requier et al. 2017). Pesticides com els neonicotinoides, piretroides i fungicides afecten greument el comportament i l'aptitud de les abelles (Prado et al. 2019), així com malalties, patògens i paràsits que poden patir (Potts et al. 2010; Goulson et al. 2015; Steinhauer et al. 2018). Recentment també cal incloure a les espècies invasores, com la vespa asiàtica *Vespa velutina* subsp. *nigrithorax* Buysson, 1905 (Requier et al. 2019) (Figura 1).



La vespa asiàtica (*Vespa velutina* subsp. *nigrithorax*) és autòctona d'Àsia i a Europa va ser detectada per primer cop a França l'any 2004. L'explicació de la seva arribada no està del tot clara, però es creu que pot ser a través del comerç hortícol en un vaixell de càrrega provinent de Xina on la vespa asiàtica si trobava a bord (Villemant et al. 2006). Cap al 2010 aquesta espècie va creuar els Pirineus i els primers nius es van detectar a Navarra. El 2012 es va detectar el primer niu a Catalunya, on actualment s'ha estès per tot el territori català provocant un impacte socioeconòmic important (Figura 2) (Couto 2016).



Figura 1. Obrera de vespa asiàtica (*Vespa velutina nigrithorax*) (AGA, s.d.)

Les abelles representen més del 70% de les preses de la vespa asiàtica en àrees urbanitzades (amb una limitada diversitat d'entomofauna), mentre que en espais agrícoles, on la *Vespa velutina* té al seu abast altres preses disponibles, l'aprofitament de les abelles com a presa descendeix aproximadament fins un 30% de la seva dieta (Beggs et al. 2011). La vespa asiàtica captura les abelles a l'entrada de la colònia i afecta a aquesta última de dos maneres. La primera és per depredació d'abelles adultes, provocant la reducció de les colònies (Monceau et al. 2013; Requier et al. 2019). I la segona es que la presència de vespa asiàtica volant davant les colònies pertorba l'activitat de vol de l'abella (Monceau et al. 2018; Requier et al. 2019).

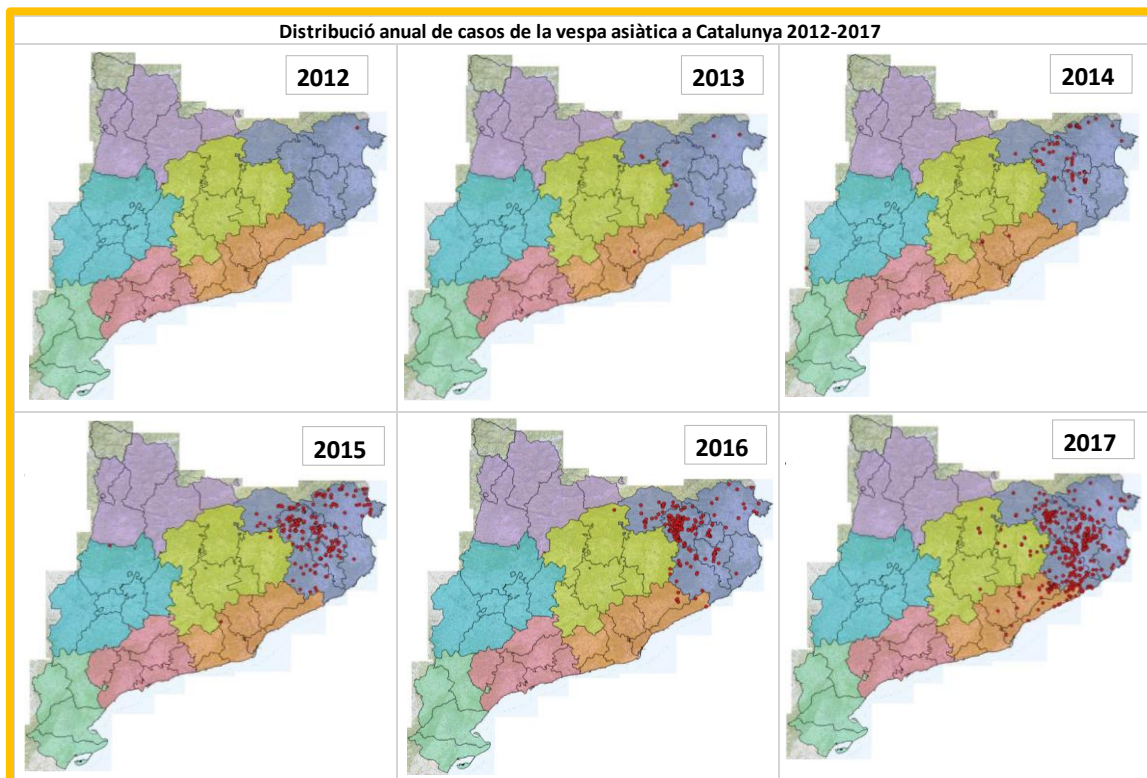


Figura 2. Distribució de la vespa asiàtica a Catalunya des de 2012 fins 2017, els punts vermells indiquen els ruscus detectats i confirmats pels agents rurals. Font: Agents rurals, 2018.



La legislació espanyola (Llei 42/2007, de 13 de desembre, del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat) defineix com a espècie exòtica invasora “aquella que s'introdueix o estableix en un ecosistema o hàbitat natural o seminatural i que es un agent de canvi i amenaça per la diversitat biològica nativa, ja sigui pel seu comportament invasor, o pel risc de contaminació genètica” (MAPA 2020.). Donades les característiques d'aquesta espècie al·lòctona i les seves repercussions econòmiques i de conservació de la biodiversitat, ha estat inclosa al Catàleg Espanyol d'Espècies Exòtiques Invasores, regulat pel Reial Decret 630/2013, de 2 d'agost, pel que es regula el llistat i catàleg espanyol d'espècies exòtiques invasores, que estableix la necessitat d'arbitrar mesures pel seguiment, control i possible eradicació d'aquesta espècie.

Els costos econòmics associats als insectes invasors es poden dividir a grans trets en tres categories principals: costos relacionats amb la prevenció de la invasió, el cost de combatre la invasió i els costos del dany causats per la invasió (Bradshaw et al. 2016). En relació als costos per combatre la vespa asiàtica, s'estima que el cos anual de retirar els nius, un cop la vespa hagi colonitzat tota la seva distribució climàticament favorables estarà al voltant de € 11.9 M a França, €9.0 M a Itàlia i €8.6 M al Regne Unit (Barbet-Massin et al. 2020).

Diversos estudis han descrit tàctiques de defensa coordinades realitzades per les colònies d'abelles quan són atacades per vespes. Una estratègia defensiva és l'anomenada “bola tèrmica” a on les abelles envolten la vespa i utilitzen el calor que generen per matar-la, aquesta estratègia és molt utilitzada en *A. cerana* (Ono et al. 1995; Ken et al. 2005). *Apis mellifera* no és eficient en la defensa de la colònia contra *V. velutina*. Fins ara, les “boles tèrmiques” només s'han observat quan les vespes es col·loquen experimentalment en el tauler de vol de l'abellar (Arca et al. 2014). Tot i així el número d'individus necessaris per arribar a les temperatures necessàries per provocar la mort de *V. velutina* són majors en *A. mellifera* que en *A. cerana* (Monceau et al 2014; Ken et al. 2005). Per tant una manera de reduir els atacs i mantenir la producció de la mel és utilitzant mecanismes de control.

Actualment els mètodes i actuacions que estan duent a terme els apicultors per frenar aquest depredador són molt variats tant en característiques com en la forma de captura. El més conegut són les trampes amb esquer (d'atracció), tot i que no és el més selectiu i no pot reduir de manera sostenible les poblacions de vespa asiàtica (Beggs et al. 2011). Altres mètodes directes utilitzats són la captura de les reines fundadores o la destrucció de les colònies (Turchi i Derijard 2018). Però com que l'eradicació tant sols és factible en els primers estadis de la invasió s'han passat a utilitzar mètodes passius, com les arpes elèctriques que es situen al voltant de les caixes, on la vespa asiàtica queda electrocutada al xocar contra ella, o els morrions (*muselières* en francès) que es situen davant l'obertura d'entrada i sortida de les caixes, impeding que la vespa asiàtica l'hi sigui més difícil atrapar a les abelles que entren i surten (Turchi i Derijard 2018) (Figura 3).

Aquest últim mètode, els morrions, consisteix generalment en tres taulers de fusta: dos col·locats als costats de la caixa i un a sota, sobre els quals es subjecte una malla metàl·lica que pot tenir diferents mides (Figura 5). Una variant d'aquest morrió consisteix en una xemeneia vertical d'uns 4 cm d'amplada pel pas de l'abella (Turchi et al. 2018). En el nostre estudi no s'ha utilitzat una xemeneia sinó que s'ha deixat un marge d'uns 0,6 cm entre la caixa i la part superior del morrió anomenant-la ranura (Figura 4). Requier et al. (2020) avaluen l'efectivitat dels morrions com a mètode de control de la vespa asiàtica, estudiant l'activitat de vol de les abelles i el comportament de caça de *V. velutina* amb presència de morrions. Els resultats obtinguts suggereixen que la instal·lació dels morrions a les caixes poden mitigar l'efecte perjudicial de la vespa a les abelles reduint l'estrès i la parada de l'activitat en la cerca d'alimentació (Requier et al. 2020).



Figura 3: Fotografies de morrions (en francès muselières) instal·lats davant de rusc d'abelles. (1) Morrió amb malla metàl·lica hexagonal (12mm) posada davant l'obertura d'entrada i sortida de la caixa. (2) Ranura superior del morrió (indicada amb una fletxa vermella). (3) Morrió amb una malla metàl·lica de 8 mm. Font: pròpia.

2. OBJECTIUS / OBJECTIVES

The overall objective of this study is to evaluate how muzzles, which are used to mitigate the effects of the Asian wasp, affect the activity of *A. mellifera* and *V. velutina* depending on the type and size of the mesh (square of 8 mm, square 10 mm and hexagonal 12 mm).

The specific objectives of the study, as well as the hypotheses to be tested in each case, are:

1. Analyse the activity of *A. mellifera* and *V. velutina* over the days and as a function of temperature.
 - Hypothesis 1: The activity of *A. mellifera* and *V. velutina* varies over the days.
 - Hypothesis 2: The activity of *A. mellifera* and *V. velutina* varies according to the time slot (morning and noon) or temperature.
2. Analyse the activity of *A. mellifera* according to the type and mesh size of the muzzles.
 - Hypothesis 3: There are differences in the activity of *A. mellifera* (counting inputs and outputs together) depending on the size and shape of the meshes.
 - Hypothesis 4: There are differences in the inputs (distinguishing between inputs by mesh and by slot) of *A. mellifera* depending on the size and shape of the meshes.
3. Analyse the activity of *V. velutina* according to the type and mesh size of the muzzles.
 - Hypothesis 5: There are differences in the activity of *V. velutina* depending on the size and shape of the meshes.

3. METODOLOGIA

Per a la realització del treball, s'ha realitzat dos mostreigs diferents:

1. Mostregi 1: Efecte dels morrions en l'activitat de *A. mellifera* i *V. velutina* en dos franges horàries a dos localitats diferents.
2. Mostreig 2: Efecte dels morrions en l'activitat de *A. mellifera* i *V. velutina* al llarg del matí a una localitat.

Les hipòtesis a testar (indicades als objectius) són aplicables als dos mostreigs, tot i que en el cas de la Hipòtesi 2 s'han fet lleugeres adaptacions en funció del mostreig.

3.1. Àrees d'estudi

Els dos abellars mostrejats es situen un a Girona, a la zona de Sant Daniel i l'altre a Santa Coloma de Farnés, dins del terreny que pertany a l'Escola Agrària Forestal "Casa Xifra".



L'abellar de Girona és una explotació apícola no professional de sis caixes estants i gestionades per un particular. Es troba dins una petita esplanada envoltada d'arbustos i camps (Figura 4). En aquestes caixes hi han posat 6 morrions: dos de 8 mm, dos de 10 mm i dos d'hexagonals (12 mm).

En el cas de Santa Coloma de Farnés també es tracta d'un abellar no professional de 11 caixes estants gestionades per l'Escola Agrària Forestal. Es troba situat en una zona boscosa (Figura 4). En aquestes caixes hi han posat 6 morrions: dos de 8 mm, dos de 10 mm i dos d'hexagonals (12 mm), però també s'han deixat caixes sense morrions (caixes de control). Aquestes últimes caixes eren les que presentaven una fortalesa menor i per tant la seva utilització com a caixes control és feble, però al no tenir més disponibilitat de caixes no s'ha tingut altre opció d'utilitzar-les com a caixes control.

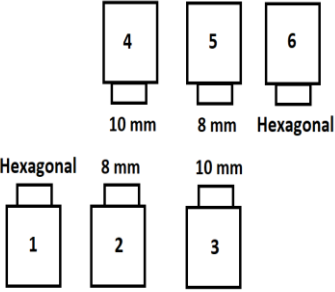
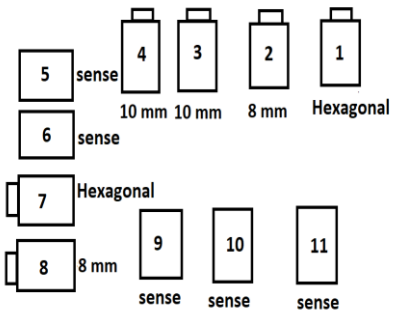
Zona	Girona	Santa Coloma de Farnés
Localitat		
Ubicació caixes		
Fotos		

Figura 4: Localització i distribució de les colònies d'abelles a les dues zones d'estudi: Girona (columna esquerra) i Santa Coloma (columna dreta). En relació a la ubicació de les caixes, s'indica el tractament rebut per a cada colònia objecte d'estudi: sense morrions (abreviat "sense"), morrions amb malla hexagonal ("hexagonal"), amb malla quadrada de 10 mm ("10 mm") i amb malla quadrada de 8 mm ("8 mm"). Font: pròpia.

3.2. Mostreig 1

S'ha avaluat l'efecte dels morrions en l'activitat de *A. mellifera* i *V. velutina* mitjançant un mostreig observacional als abellars de Girona i Santa Coloma (Figura 2). El mostreig s'ha dut a terme el mes de setembre amb una periodicitat setmanal i en la franja horària de 10 a 14h, alterant cada setmana el mostreig de matí (10 – 12h) i de migdia (12 – 14h) entre els abellars.

Durant les dues hores que durava el mostreig, es mostrejaven totes les caixes de l'abellar objecte d'estudi. Dedicant un minut a cada caixa, es comptava les entrades (diferenciant si era per la malla o la ranura) i les sortides de les abelles, així com les vespes asiàtiques que arribaven a la caixa des d'una distància de 2 m. De les vespes, s'anota si: (i) es quedaven a fora, (ii) entraven dins el morrió, (iii) entraven dins la caixa (després d'haver passat la malla), i (iv) quantes de simultànies hi havia al voltant del morrió.

En el cas d'una elevada activitat de l'abella que fes inviable el compte d'entrades i sortides durant el mateix minut, es dedicava, un minut a les entrades i un minut a les sortides, dedicant dos minuts a la caixa. Un cop mostrejades totes les caixes, es tornava a repetir el procés fins a realitzar un total de 6 observacions a cada caixa. A cada observació, a més de les abelles i les vespes, també s'anotava l'hora de l'observació i si les caixes estan a l'ombra o al sol. A més s'ha extret les temperatures mitjanes de les estacions meteorològiques més properes de la zona en les estacions de meteocat, en el cas de Girona, l'estació amb codi *Girona [XJ]* i de Santa Coloma, l'estació amb codi *Santa Coloma de Farners [XS]*.

3.3. Mostreig 2

Aquest mostreig es va dur a terme el mes d'octubre, també amb una periodicitat setmanal, però només es va realitzar a l'abellar de Girona. Al igual que en el mètode anterior, s'anotaven les entrades (per la malla i la ranura) i sortides de *A. mellifera* i el nombre de *V. velutina* que hi havia a les caixes de l'abellar durant intervals de 1 minut de durada des d'una distància de 2 m.

En el cas d'una elevada activitat de l'abella que fes inviable el compte d'entrades i sortides durant el mateix minut, es dedicava, un minut a les entrades i un minut a les sortides, dedicant dos minuts a la caixa. La diferència amb l'altre mostreig radica en que les dades s'agafaven durant tot el matí. El mostreig començava a les 8:30h, es dedicava un minut a cada caixa i un cop mostrejades totes les caixes es tornava a repetir el procés fins a realitzar un total de 4 observacions a cada caixa. El següent mostreig es reprenia a la següent hora, a les 9:30h i així successivament per cada hora fins a les 12:30h, quan es produïa l'inici de l'últim mostreig.





Figura 5: Recollida de dades a l'abellar de Girona, on es veuen tres de les sis caixes que conformen l'abellar. Cada caixa porta un morrió amb una mida de malla diferent. Font: pròpia.

3.4. Anàlisi de dades

Les dades obtingudes en els dos mostreigs s'han analitzat separatament, però utilitzant les mateixes eines gràfiques i estadístiques. En tots dos casos l'anàlisi gràfic s'ha fet amb el programa Microsoft Excel, mentre que per a l'anàlisi estadístic s'ha utilitzat el programa R (Core Team 2014). Es va examinar l'activitat de les abelles / vespa amb diverses variables explicatives mitjançant models lineals generalitzats mixtes (coneguts com a GLMM per l'abreviació en anglès). Es va suposar que la variable de resposta seguia una distribució de poisson amb el seu paràmetre de probabilitat depenent de les variables explicatives. La identitat dels rusc o caixa es va incloure com un factor aleatori, donant compte de l'estructura jeràrquica del disseny de mostreig ja que les observacions dins del mateix rusc no són independents. Totes les anàlisis es van realitzar mitjançant el paquet R "lme4" (Bates et al. 2015).

Primer de tot, s'ha avaluat la fortalesa de les colònies d'abelles. S'ha calculat l'activitat de l'abella de la mel (comptant el número d'entrades i sortides del rusc conjuntament) per a cada una de les caixes per tenir una idea aproximada de la seva fortalesa durant la realització dels mostreigs. També s'ha volgut analitzar l'activitat de la vespa asiàtica a cada caixa, per tal d'observar quines caixes han tingut més presència davant aquesta espècie.

L'anàlisi de les dades del mostreig 1 s'ha realitzat seguint les hipòtesis presentades als objectius, sempre separant per la localitat dels abellars. Per la primera hipòtesi s'ha analitzat l'activitat mitjana de l'abella i la vespa asiàtica segons el dia. En el segona hipòtesi, s'ha fet la mitjana de l'activitat per cada espècie tenint en compte la franja horària entre matí i migdia i el tipus de malla que tenen les caixes. En la tercera hipòtesi s'ha quantificat l'activitat de *A. mellifera* segons el tipus de mida i forma de la malla; s'han comptat entrades i sortides conjuntament extreien la mitjana. Per la quarta hipòtesi, s'ha fet la mitjana de les entrades (distingint entre entrades per la malla i per la ranura). I per últim, la cinquena hipòtesi s'ha comparat el comportament de la *V. velutina* davant el morrió, en aquest cas s'ha calculat el total i s'ha fet la mitjana segons



la quantitat de vespa present davant la caixa, també s'ha calculat el % de quantes d'aquestes han aconseguit passar la malla i entrar dins la caixa.

Pel mostreig 2, realitzat en una única localització, l'anàlisi també s'ha desglossat seguint les hipòtesis presentades als objectius. En la primera hipòtesi s'ha fet la mitjana de l'activitat de la vespa asiàtica i de l'abella per observar la fluctuació en els diferents dies, també s'ha realitzat una gràfica lineal on s'ha representat com fluctua l'activitat de l'abella i la vespa asiàtica segons el dia i al llarg de les hores. En la segona hipòtesi, s'ha representat mitjançant un gràfic de dispersió, l'activitat de les dos espècies per separat segons la temperatura mitjana, per observar en quina temperatura presenten més i menys activitat. En la tercera hipòtesi s'ha quantificat l'activitat de *A. mellifera* segons el tipus de mida i forma de la malla; s'han comptat entrades i sortides conjuntament extreien la mitjana. La quarta hipòtesi mitjançant un diagrama de caixes s'ha representat la mitjana de l'activitat de l'abella segons les seves entrades (distingint entre entrades per la malla i per la ranura). I en la cinquena s'analitza el total de *V. velutina* i la mitjana de l'activitat de la vespa asiàtica davant el tipus de malla que es trobava, es representa en una gràfica de barres i s'ha calculat el % que han aconseguit passar la malla i entrar dins la caixa.

4. RESULTATS

4.1 Fortalesa de les colònies de *A. mellifera* i activitat de *V. velutina*

Els resultats del mostreig 1 indiquen que l'activitat mitjana de *A. mellifera* (sumant el nombre d'entrades i sortides) és semblant a les dues localitats. A Santa Coloma no existeixen diferències significatives entre caixes (ANOVA: $F(10.246) = 1.41$, $P \text{ valor} = 0.176$), tot i que l'activitat de la caixa 11 és relativament baixa. A Girona trobem diferències significatives entre caixes, tant al mostreig 1 (ANOVA: $F(5.174) = 8.58$, $P \text{ valor} = 2.76e^{-7}$) com al mostreig 2 (ANOVA: $F(5.534) = 40.13$, $P \text{ valor} < 2e^{-16}$), essent les caixes 4 i 6 les que presenten els valors més baixos. En general, l'activitat mitjana de *A. mellifera* és superior al mostreig 1 que al mostreig 2. Els valors relativament elevats de la caixa 3 durant el mostreig 2 corresponen a que va ser retirada per l'apicultor 3 setmanes abans d'acabar el mostreig degut a la sobtada despoblació de la colònia, això ha causat que al mostreig anterior a la desaparició de la caixa va succeir un fenomen de colonització per part d'altres colònies, augmentant així l'activitat d'aquella caixa, fent que la seva mitjana sigui superior a la resta de caixes (Taula 1).



Pel que fa a l'activitat mitjana de *V. velutina*, els resultats del mostreig 1 indiquen que aquesta és més elevada a Santa Coloma que a Girona. Ambdues localitats presenten diferències significatives entre caixes (ANOVA: $F(10.246) = 2.82$, $P \text{ valor} = 0.002$ a Santa Coloma, i $F(5.174) = 2.34$, $P \text{ valor} = 0.043$ a Girona). Les caixes amb els valors més baixos d'activitat són la caixa 4 de Girona (que també presenta els valors més baixos d'activitat d'abella de la mel) i la caixa 2 a Santa Coloma. A Girona, l'activitat mitjana de *V. velutina* és més elevada durant el mostreig 2 que durant el mostreig 1 (Taula 1).

Taula 1: Activitat mitjana de A. mellifera i V. velutina per a cada caixa (amb la desviació estàndard entre parèntesis) pels mostreigs 1 i 2. L'activitat s'ha calculat sumant les entrades i sortides del rusc observades durant les observacions d'1 minut de durada realitzades durant els mostreigs. En groc apareixen indicades les caixes amb més activitat i en taronja les caixes amb menys activitat.

		Mostreig 1		Mostreig 2	
Caixa	Malla	<i>A. mellifera</i>	<i>V. velutina</i>	<i>A. mellifera</i>	<i>V. velutina</i>
Girona					
1	H	29.50 (± 20.36)	0.43 (± 0.63)	4.77 (± 6.08)	0.84 (± 0.93)
2	8	22.23 (± 15.91)	0.4 (± 0.62)	5.07 (± 7.45)	0.82 (± 1.01)
3	10	20.57 (± 21.65)	0.2 (± 0.41)	16.47 (± 16.77)	0.73 (± 1.18)
4	10	6.60 (± 4.59)	0.2 (± 0.48)	2.87 (± 3.06)	0.48 (± 0.63)
5	8	17.47 (± 15.36)	0.5 (0.73)	5.65 (± 9.01)	0.90 (1.04)
6	H	14.03 (± 13.58)	0.67 (0.88)	2.18 (± 3.45)	0.76 (± 1.32)
Santa Coloma					
1	H	15.35 (± 20.04)	1.09 (± 1.08)		
2	8	15.17 (± 21.05)	0.75 (± 0.99)		
3	10	19.55 (± 25.30)	1.83 (1.91)		
4	10	29.55 (± 30.11)	1.42 (± 1.67)		
5	sense	14.33 (± 26.97)	1.42 (± 1.38)		
6	sense	12.04 (± 22.45)	2.58 (± 1.89)		
7	H	18.58 (± 27.16)	1.71 (± 1.85)		
8	8	19.33 (± 30.22)	2.25 (1.94)		
9	sense	29.63 (± 43.56)	1.08 (± 1.35)		
10	sense	22.22 (± 31.34)	1.39 (± 1.25)		
11	sense	8.88 (± 15.17)	1.33 (± 1.24)		

4.2 Mostreig 1

4.2.1 Activitat de *A. mellifera* i *V. velutina* al llarg dels dies i en funció de la temperatura.

L'activitat de l'abella de la mel a Santa Coloma i Girona pateix fluctuacions significatives al llarg dels dies mostrejats (GLMM: $P \text{ valor} < 0.05$). L'activitat de la vespa asiàtica també pateix fluctuacions significatives a Santa Coloma (GLMM: $P \text{ valor} < 0.05$), però no a Girona a on es manté més o menys constant (GLMM: $P \text{ valor} > 0.05$) a excepció del 3 de setembre (Figura 6).



A Santa Coloma, l'activitat de l'abella i la vespa semblen estar inversament correlacionades: quan més elevada és una, més baixa és l'altre (GLMM: Estimate= -1.2, SE= 0.02, z-value= -50.6, P valor<2e⁻¹⁶) (Figura 6). A Girona, s'observa un patró semblant, els dies 3 i 12 de setembre, però la resta de dies l'activitat de la vespa ha estat constant (si bé lleugerament baixa) mentre que la de l'abella ha anat variant (Figura 6), tot i així la relació és significativa (GLMM: Estimate= -0.2, SE= 0.03, z-value= -8.1, P valor= 3.1e⁻¹⁶). Això podria explicar-se per les diferències en les franges horàries en que es realitzaven els mostreigs als dos abellars.

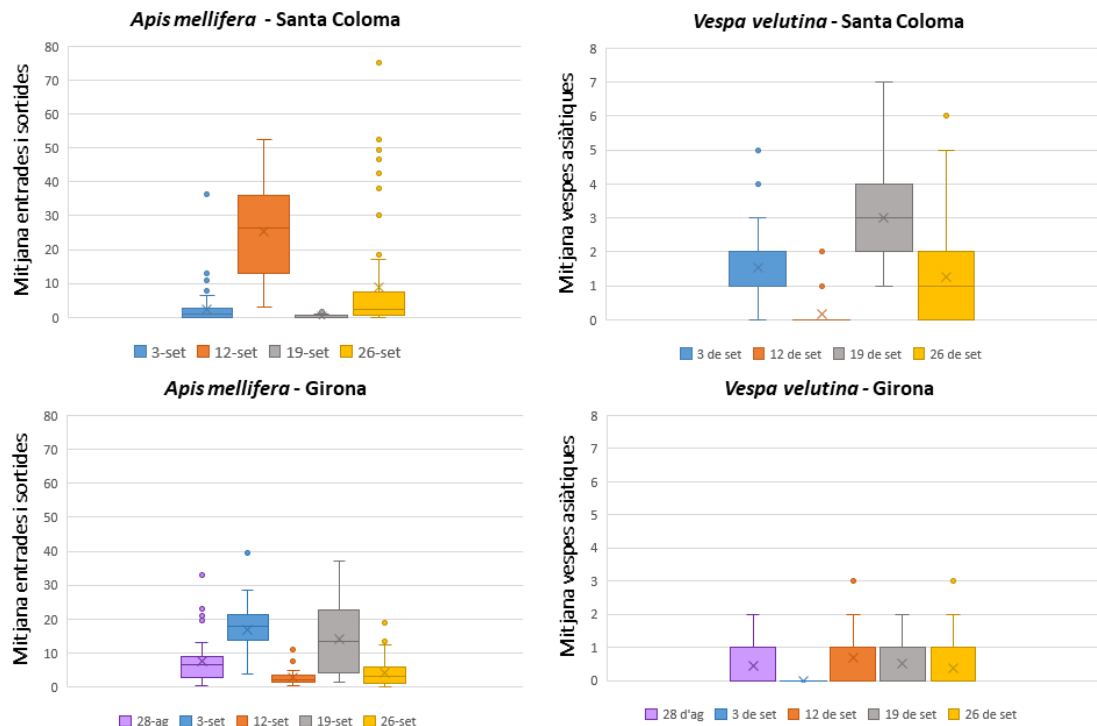


Figura 6: Activitat mitjana de l'abella de la mel (esquerra) i la vespa asiàtica (dreta) a Santa Coloma (dalt) i Girona (baix) segons els dies. L'activitat correspon a la mitjana d'entrades i sortides d'abelles del rusc i al número de presència de *V. velutina* observades durant les observacions d'1 minut de durada realitzades durant el mostreig. Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana i els bigotis indiquen els rangs del 25% de valors de dades de la part inferior i el 25% de la part superior, excloent els valors atípics representats en punts.

Si ens fixem amb l'activitat de les dues espècies per franges horàries, observem que l'activitat de *A. mellifera* és més elevada al migdia, mentre que *V. velutina* presenta més activitat al matí. Aquest patró s'observa a les dues localitats mostrejades, en el cas de l'abella de la mel (GLMM: Estimate= 2.79, SE= 0.05, z-value= 47.77, P valor<2e⁻¹⁶ a Santa Coloma, i Estimate= 1.1, SE= 0.03, z-value= 32.55, P valor<2e⁻¹⁶ a Girona) i en la vespa asiàtica (GLMM: Estimate= 2.79, SE= 0.05, z-value= 47.77, P valor<2e⁻¹⁶ a Santa Coloma, i Estimate= -0.69, SE= 0.27, z-value= -2.56, P valor= 0.01 a Girona).



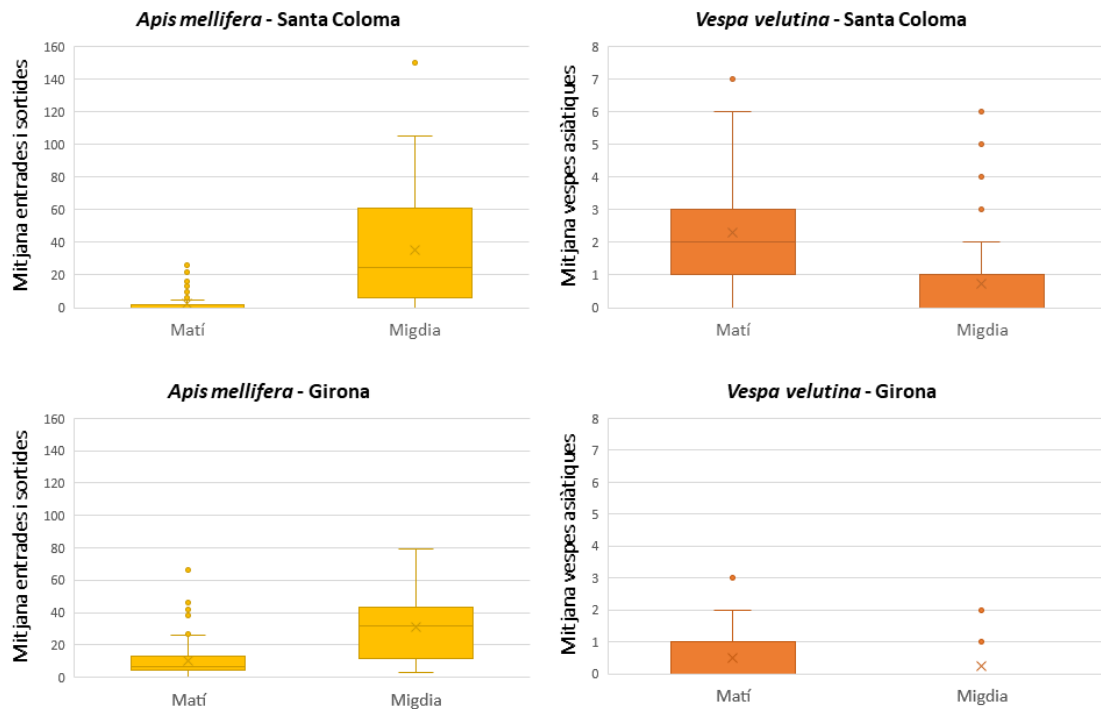


Figura 7: Activitat mitjana de *Apis mellifera* (esquerra) i *Vespa velutina* (dreta) a Santa Coloma (dalt) i Girona (baix) segons la franja horària (matí-migdia). L'activitat de l'abella de la mel es correspon a les entrades i sortides del rusc observades durant les observacions d'1 minut de durada, mentre que l'activitat de la vespa correspon a la mitjana del nombre de vespes asiàtiques volant a les entrades de les caixes. Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana i els bigotis indiquen els rangs del 25% de valors de dades de la part inferior i el 25% de la part superior, excloent els valors atípics representats en punts.

4.2.2 Activitat de *A. mellifera* en funció del tipus i mida de malla dels morrions.

No s'observen diferències significatives en l'activitat mitjana de *A. mellifera* en caixes amb morrions amb diferents tipus i mides de malles a cap de les dues localitats (GLMM: $P \text{ valor} > 0.05$ a Santa Coloma i $P \text{ valor} > 0.05$ a Girona). Comparant l'activitat de les caixes amb morrions amb les caixes sense morrions de Santa Coloma (l'única localitat on hi havia caixes sense morrions), trobem diferències lleugerament significatives (GLMM: $P \text{ valor} = 0.019$). Cal destacar, però, que les caixes seleccionades per al tractament sense morrions corresponien a colònies molt fluïxes i no suficientment representatives del funcionament general de les caixes de l'abellar. En qualsevol cas, els resultats indiquen que els morrions no serien un impediment per al manteniment de l'activitat de l'abella de la mel.



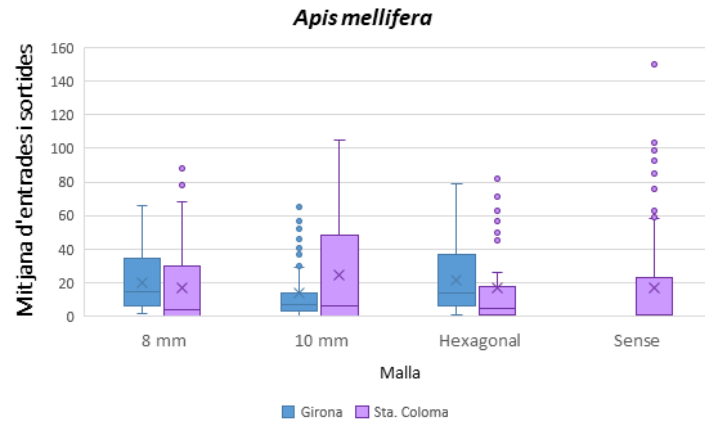


Figura 8: Activitat mitjana de *Apis mellifera* a Girona i Santa Coloma en funció del tipus de malla i mida de malla dels morrions. L'activitat correspon a la mitjana de les entrades i sortides del rusc observades durant les observacions d'1 minut de durada realitzades durant el mostreig. Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana i els bigotis indiquen els rangs del 25% de valors de dades de la part inferior i el 25% de la part superior, excloent els valors atípics representats en punts.

Pel que fa a les entrades de *A. mellifera* a través dels morrions, independentment del tipus i mida de malla, les entrades per la malla són significativament superiors a les entrades per la ranura (GLMM: P valor < 0.05 ; Figura 9). També s'observa que a les caixes amb morrions de malla hexagonal (amb el forat de llum més gran) les entrades per la ranura són molt inferiors a les dels morrions amb malles quadrades de 8 i 10 mm (Figura 9, Entrades dalt). Tot i que aquestes diferències no són significatives a Girona (GLMM: P valor > 0.05), sí que ho són a Santa Coloma (GLMM: P valor < 0.05).



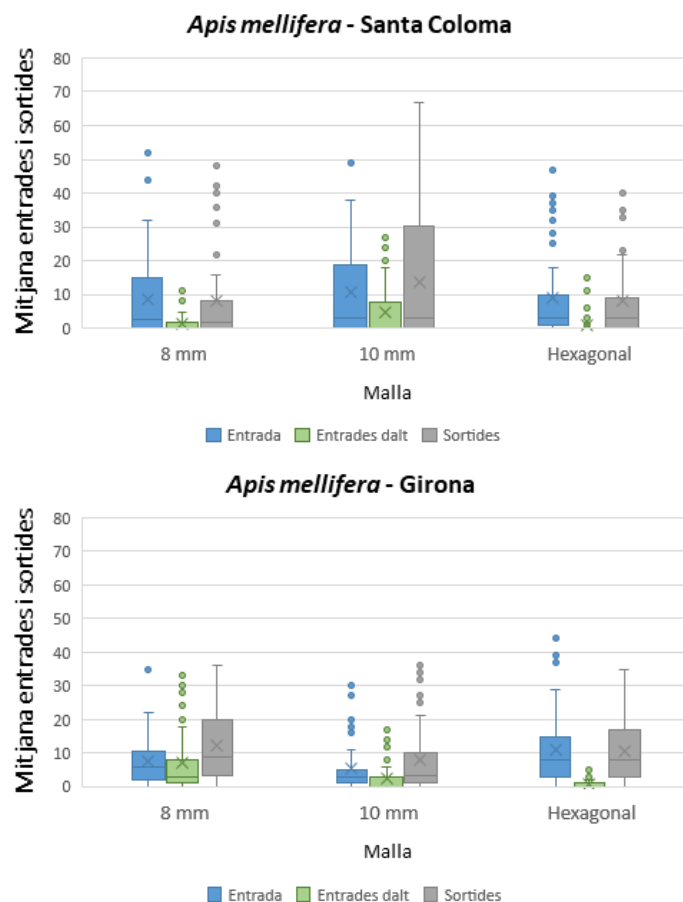


Figura 9: Activitat mitjana de *Apis mellifera* a Santa Coloma (dalt) i a Girona (baix) segons el tipus de malla. L'activitat correspon a les entrades i sortides del rusc observades durant les observacions d'1 minut de durada realitzades durant el mostreig. En el cas de caixes amb morrions, les entrades corresponen a les entrades per la malla (Entrada) i la ranura (E. Dalt). Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana i els bigotis indiquen els rangs del 25% de dades de la part inferior i el 25% de la part superior, exclouent els valors atípics representats en punts.

4.2.3 Activitat de la *V. velutina* en funció del tipus i mida de malla dels morrions.

Com vèiem a la Taula 1, l'activitat de *V. velutina* és més elevada a Santa Coloma que a Girona. No sembla que existeixin diferències segons el tipus i mida de les malles dels morrions (Figura 10). Tot i que a Girona la malla quadrada de 10 mm presenta diferències significatives amb les altres malles (GLMM: $P \text{ valor} < 0.05$), a Santa Coloma no s'han trobat diferències significatives entre les diferents malles (GLMM: $P \text{ valor} > 0.05$).



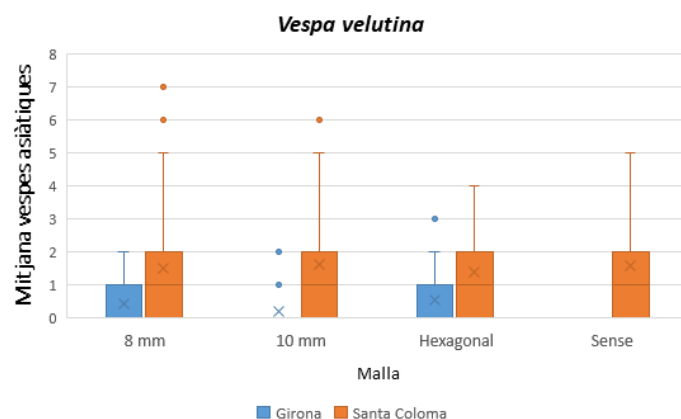


Figura 10: Activitat i mitjana de vespa asiàtica en funció dels tipus i mida de malla dels morrons i localitats mostrejades observades durant les observacions d'1 minut de durada. Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana i els bigotis indiquen els rangs del 25% de valors de dades de la part inferior i el 25% de la part superior, exclouent els valors atípics representats en punts.

Del total de vespes observades durant el mostreig, el 25-26% han passat a través de la malla i un 3% han aconseguit entrar dins la caixa. Els percentatges més elevats de pas a través de la malla i d'entrada a la caixa els trobem a la malla hexagonal (Taula 2).

Taula 2: Comportament de *V. velutina* davant el tipus de malla i segons la localitat. Es mostra el nº d'individus totals que han estat davant la caixa, el % de vespes que han aconseguit passar la malla (Dins malla) i el % de vespes que un cop passada la malla han entrat dins la caixa (Entra caixa).

Girona			
Malla	V. velutina (total)	Dins malla (%)	Entra caixa (%)
8 mm	27	5	0
10 mm	12	10	0
Hexagonal	33	11.54	3.85
Total	72	26.54	3.85
Santa Coloma			
8 mm	72	8.33	0
10 mm	78	3.85	0
Hexagonal	66	13.64	0
Sense	179		2.79
Total	395	25.82	2.79



En general, tot i que la relació és molt feble, observem que l'activitat de la vespa asiàtica a les dues localitats mostrejades disminueix significativament a mesura que augmenta l'activitat de l'abella de la mel, i viceversa (GLMM_{Girona}: Estimate= -0.2, SE= 0.02, z-value= -8.2, P valor= $3.1e^{-16}$ / GLMM_{StaColoma}: Estimate= -1.2, SE= 0.02, z-value= -50.6, P valor< $2e^{-16}$) (Figura 11). El coeficient de determinació és baix degut a que no es tenen en compte altres variables que poden afectar.

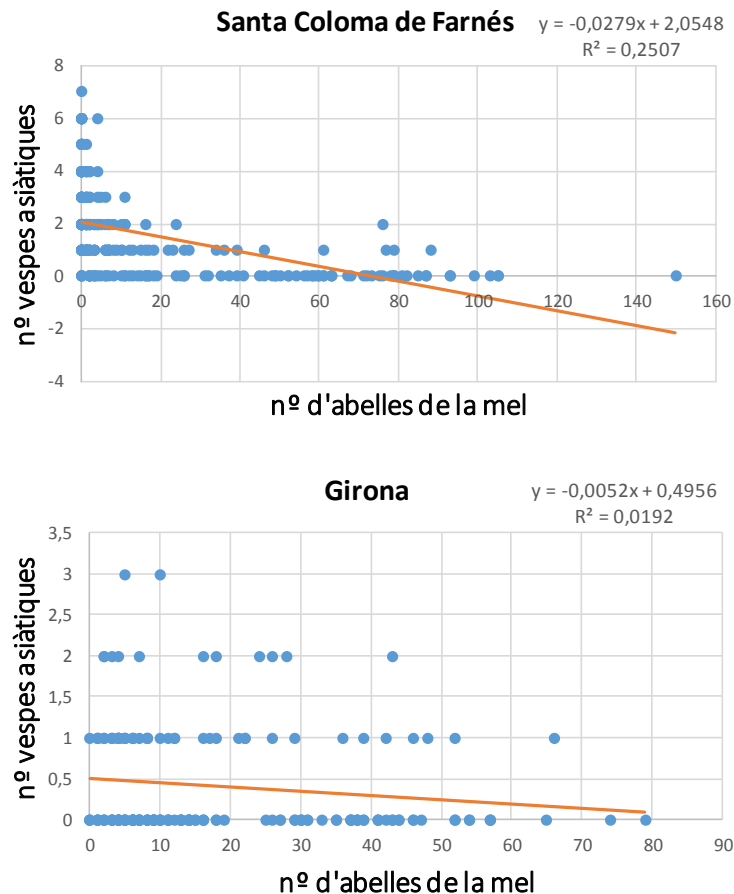


Figura 11: Relació entre l'activitat de *V. velutina* i *A. mellifera* a Santa Coloma (dalt) i Girona (baix). Els punts blaus representen l'activitat entre la vespa asiàtica segons la quantitat d'abella present. La línia taronja representa la línia de tendència de les dades. Es mostra per les dos gràfiques la seva equació i el coeficient de determinació.

4.3 Mostreig 2

4.3.1 Activitat de *A. mellifera* i *V. velutina* al llarg dels dies i en funció de la temperatura.

L'activitat de l'abella de la mel era elevada a principis d'octubre, presentant una diferència significativa amb la resta de dies (GLMM: P valor <0.05), però aquesta es redueix dràsticament la segona setmana de mostreig fins a assolir els valors més baixos a principis de novembre. A diferència de l'abella de la mel, la vespa asiàtica comença amb una activitat baixa i augmenta lleugerament al llarg dels dies, presentant els dos primers dies de mostreig (9 i 16 d'octubre) diferències significatives amb els últims (GLMM: P valor <0.05).

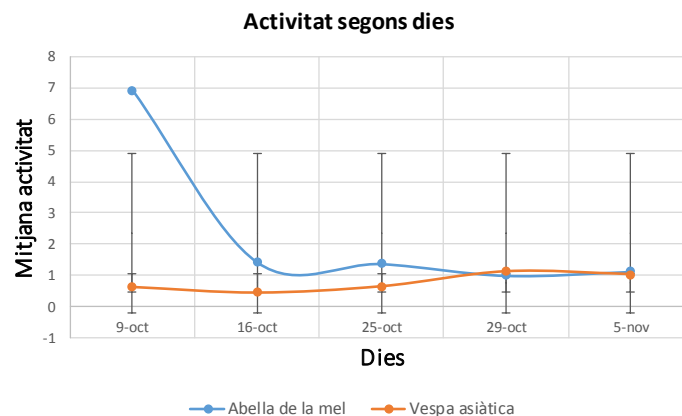


Figura 12: Evolució de l'activitat mitjana de l'abella de la mel (blau) i la vespa asiàtica (taronja) durant la temporada. La de les abelles correspon a la mitjan d'entrades i sortides en el rusc observades durant les observacions d'1 minut de durada. La línia negra representa la desviació estàndard.

Comparant l'activitat de *A. mellifera* al llarg del matí entre els diferents dies de mostreig, s'observa que l'abella de la mel augmenta la seva activitat a mesura que avancen les hores. El dia que presenta una activitat més elevada és el primer dia de mostreig (9 d'octubre), mentre que la resta de dies mantenen una certa semblança (Figura 13).

En el cas de la vespa, no s'observa un patró tant clar com el de l'abella. Semblaria que l'activitat de la vespa és elevada a primers hores del matí, després disminueix per tornar a augmentar fins que quan s'apropen les 12h l'activitat ja torna a ser baixa. Semblaria que aquest segon pic d'activitat es va desplaçant a la dreta a mesura que avança la tardor i baixen les temperatures (Figura 13).



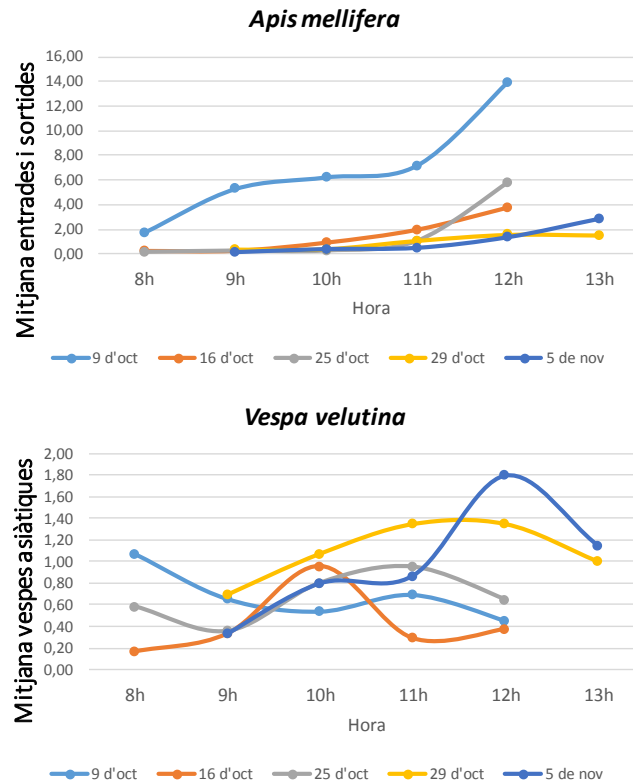


Figura 13: L'activitat mitjana de *A. mellifera* (dalt) i la *V. velutina* (baix) al llarg del matí per diferents dies. Les dades de les abelles són les mitjanes d'entrades i sortides al rusc i per la vespa asiàtica és la mitjana de la seva presència, els dos observades durant les observacions d'1 minut de durada. Els dies 29 d'octubre i 5 de novembre no s'ha aplicat el canvi d'hora per tal de fer coincidir amb la resta de dies.

A mesura que augmenta la temperatura ambiental, *A. mellifera* augmenta significativament la seva activitat (GLMM: Estimate= 0.2, SE= 0.007, z-value= -29.1, P valor<2e⁻¹⁶) (Figura 14). La vespa asiàtica presenta més activitat a temperatures més baixes que l'abella, de manera que el nombre de vespes asiàtiques disminueix a mesura que la temperatura augmenta (Figura 14), tot i això no és significatiu (GLMM: Estimate= -0.02, SE= 0.017, z-value= -1.41, P valor= 0.157). Pels dos casos el coeficient de determinació és baix degut a la presència de moltes dades amb zeros i que no es tenen en compte altres variables que poden afectar.



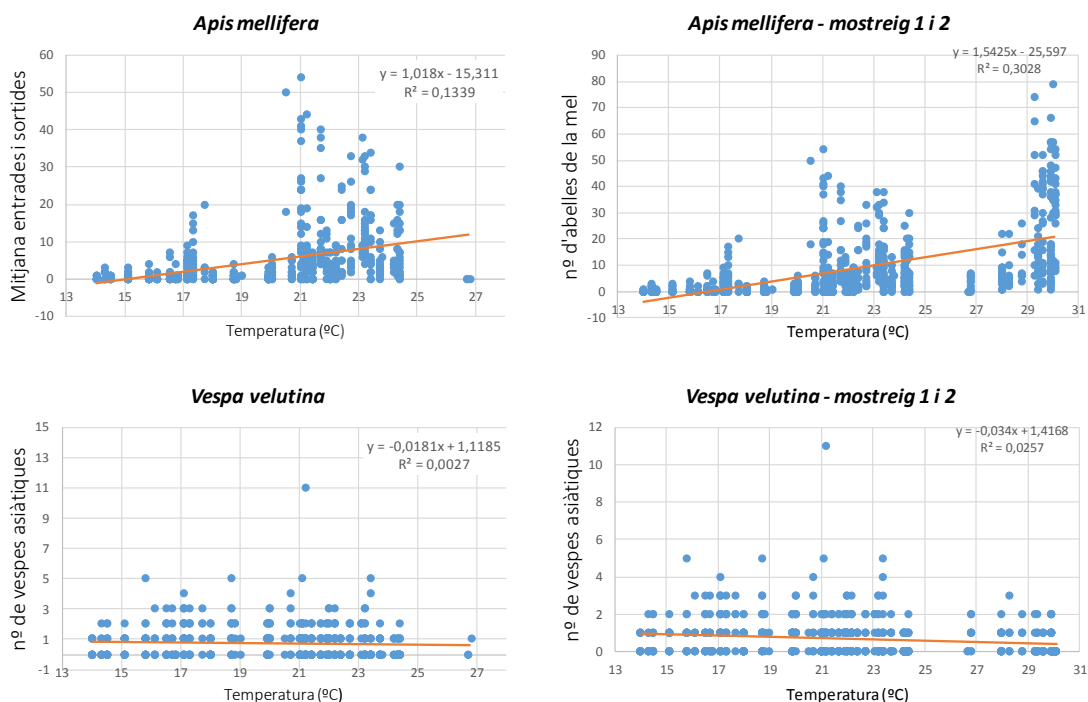


Figura 14: Activitat mitjana de l'abella de la mel (dalt) i la vespa asiàtica (baix) segons la temperatura ambiental. Dades del mostreig 1 i 2 conjuntament (esquerra) segons la temperatura ambiental. Els punts representen, per les abelles, la mitjana d'entrades i sortides observades segons la temperatura ambiental i, en les vespes asiàtiques, el número total observades segons la temperatura. La línia taronja representa la línia de tendència de les dades. Es mostra per les dos gràfiques la seva equació i el coeficient de determinació.

4.3.3 Activitat de *A. mellifera* en funció del tipus i mida de malla dels morrions.

En general, s'observa que l'activitat mitjana de *A. mellifera* no presenta diferències significatives entre els diferents tipus i mides de malla (GLMM: P valor > 0.05) (Figura 15).

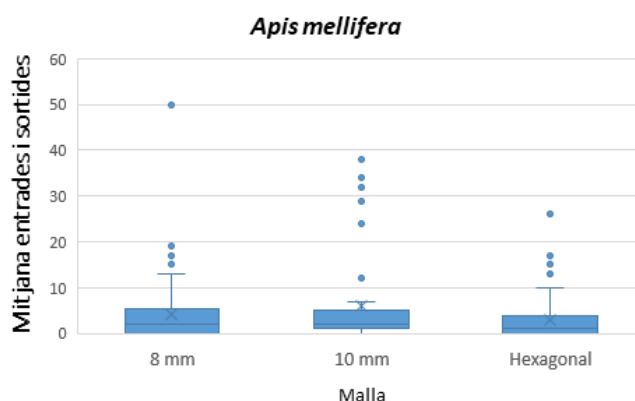


Figura 14: Activitat mitjana de *Apis mellifera* segons el tipus de malla. L'activitat correspon a la mitjana de les entrades i sortides del rusc observades durant les observacions d'1 minut de durada. Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana i els bigotis indiquen els rangs del 25% de valors de dades de la part inferior i el 25% de la part superior, exclouent els valors atípics representats en punts.



Al igual que en mostreig 1, l'activitat és manté a totes les caixes independentment del tipus i mida de les malles (Figura 16). Les entrades per la malla no presenten diferències significatives entre els diferents tipus i mida de malles (GLMM: P valor >0.05), però si que han estat significativament superiors a les entrades per la ranura (GLMM: P valor <0.05). S'han detectat diferències en la utilització de les ranures (GLMM: P valor <0.05), essent la ranura menys utilitzada per les abelles la de les caixes de malla hexagonal (Figura 16).

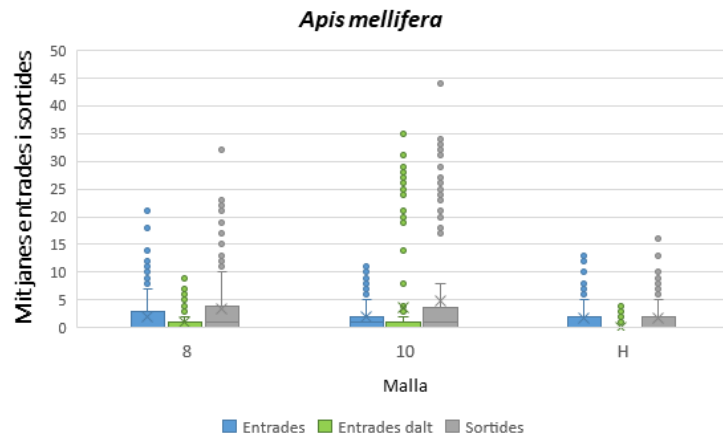


Figura 16: Activitat mitjana de *Apis mellifera* segons el tipus de malla. L'activitat correspon a les entrades i sortides del rusc observades durant les observacions d'1 minut de durada. Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana i els bigotis indiquen els rangs del 25% de valors de dades de la part inferior i el 25% de la part superior, excloent els valors atípics representats en punts.

4.3.4 Activitat de la *V. velutina* en funció del tipus i mida de malla dels morrions.

Durant el mostreig 2, l'activitat de *V. velutina* a Girona ha augmentat respecte el mostreig 1 realitzat el setembre. Tot i així, el nombre mitjà de vespes asiàtiques segueix essent baix en comparació al nombre mitjà de vespes observades a Santa Coloma (Figura 10). La malla quadrada de 10 mm mostra diferències significatives amb les altres dos malles, quadrada de 8 mm i hexagonal (GLMM: P valor <0.05).



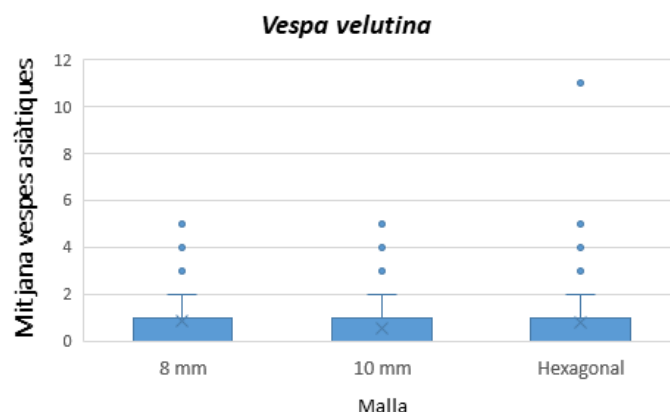


Figura 17: Activitat mitjana de vespa asiàtica en funció dels tipus de malla i mida dels morrions i localitats mostrejades. Les caixes corresponen al rang interquartil representant el 50% intermedi de les dades, mostrant la distància entre el primer quartil i el tercer quartil, mentre que la línia del mig indica la mediana. La "X" indica la mitjana.

Tot i que els valors són més elevats que els observats en el mostreig 1, els patrons de comportament de *V. velutina* observats durant el mostreig 2 són semblants. Del total de *V. velutina* observades durant el mostreig el 12-28% han passat a través de la malla i un 3-16% han aconseguit entrar dins la caixa. Els percentatges més elevats de pas a través de la malla i d'entrada a les caixes els trobem a la malla hexagonal (16.25%) (Taula 3).

Taula 3: Comportament de *V. velutina* davant el tipus de malla i segons. Es mostra el nº d'individus totals que han estat davant la caixa, el % de vespes que han aconseguit passar la malla (Dins malla) i el % de vespes que un cop passada la malla han entrat dins la caixa (Entra caixa).

Malla	<i>V. velutina</i> (total)	Dins malla (%)	Entra caixa (%)
8 mm	172	22.67	2.91
10 mm	77	11.69	3.90
Hexagonal	160	28.13	16.25
Total	409	62.49	23.05

En general, tot i que la relació és molt feble, observem que l'activitat de la vespa asiàtica disminueix a mesura que augmenta l'activitat de l'abella i a la inversa, quan augmenta el nº de vespa asiàtica l'activitat de l'abella disminueix, presentant diferència significativa (GLMM: Estimate= -0.07, SE= 0.02, z-value= -4.09, P valor<4.36e⁻⁵) (Figura 18). Si ajuntem les dades dels dos mostreigs observem que la línia de tendència va disminuint indicant que a un major nombre d'abelles de la mel el nombre de vespes asiàtiques disminueix. El coeficient de determinació és baix degut a que no es tenen en compte altres variables que poden afectar.



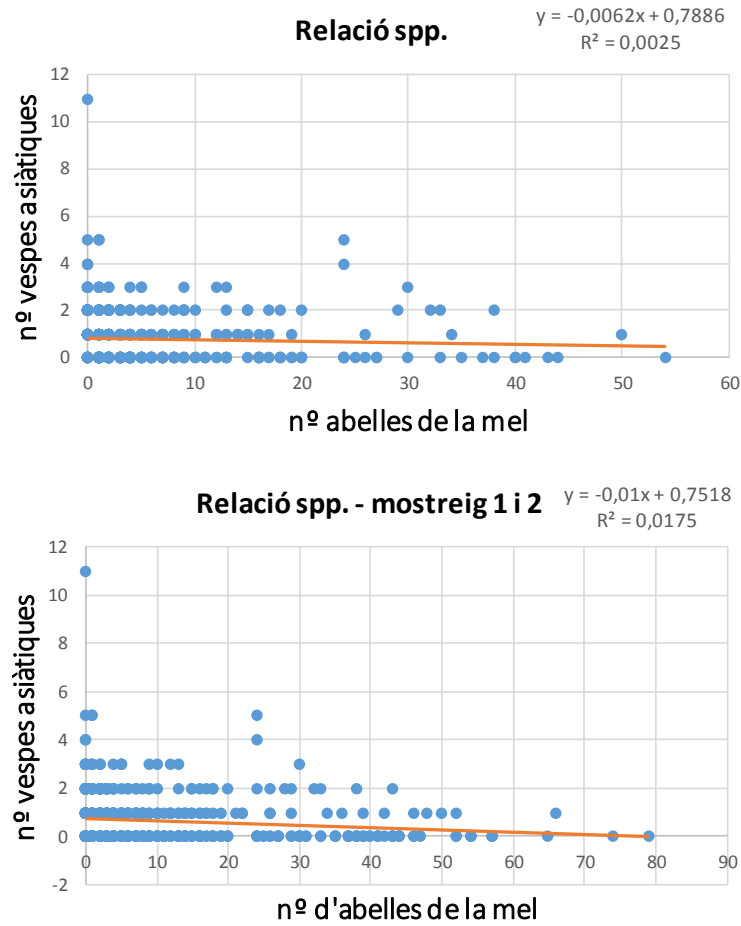


Figura18: Relació entre l'activitat de l'abella amb l'activitat de la vespa asiàtica (dalt) i agafant les dades del mostreig 1 i 2 (baix). Els punts blaus representen l'activitat entre la vespa asiàtica segons la quantitat d'abella present. La línia taronja representa la línia de tendència de les dades. Es mostra per les dos gràfiques la seva equació i el coeficient de determinació.

5. DISCUSSIÓ

Estudiar les abelles de la mel (*A. mellifera*) a partir d'analitzar diferents caixes suposa un problema metodològic a causa de les diferències que hi ha entre colònies. Hi ha estudis que han investigat mètodes estàndards per estimar els paràmetres de fortlesa de les colònies de *Apis mellifera* (Delaplane, Guzman-Novoa i Van der Steen 2013). En aquest estudi no s'han pogut aplicar aquests mètodes per estimar la fortlesa de cada caixa, però s'ha analitzat l'activitat de cada caixa amb la intenció de determinar aquesta variabilitat i fer-nos una idea de la fortlesa de les colònies en el moment de l'estudi (Taula 1). S'ha trobat que la majoria de caixes presenten una variabilitat lleu, tot i que en alguns casos suficientment significativa, per tant s'ha decidit agrupar-les i analitzar les dades independentment de la fortlesa de les caixes. Tot i així, en un futur caldria analitzar un volum més elevat de colònies ja que s'ha mostregjat un volum baix de colònies per cada tipus i mida de malla donant un baix nombre de rèpliques.



A dia d'avui, són pocs els estudis científics que examinen l'efecte de diferents mètodes de control de *V. velutina* (com serien arpes elèctriques i morrions) en abellars reals. L'únic estudi publicat sobre morrions ha utilitzat malles quadrades de 6 mm per avaluar els seus beneficis potencials observant l'activitat de vol de les abelles i el comportament de depredació de la vespa asiàtica a les entrades de les caixes (Requier et al. 2020). Aquest estudi va trobar que la utilització del morrió en colònies de *A. mellifera* redueix la parada d'activitat de *A. mellifera* ajudant així a mantenir l'activitat d'alimentació inclús amb la presència del depredador, mitigant l'efecte perjudicial de la vespa asiàtica en les abelles de la mel. Actualment no existeix un estudi comparatiu de l'activitat de *A. mellifera* i *V. velutina* en morrions amb diferents tipus i mides de malla, tot i que aquest estudi compara i avalua de manera preliminar les diferències entre malles: quadrades; 8 mm, 10 mm i hexagonal; 12 mm, al llarg dels dies i en funció de la temperatura.

Castro (2019) va avaluar de manera preliminar els efectes dels morrions amb malles quadrades de 6 i 8 mm en l'activitat de *A. mellifera* sense la pressió de depredació de *V. velutina* (Castro 2019). Aquest estudi va trobar que l'activitat de l'abella en malles de 6 mm disminueix més respecte les colònies amb malles de 8 mm i que en aquesta última la utilització de la ranura és inferior a les de la malla de 6 mm. Davant la manca d'informació sobre els efectes dels morrions en condicions reals de pressió de vespa asiàtica, el present estudi és important perquè és un dels primers estudis en examinar l'efecte de diferents tipus i mides de malles en els morrions en abellars en condicions reals i que junt amb els altres estudis és un avanç per saber si aquestes mesures són adequades i beneficioses o el contrari.

Al estar en condicions reals, s'ha de tenir present que l'efecte dels morrions en l'activitat de *A. mellifera* i *V. velutina* variarà al llarg dels mesos (**Hipòtesi 1**) en funció de la fenologia de cada espècie. En el cas de la vespa asiàtica el número d'obreres comencen a sortir cap al mes de maig (Rolea et al. 2020) augmentant durant l'estiu, arribant al pic a principis de tardor. A finals de setembre i principis d'octubre apareixen, els primers mascles i el número d'obreres augmenta fortament per assegurar l'alimentació de les larves sexuals, per acabar disminuint a finals de novembre (Villemant et al. 2011; Monceau et al. 2017). Els resultats d'aquest estudi indiquen que l'activitat de la vespa asiàtica ha fluctuat durant el setembre, no arribant a observar-se un augment, però cap a mitjans d'octubre si s'observa com la seva activitat augmenta relacionant-se amb el seu cicle.

Aquesta oscil·lació sembla estar inversament correlacionada amb l'activitat de l'abella, on per les dates estudiades la seva activitat hauria d'anar disminuint (Monceau et al. 2018). A la primavera l'abella de la mel es comença a activar amb l'increment de les floracions, arribant al pic de més activitat cap al juny, moment que arriben al màxim del nombre d'abelles donant pas a la fundació d'una nova colònia. Des de la primavera fins a mitjans d'estiu les abelles incrementen la seva activitat degut a l'augment de les flors. Cap a l'agost, el temps diürn es redueix junt amb els recursos alimentaris fins arribar a la tardor, on al setembre la seva activitat va disminuint fins arribar a l'hivern on les abelles



es reagrupen dins la colònia sense sortir a buscar aliment (Valega s.d). En general s'ha observat que l'activitat de *A. mellifera* ha estat més elevada en el mostreig 1, realitzat durant el setembre, que en el mostreig 2 dut a terme l'octubre quan les temperatures han començat a disminuir. Això ens porta a pensar que durant el període de tardor-hivern, quan l'activitat de *A. mellifera* és menor i per tant disminueix la defensa de les caixes, és quan resulta més fàcil a *V. velutina* poder caçar. Precisament els atacs patits pels apicultors a França es produeixen amb especial intensitat a finals d'estiu i a la tardor (Perrard et al. 2009).

A part dels canvis que sofreixen les colònies al llarg dels mesos, l'activitat d'ambdós espècies també s'espera que variï segons la franja horària i/o temperatures ambientals (**Hipòtesi 2**). Concretament s'aprecia que hi ha una oscil·lació inversa entre l'activitat de l'abella i de la vespa. A la franja horària del matí l'activitat de l'abella és baixa i la de la vespa alta, mentre que al migdia és a la inversa, activitat alta de l'abella i baixa de la vespa. Aquest augment de l'activitat de les abelles al llarg de les hores es podria relacionar amb l'augment de la temperatura (Danka et al. 2007). Les abelles estan actives a temperatures més elevades, aproximadament als 20°C presenten una activitat més elevada (Tan et al. 2012) que les vespes. La vespa asiàtica presenta més activitat a primeres hores del matí quan la temperatura ambiental és més baixa i disminueix a mesura que augmenta la temperatura i l'activitat de les abelles. Aquest fet és podria relacionar amb l'estudi de Requier et al. (2020), on la depredació de les abelles per part de les vespes és màxima quan l'activitat de la colònia és molt baixa, i disminueix ràpidament la seva depredació amb l'augment de l'activitat de les abelles, independentment de la presència de morrió de les caixes (Requier et al. 2020).

L'activitat de *A. mellifera* no es veuria afectada per la presència dels morrions, ni tampoc pel tipus i mida de malles que s'han avaluat a l'estudi (**Hipòtesi 3**). Els resultats suggereixen que el morrió no afecta a les colònies d'abella de la mel i les podria ajudar a mantenir la seva activitat de forma general en tots els morrions estudiats, doncs la seva activitat ha estat pràcticament igual independentment del tipus i mida de la malla dins un mateix mostreig. Ara bé, quan s'observen per separat els dos mostreigs, en el primer mostreig (realitzat al setembre) les colònies presenten una activitat més elevada que en el segon mostreig (a l'octubre) i això podria estar relacionat amb el seu cicle. En qualsevol cas, els resultats semblen indicar que el tipus de morrió no presenta, en aquest estudi, una limitació en l'activitat de *A. mellifera*.

Tot i que l'activitat de *A. mellifera* no es vegi alterada pel tipus de malla, a l'hora de tenir present el lloc d'entrada, si per la malla o per ranura (**Hipòtesi 4**), s'ha observat que el pas menys utilitzat per entrar ha estat la ranura, sent la malla hexagonal la que presenta els valors més baixos d'entrada en tots dos mostrejos. Les caixes amb més volum d'abelles o que contenen una malla de 6 mm presenten un pas més elevat per la ranura que no per la malla. Això pot ser degut a que les caixes amb una mida de malla més gran suposen un obstacle menor al pas de les abelles i per tant utilitzen la ranura ocasionalment (Castro 2019).



Però si les malles hexagonals es consideren un obstacle menor per *A. mellifera* també passen a ser-ho per *V. Velutina*, la qual ha exercit una pressió superior en aquest tipus de malla (**Hipòtesis 5**). En el mostreig 2 s'observa que, independentment del tipus i mida de malla, la vespa asiàtica ha aconseguit passar la malla i entrar dins la caixa, cosa que en el mostreig 1 només ha passat en aquelles caixes que tenien malla hexagonal. Això pot estar relacionat amb el mes del mostreig, ja que en el mostreig 2 (realitzat durant l'octubre) la vespa asiàtica augmenta la seva activitat relacionant-se així amb la pressió exercida sobre les caixes. En qualsevol cas, és important tenir en compte que la depredació que exerceix *V. velutina* en abellars no és homogènia, alguns són més susceptibles als seus atacs que d'altres a petita escala (Monceau et al. 2014).

A Santa Coloma l'activitat de l'abella i de la vespa asiàtica presenten una mitjana que no varia gaire entre malles, però si ens fixem en les caixes sense morrió, aquestes han presentat uns valors més elevats de presència de *V. velutina* que la resta de colònies que tenien malles. En aquest cas es pot hipotetitzar que el morrió no afecta a l'activitat de les abelles i fa disminuir l'estrès de la colònia davant les vespes, ja que continuen mantenint la seva activitat d'alimentació inclús en presència del depredador, aquests resultats es poden recolzar amb els resultats obtinguts de l'estudi fet per Requier et al. (2020). Però s'hauria de desenvolupar un estudi més acurat ja que no es pot fer comparativa degut a que les caixes sense morrió només s'han col·locat en una localització i presentaven una baixa fortalesa.

6. ÈTICA O SOSTENIBILITAT DE L'ESTUDI

Durant l'estudi s'ha respectat tots els criteris ètics i de sostenibilitat. En cap moment s'ha posat en perill cap esser viu i no s'ha influït en la seva activitat diària. En els mostresos no s'ha utilitzat en cap moment fum, ja que no ha estat necessari modificar o manipular els morrions o les caixes. En tot moment s'han utilitzat els EPI's necessaris per evitar el contacte amb les dos espècies, s'ha mantingut una distància de seguretat davant les caixes i no s'ha utilitzat cap material susceptible a causar un impacte negatiu sobre el medi.

En relació a l'empremta ambiental d'aquest TFG (emissions de CO₂, entre d'altres), el més destacat ha estat pel desplaçament amb vehicle entre Girona i Santa Coloma. Un desplaçament inevitable degut a que, dels abellars de la zona, els propietaris acceptaven la realització d'aquest estudi.

Com a visió general d'aquest apartat, considero que es realitza una pràctica *in situ* totalment sostenible i amb el mínim impacte que podrien rebre els abellars. Finalment, cal tenir en compte que la metodologia emprada és per tal d'estudiar l'activitat de dos espècies davant els morrions, per tal de minimitzar l'impacte de la vespa asiàtica sobre l'abella, que té un alt valor cultural i econòmic.



7. CONCLUSIONS

The observations described in this study cover only part of the active period of the Asian wasp and additional data on colony activity and strength (or vigor) are needed to further validate the method in a wider range of environmental contexts. These results represent preliminary information that needs to be further developed to better understand and control the effect it may have on Asian bees and wasps.

The following conclusions can be drawn in the current study:

- The activity of *A. mellifera* and *V. velutina* during the sampling period has undergone variations throughout the sampling months and throughout the day, indicating a relationship between temperature and activity of the two species. The increase in temperature and the activity of the bees decreases the activity of *V. velutina* in front of the boxes (Hypotheses 1 and 2 partially corroborated).
- The activity of *A. mellifera* does not present significant differences between the different types and size of mesh (Hypothesis 3 not corroborated). Although the results are not sufficient to determine the presence of the muzzle, the stress of the bees in the presence of *V. velutina* decreases, but they do allow us to state that the different types of meshes do not affect the activity of the bees in a different way.
- *Apis mellifera* uses the mesh passage more than the groove in any type and size of mesh, with the hexagonal one having lower values (Hypothesis 4 partially corroborated).
- The Asian wasp has been able to traverse the meshes examined in this study. The 8 mm meshes are not an impediment to the passage of the wasp, unlike what they found Requier et al. (2020) with 6 mm meshes. However, hexagonal meshes have shown a higher value of Asian wasp pressure which has led to the number of wasps that have entered the box being higher than the rest (Hypothesis 5 partially corroborated).

However, it is shown here that muzzle in boxes, a method of physical control, can help increase the likelihood of colonies being stressed by Asian wasps without using biocides that can impact the environment and are more expensive. It is a method that could be recommended to beekeepers as an effective low-cost technique.



8. BIBLIOGRAFIA

ACD'A – Associació Catalana d'Apicultors (s.d.). Apicultura tradicional. Recuperat de <http://acda.cat/es/apicultura-tradicional.aspx>

AGA (s.d) *Apis mellifera* L. AGA – Apicultors Gironins Associats. Recuperat de <http://www.aga.cat/index.php/es?catid=0&id=373>

De Dalmases i Thió, I. (2018). La avispa asiàtica y su control en Cataluña. Jornadas Internacionales Especies Exóticas, Invasoras: problemática y herramientas de gestión, control y erradicación. Proyecto LIFE+ INVASEP, Cáceres.

Arca, M., Papachristoforou, A., Mougél, F., Rortais, A., Monceau, K., Bonnard, O., Tardy, P., Thiéry, D., Silvain, J.F., Arnold, G. (2014) Defensive behaviour of *Apis mellifera* against *Vespa velutina* in France: testing whether European honeybees can develop an effective collective defence against a new predator. Behav Process, 106: 122–129.

Barbet-Massin, M., Salles, J.M., Courchamps, F. (2020). *The economic cost of control of the invasive yellow-legged Asian hornet*. NeoBiota, 55: 11 – 25.

Bates, D., Maechler, M. (2009). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and Eigenfaces. R package version 0.999375-31. Available in <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>.

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015). "Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4." Journal of Statistical Software, 67: 1–48. doi: 10.18637/jss.v067.i01.

Beggs, J.R., Brockerhoff, E.G., Corley, J.C., Kenis, M., Masciocchi, M., Muller, F., Rome, Q., Villemant C. (2011). *Ecological effects and management of invasive alien Vespidae*. Biocontrol, 56: 505-526.

Bradshaw, C.J.A., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., Barbet-Massin, M., Salles, J.M., Simard, F., Courchamp, F. (2016). Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. Nature Communications, 7: 12986.

Calatayud, F. (2017). MÈTODE - Universitat de València. Extret de <https://metode.cat/noticies/raons-parlar-sobre-abelles-mel.html>

Couto, V. (2016). La invasión de la avispa asiática. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Recuperat de <http://blog.creaf.cat/es/noticias/la-invasion-de-la-avispa-asiatica/>

Danka, R.G., Beaman, L.D. (2007). Flight Activity of USDA–ARS Russian Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) During Pollination of Lowbush Blueberries in Maine. Journal of Economic Entomology, 100: 267–272.



FAO (2006). Honey Bee Diseases and Pests: A Practical Guide. Food and Agriculture Organization, Rome. Italy. vol. 4.

Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., Rotheray, E.L. (2015) Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347:1255957.

Ken, T., Hepburn, H.R., Radloff, S.E., Yusheng, Y., Yiqiu, L., Danyin, Z., Neumann, P. (2005). Heat-balling wasps by honeybees. *Naturwissenschaften*, 92: 492–495.

MAPA (2019). El sector apícola en cifras. Principales indicadores económicos. Subdirección General de Productos Ganaderos, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado.

MAPA (2020). Sector apícola. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperat el 4 de maig de <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/sectores-ganaderos/apicola/default.aspx>

MAPA (2020). Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperat el 4 de maig de <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.aspx>

Miguel, I., Baylac, M., Iriondo, M., Manzano, C., Garney, L., Estonba, A. (2011). Both geometric morphometric and microsatellite data consistently support the differentiation of the *Apis mellifera* M evolutionary branch. *Apidologie*, 42: 150-161.

MITECO (2015). Estrategia de gestión, control y posible erradicación del avispon asiático o avispa negra (*Vespa velutina* ssp. *nigrithorax*) en España. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Monceau, K., Arca, M., Leprêtre, L., Bonnard, O., Arnold, G., Thiéry, D. (2018). How *Apis mellifera* behaves with its invasive hornet predator *Vespa velutina*? *Journal of Insect Behavior*, 31: 1 – 11.

Monceau, K., Arca, M., Leprêtre, L., Mougél, F., Bonnard, O., Silvan, J.F., Maher, N., Arnold, G., Thiéry, D. (2013) Native Prey and Invasive Predator Patterns of Foraging Activity: The Case of the Yellow-Legged Hornet Predation at European Honeybee Hives. *PLOS ONE*, 8: e66492.

Monceau, K., Bonnard, O., Thiéry, D. (2014) *Vespa velutina*: a new invasive predator of honeybees in Europe. *Journal of Pest Science*, 87: 1–16.

Monceau, K., Tourat, A., Area, M., Bonnard, O., Arnold, G., Thiéry, D. (2017). Daily and Seasonal Extranidal Behaviour Variations in the Invasive Yellow-Legged Hornet, *Vespa velutina* Lepeletier (Hymenoptera: Vespidae). *Journal of Insect Behavior*, 30: 220 – 230.



Ono, M., Igarashi, T., Ohno, E., Sasaki, M., 1995. Unusual thermal defence by a honeybee against mass attack by hornets. *Nature*, 377: 334 – 336.

Perrard, A., Haxaire, J., Rortais, A., Villemant, C. (2009). Observations on the colony activity of the Asian hornet *Vespa velutina* Lepeletier 1836 (Hymenoptera: Vespidae: Vespinae) in France. *Annales de la Société entomologique de France*, 45: 119-127.

Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W.E. (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25: 345–353.

Prado, A., Pioz, M., Vidau, C., Requier, F., Brunet, J.L., Jury, M., Crauser, D., Le Conte, Y., Alaux, C. (2019). Exposure to pollen-bound pesticide mixtures induces longer-lived but less efficient honey bees. *Science Total Environment*, 650: 1250–1260.

R Core Team (2014). R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

Reddy, P. V. R., Verghese, A., Rajan, V. V. (2012): Potential impact of climate change on honeybees (*Apis* spp.) and their pollination services. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, 18: 121-127.

Requier, F., Odoux, J.F., Henry, M., Bretagnolle, V. (2017). The carry-over effects of pollen shortage decrease the survival of honeybee colonies in farmlands. *Journal of Applied Ecology*, 54: 1161–1170.

Requier F., Rome, Q., Chiron G., Decante, D., Marion, S., Ménard, M., Muller, F., Villemant, C., Henry, M. (2019). Predation of the invasive Asian hornet-induced risk on honeybee colony collapse affects foraging activity and survival probability of honey bees in Western Europe. *Journal of Pest Science*, 92: 567 – 578.

Rolea, C., Viejo, J.L. (2020). Datos ambientales preliminares del avispón asiático (*Vespa velutina* Lepeletier, 1836) (Hymenoptera, Vespidae) en Asturias, España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección biológica*, 114.

Sperandio, G., Simonetto, A., Carnesecchi, E., Costa, C., Hatjina, F., Tosi, S., Gilioli, G. (2019). Beekeeping and honey bee colony health: A review and conceptualization of beekeeping management practices implemented in Europe. *Science of the Total Environment*, 696: 133795.

Steinhauer, N., Kulhanek, K., Antúnez, K., Human, H., Chantawannakul, P., Chauzat, M.P., vanEngelsdorp, D. (2018). Drivers of colony losses. *Current Opinion in Insect Science*, 26: 142–148.

Tan, K., Yang, S., Wang, Z., Radloff, S.E., Oldroyd, B.P. (2012). Differences in foraging and broodnest temperature in the honey bees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Apidologie*, 43: 618–623.



Turchi, L., Derijard, B. (2018). Options for the biological and physical control of *Vespa velutina* nigrithorax (Hym.: Vespidae) in Europe: A review. *Journal of Applied Entomology*, 142: 553-562.

Valega, O. (s.d.). El cicló anual de vida de la colmena. Apícola Don Guillermo.

Valido, L., Rodríguez-Rodríguez, M.C., Jordano, P. (2014). Impacto de la introducción de la abeja doméstica (*Apis mellifera*, Apidae) en el Parque Nacional de Teide (Tenerife. Islas Canarias). *Ecosistemas*, 23: 58-66.

Villemant, C., Haxaire, J., Streito, J.C., (2006). Premier bilan de l'invasion de *Vespa velutina* Lepeletier en France (Hymenoptera, Vespidae). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 111: 535-538.

Villemant, C., Muller, F., Haubois, S., Perrard, A., Darrouzet, E., Rome, Q. (2011). Bilan des travaux (MNHN et IRBI) sur l'invasion en France de *Vespa velutina*, le frelon asiatique prédateur d'abeilles. *Journée Scientifique Apicole*, pp 3 – 12.

