

COMPORTAMENT DE *VESPA VELUTINA* EN DIFERENTS MIDES DE MALLA DE *MUSELIÈRES*

BEHAVIOUR OF *VESPA VELUTINA* AT DISTINCT SIZES OF MUZZLE'S MESH



Estudiant: Irene Costa Garcia
Correu: irene.costa139@gmail.com

Tutora acadèmica: Núria Roura Pascual
Correu: nuria.rourapascual@udg.edu

Grau en ciències ambientals
Facultat de ciències

I. AGRAÏMENTS

A la meva família; no només pel suport durant el desenvolupament d'aquest treball, sinó que els vull agrair per tot el suport durant el transcurs dels meus estudis.

A Maria Carbó, per la paciència i implicació durant el transcurs del treball.

A tots els amics i amigues, sobretot a Aniol Ventolà i Berta Casal, per acompanyar-me en aquesta etapa.

I en especial a Núria Roura, per la dedicació i el suport que he rebut de la seva part des dels inicis del treball fins a la data d'avui.

II. ABSTRACT

The recent *Vespa velutina*'s invasion in Europe has become an economic problem for the beekeeping sector. Being a massive predator of *Apis mellifera*, the Asian hornet disturbs the ecological role of domestic bee colonies. This fact has motivated the development of biological, chemical and physical control methods to minimize the effects of *V. velutina* on honey production. However, there are still a few studies that examine their effectiveness and selectivity; hence there is a need for comparative evaluations between methods. Therefore, due to the uncertainty caused by choosing the best control system and added to the lack of information on the Asian hornet's hunting behaviour, this study aims to investigate which is the influence of different mesh sizes in the hives' protection system by *muselière* on the hunting conduct of *V. velutina*.

To determine the predatory behaviour of the Asian hornet in honeybee hives with different *muselière* mesh sizes, an observational model is established where the effect of the Asian hornet and its behaviour is evaluated. It consists of a total of six hives protected by *muselières* with different types and sizes of mesh: square meshes of eight and ten millimetres on each side and a hexagonal mesh of 12 millimetres. A weekly sampling took place during the months of October and November by using a voice recorder where all the movements of this species were reported over specific periods of time.

The presence of *muselières* in all the boxes did not prevent all colonies of *Apis mellifera* from being affected by the *V. velutina* predation. Despite the collapse of a colony during the sampling, significant differences were observed in the hunting behaviour of the Asian hornet according to the *muselière* meshes. The 10 mm square *muselière* mesh provided more protection to the bees, with an incidence of the number of bees caught by the vespa lower than the rest. The hexagonal *muselière* favoured the entry of the Asian hornet inside the hives and the 8 mm square *muselière* damaged the exit of the bee favouring the hunt for *V. velutina* that was waiting in front of the mesh spaces. However, it was observed that the small mesh muzzle (8 mm) could help the honeybee to defend itself against the attack of the Asian hornet, making it difficult to get out when it ventured inside. Other factors influencing *V. velutina* hunting behaviour have been identified, such as the temperature and strength of domestic bee colonies, but a more extensive assessment is needed to corroborate the results observed in this study.

There is still a long way to go in the research of the performance and effectiveness of *muselières*. It is hoped that in the near future the protocol and results of this study will lead to new studies focused to give efficiency and sustainability in the management of *V. velutina* into real hives.

III. RESUM

La recent invasió de *Vespa velutina* a Europa s'ha convertit en un problema econòmic per al sector apícola. Essent un depredador massiu d'*Apis mellifera*, la vespa asiàtica pertorba el paper ecològic de les colònies d'abella domèstica. Aquest fet ha motivat el desenvolupament de mètodes de controls biològic, químic i físic per minimitzar els efectes de *V. velutina* en la producció de mel. Existeixen, però, pocs estudis que examinin l'eficàcia i selectivitat d'aquests. D'aquí sorgeix la necessitat de realitzar avaluacions comparatives entre mètodes. Així doncs, a causa de la incertesa ocasionada arrel d'escollir el millor sistema de control i sumat a la falta d'informació sobre la conducta de caça de la vespa asiàtica, aquest estudi té per objectiu investigar com influeixen diferents mides de malla del sistema de protecció de ruscs per *muselières* a la conducta de caça de *V. velutina*.

Per determinar el comportament de depredació de la vespa asiàtica en ruscs d'abella de la mel amb diferents mides de malla de *muselière*, s'estableix un model observacional on s'avalua l'efecte de la vespa asiàtica i la seva conducta en un total de sis ruscs protegits per *muselières* amb diferent tipus i mides de malla: malles quadrades de vuit i deu mil·límetres de costat i malla hexagonal de 12 mil·límetres. El mostreig era setmanal i es va dur a terme durant els mesos d'octubre i novembre. Mitjançant la utilització d'una gravadora de veu on es van enregistrar tots els moviments d'aquesta espècie al llarg de períodes de temps concrets.

La presència de *muselières* en el conjunt de les caixes no va impedir que totes les colònies d'*Apis mellifera* es veiessin afectades per la depredació de *V. velutina*. Tot i el col·lapse d'una colònia durant el mostreig es van observar diferències significatives en el comportament de caça de la vespa asiàtica segons les malles de les *muselières*. La *muselière* de malla quadrada de 10 mm proporcionava més protecció a les abelles, registrant-se una incidència del nombre d'abelles capturades per la vespa inferior a la resta. La *muselière* hexagonal propiciava l'entrada de la vespa asiàtica a l'interior dels ruscs i la *muselière* quadrada de 8 mm perjudicava la sortida de l'abella afavorint la caça a *V. velutina* que restava a l'espera davant els espais de la malla. Tanmateix, es va observar com la *muselière* de malla petita (8 mm) podia ajudar a l'abella mel·lífera a defensar-se contra l'atac de la vespa asiàtica, dificultant la sortida quan aquesta s'aventurava al seu interior. S'han identificat altres factors que influencien el comportament de caça de *V. velutina*, com la temperatura i la fortalesa de les colònies d'abelles domèstiques, però és necessària una avaluació més extensa per corroborar els resultats observats en aquest estudi.

Encara queda molt camí en la investigació sobre el rendiment i eficàcia de les *muselières*, però esperem que en un futur pròxim el protocol i els resultats d'aquest estudi contribueixin a obrir les portes a nous estudis destinats a fer més eficient i sostenible la gestió de *V. velutina* en abellars reals.

IV. RESUMEN

La reciente invasión de *Vespa velutina* en Europa se ha convertido en un problema económico para el sector apícola. Siendo este un depredador masivo de *Apis mellifera*, la avispa asiática perturba el papel ecológico de las colonias de la abeja doméstica. Este hecho ha motivado el desarrollo de métodos de control biológico, físico y químico para minimizar los efectos de *V. velutina* en la producción de miel. Debido a la incertidumbre ocasionada por la elección del mejor sistema de control y sumado a la falta de información sobre la conducta de caza de la avispa asiática, este estudio tiene como objetivo investigar la influencia de las diferentes medidas de malla del sistema de protección de colmenas con *muselières* a la conducta de caza de *V. velutina*.

Para determinar el comportamiento de depredación de la avispa asiática en colmenas de abeja de la miel con diferentes medidas de malla de *muselière*, se establece un modelo observacional donde se avalúa el efecto de la avispa asiática y su conducta en un total de seis colmenas protegida con *muselières* con diferentes tipos y medidas de malla: mallas cuadradas de ocho y diez milímetros de lado y malla hexagonal de doce milímetros. El muestreo era semanal y se llevó a cabo durante los meses de octubre y noviembre. Mediante la utilización de una grabadora de voz donde se registran todos los movimientos de esta especie a lo largo de periodos de tiempo concretos.

La presencia de *muselières* en el conjunto de cajas no impidió que todas las colonias de *Apis mellifera* se vieran afectadas por la depredación de *V. velutina*. Pese al colapso de una colonia durante el muestreo, se observaron diferencias significativas en el comportamiento de caza de la avispa asiática según las mallas de las *muselières*. La *muselière* de malla cuadrada de 10 mm proporcionaba más protección a las abejas, registrando una incidencia en el número de abejas capturadas inferior a las demás. La *muselière* hexagonal propiciaba la entrada de la avispa asiática en el interior de las colmenas i la *muselière* cuadrada de 8 mm perjudicaba la salida de la abeja favoreciendo la caza de *V. velutina* que esperaba enfrente los espacios de la malla. Al unísono, se observó como la *muselière* de malla pequeña (8 mm) podía ayudar a la abeja melífera a defenderse contra el ataque de la avispa asiática, dificultando la salida cuando esta se aventuraba en su interior. Se han identificado otros factores que influyen en el comportamiento de caza de *V. velutina*, como la temperatura i la fortaleza de las colonias de abejas domésticas, pero es necesaria una evaluación más extensa para poder corroborar los resultados observados en este estudio.

Aún queda un largo recorrido en la investigación sobre el rendimiento y eficacia de las *muselières*, pero esperamos que en un futuro próximo el protocolo y los resultados de este estudio contribuyan en dar pie a nuevos estudios destinados a volver más eficiente y sostenible la gestión de *V. velutina* en apiarios reales.

ÍNDEX DEL CONTINGUT

1.	INTRODUCCIÓ	1
2.	OBJECTIVES	4
3.	METODOLOGIA	5
3.1.	Revisió bibliogràfica	5
3.2.	Protocol i treball de camp	6
3.2.1.	Caracterització de l'àrea d'estudi	6
3.2.2.	Treball de camp	7
3.2.3.	Tractament i anàlisi de les dades	11
4.	RESULTATS	12
4.1.	Anàlisi bibliogràfic	12
4.2.	Resultats descriptius preferència de <i>muselière</i>	13
4.2.1.	Interacció apis mel·lífera i vespa asiàtica	14
4.3.	Comportament de <i>V. velutina</i> en funció de la fortalesa de colònia d'abelles	15
4.4.	Comportament de <i>Vespa velutina</i> en funció de la mida de les <i>muselières</i>	17
4.4.1.	Mostreig per caixes	17
4.4.2.	Mostreig per blocs	18
4.5.	Entrada i sortida de dins la <i>muselière</i>	19
4.6.	Captures/intents i mida de <i>muselière</i>	20
4.7.	Observació del comportament "balling behaviour"	20
5.	DISCUSSIÓ	21
5.1.	Revisió bibliogràfica	21
5.2.	Pros i contres del protocol d'estudi	21
5.3.	Efectes de les <i>muselières</i> en <i>V. velutina</i>	23
6.	ÈTICA I SOSTENIBILITAT	25
7.	CONCLUSIONS	25
8.	BIBLIOGRAFIA	26

1. INTRODUCCIÓ

Les espècies exòtiques invasores constitueixen una de les principals causes de pèrdua de biodiversitat en el món. Aquestes es defineixen com “aquella que s’introdueix o s’estableix en un ecosistema o hàbitat natural o semi natural i que és un agent de canvi i amenaça per la diversitat biològica nativa, ja sigui pel comportament invasor, o pel risc de contaminació genètica” (segons la llei 33/2015, del Patrimoni Natural i de la Biodiversitat (BOE, 2015a)).

El lliure comerç és una de les principals causes d’introducció i dispersió de les espècies exòtiques invasores a nivell mundial. Les invasions biològiques tenen greus impactes en l’ecosistema i l’economia del lloc d’incursió. Dins els EEI, els insectes socials formen part dels grups d’invasors amb més èxit. El seu èxit invasiu s’atribueix a diferents trets vitals com podria ser el caràcter social que els permet obtenir una major flexibilitat conductual facilitant així la colonització de nous hàbitats (Arca *et al.*, 2015).

Una espècie exòtica recentment introduïda a Europa és la vespa asiàtica o *Vespa velutina* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Vespidae). Es tracta del primer depredador Vespidae introduït accidentalment des d’Àsia a Europa, observat per primera vegada a França l’any 2004 (Franklin *et al.*, 2017). L’any 2010 es va evidenciar la seva presència a Espanya, seguit de Portugal, Itàlia, Bèlgica, Alemanya i, més recentment, a Gran Bretanya. L’àrea de distribució nativa de *V. velutina* és l’Àsia oriental (Afganistan, Pakistan, Índia, Bhutan, Myanmar, Tailàndia, Laos, Vietnam, sud-est de la Xina, Taiwan, Malàisia i Indonèsia), on és coneguda com un depredador actiu d’abelles de la mel (*Apis cerana* Fabricius, 1793). Estudis on es comparen els nínxols climàtics de la zona nativa i invasiva revelen que la majoria dels països d’Europa occidental presenten condicions climàtiques adequades per *V. velutina* i, per tant, existeix una probabilitat alta de ser envaïts (Villemant *et al.* 2011). Un altre factor que afavoreix la invasió a Europa és l’abundància de l’espècie *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. Aquesta és la presa predilecta de la vespa asiàtica que, a diferència d’*Apis cerana* (abella de la mel nativa d’Àsia), no presenta una conducta defensiva eficaç contra *V. velutina* (Arca *et al.*, 2015).

De la mateixa manera que la majoria d’espècies de la família Vespidae, la colònia de la vespa asiàtica és fundada per una sola reina que construeix el niu i pon els ous durant l’anomenada fase de “colònia de la reina” (hivern i primavera). La reina resta sola i vulnerable fins que apareixen les primeres obreres. A partir d’aquest moment la colònia i la mida del niu augmenta considerablement durant tot l’estiu. Fins a la tardor es produeixen centenars d’individus, època en el qual el niu i la colònia assoleixen la grandària màxima (Monceau i Bonnard, 2014). És durant els mesos de setembre, octubre i principis de novembre que *V. velutina* requereix gran quantitat d’aliment per al manteniment de la seva colònia i realitza la màxima pressió sobre les colònies d’abella de la mel.

A l’àrea nativa, la vespa asiàtica comparteix espai amb *Apis cerana* i *Apis mellifera*, abella de la mel europea introduïda als països de l’Àsia oriental. *Apis cerana* ha coevolucionat amb *Vespa velutina* i presenta mecanismes de defensa eficaços per front als seus atacs (2005). Al contrari, l’abella mel·lífera es defensa de manera més ineficaç i per tant és més vulnerable a ser depredada. A finals d’estiu i durant tota la tardor, *V. velutina* debilita les colònies d’*Apis mellifera* i aprofita per entrar al rusc i obtenir la proteïna (larves d’abelles) i els hidrats de carboni (mel) necessaris per a la seva alimentació. Com a conseqüència, els apiaris representen un recurs dietètic accessible i valuós per a *V. velutina* durant tota la temporada (Monceau *et al.*, 2014). Un anàlisi de l’aliment ofert a les larves a l’interior del rusc de *V. velutina* confirma que l’abella mel·lífera constitueix dues tercers parts de l’aliment d’aquesta espècie (Villemant *et al.*, 2011).

Actualment hi ha poca informació sobre el comportament de caça de la vespa asiàtica en apiaris, tot i així, trobem molts estudis sobre la conducta defensiva tant de *A. cerana* com de *A. mellifera*. Com ja s'ha comentat anteriorment, *A. cerana* presenta mecanismes de defensa eficients contra la depredació de la vespa asiàtica. Uns dels comportaments per no ser depredada són els coneguts “beecarpet” i “balling behaviour”, mètodes defensius a l'entrada del rusc. El primer, conegut també com bola de calor, consisteix en moviments d'agitació sincrònica dels abdòmens dels individus de la colònia que augmenten la temperatura de l'ambient fins a 90 °C, creant un efecte d'onada i allunyant així el depredador. En canvi, el segon consisteix en envoltar de manera mortal a l'individu que les amenaça. No es té constància si la mort és per asfíxia o està associada al verí de les abelles a través de nombroses picades. Pel que fa les colònies d'*Apis mellifera*, recentment s'ha observat que són capaces de realitzar ambdós comportaments de forma experimental, dipositat un individu de *V. velutina* davant l'entrada del rusc, i natural a l'àrea introduïda. Tot i així, el nombre d'essers reclutats per formar la bola de calor (*beecarpet*) és menor i la temperatura assolida també, fet que implica una menor eficàcia alhora de defensar-se de la vespa asiàtica. De totes maneres la freqüència d'aquestes comportaments són realment baixos, ja que únicament han estat vistos durant observacions intensives (Monceau *et al.*, 2018).

Tot i la falta d'informació sobre el comportament de *V. velutina* en apiaris, se sap que cacen en solitari, volant es posiciona a l'entrada del rusc esperant l'arribada de les abelles voladores, encarregades de la recerca de pol·len. Aquestes són les més propenses a ser depredades degut a la sobrecàrrega de pol·len o nèctar que poden arribar a portar, fins un 40% de la seva massa corporal addicional, fet que redueix la mobilitat de maniobra. Un cop capturada l'abella la vespa asiàtica transporta la víctima normalment a una branca propera i, penjada boca avall, trosseja la presa, obtenint únicament el tòrax de l'abella que representa la principal font de proteïnes (Galartza, 2016).

Segons Monceau (2013a), *V. velutina* presenta comportaments agonistes interespecífics que redueixen el nombre de possibles captures de *A. mellifera*. És a dir, es situen a les proximitats dels ruscs i custodien la seva zona de caça, ara bé, aquest factor és insignificant comparat amb el nombre de víctimes capturades.

Més enllà dels impactes ecològics, econòmics i socials comuns a totes les invasions d'espècies de la família Vespidae, la vespa asiàtica és especialment perjudicial per l'apicultura comercial i sectors com l'agricultura, aquesta rossega i s'alimenta de fruites, a més de ser potencialment mortal per a persones al·lèrgiques. D'aquí sorgeix l'anomenada lluita contra la invasió de *Vespa velutina* (Galartza, 2016).

En el dia d'avui, parlar d'erradicació de la vespa asiàtica és un fet impossible, ja s'ha vist com la seva invasió avança de manera descontrolada i imparable pels territoris colonitzats. Per tant, els esforços s'han destinat a la minimització dels danys produïts en el medi ambient i l'apicultura. S'han fomentat campanyes massives, normalment recolzades per apicultors i governs locals, amb l'objectiu de reduir la població de vespa asiàtica i disminuir els seus impactes. Les principals campanyes són: l'ús de biocides, les trampes amb esquer, l'ús de barreres protectores i les arpes elèctriques.

L'ús de biocides per a la destrucció dels nius van ser els primers atractius en la lluita. Els biocides són substàncies químiques com la permetrina, pyrethrum o compostos diastomàtics, tot ells potencialment perillosos pel medi ambient. S'usen mitjançant dos sistemes diferents d'esquers enverinats i la utilització de vespes obreres com a portadores de verí. El primer

consisteix en la col·locació d'esquers enverinats amb substàncies tòxiques en els apiaris. D'aquesta manera s'infecta a un individu i, quan aquest torna al niu d'origen, tota la colònia es veu afectada pel verí. El segon segueix un mètode similar, però en aquest cas es capturen les vespes obreres i se'ls injecta el biocida directament al cap i l'abdomen. L'avantatge d'aquests sistemes és que permeten la destrucció de la colònia sense haver de localitzar prèviament el niu. Ara bé, els biocides alliberats poden provocar danys colaterals a la fauna autòctona amb una extensió desconeguda, ja que no es coneix la posició del niu afectat (Turchi i Derijard, 2018). A més, un dels insecticides més utilitzat és un neonicotinoide, el qual el seu ús està prohibit per a ús d'exterior donat a la seva alta toxicitat i és identificat com un dels responsables del despoblament dels ruscs d'abella (Universitat de València, 2016).

La trampa a partir d'un esquer és el mètode de captura de la vespa asiàtica més utilitzat entre els apicultors, no obstant, es posa en dubte la seva efectivitat per diverses raons. En primer lloc, la taxa de captura és baixa en comparació a la quantitat estimada de reines produïdes la temporada anterior i, en segon lloc, han demostrat ser un mètode poc selectiu. Tanmateix, trobem les trampes comercials o artesanals, contenidors de diferents materials on es dipositen substàncies ensucrades (xarop de saüc) o compostos químics similars a les substàncies volàtils alliberades per fruites o animals en descomposició. En aquestes, s'hi afegeix un component alcohòlic que actua com a repel·lent de les abelles de la mel. Tant el tipus de trampa com el tipus d'esquer influeixen en l'eficàcia i la selectivitat d'aquest mètode. Tot i així, les evidències suggereixen que la taxa de captures d'aquest sistema augmenta com més a prop es col·loca dels nius de *V. velutina*, zones properes a rius o rieres lluny dels apiaris (Rojas-Nossa, Novoa, Serrano i Calviño-Cancela, 2018).

Finalment, trobem dos mètodes que actuen com a barreres físiques protegint l'entrada i els voltants dels ruscs: les arpes elèctriques i les *muselières*. Les arpes elèctriques són uns sistemes destinats a electrocutar les vespes asiàtiques durant el seu vol al voltant dels ruscs. Els cables de l'arpa estan situats a una distància que permeten el pas de les abelles sense problemes, en canvi, la vespa asiàtica no pot traspasar l'arpa sense quedar-s'hi atrapada. El protocol ideal seria la col·locació d'arpes elèctriques entre ruscs, fet que podria suposar un cost elevat depenent de les dimensions de l'apiari. L'altre sistema físic és la protecció dels ruscs mitjançant *muselières*, dispositius que permeten bloquejar l'accés al rusc i el flux d'entrada i sortida de les abelles. Aquest sistema consta generalment de dues juntes col·locades al costat del rusc sobre les quals es fixa una malla de mida i forma diversa. S'ha comprovat com la vespa asiàtica s'aventura poques vegades a l'interior de la *muselière*, ja que té dificultats per sortir i pot quedar exposada al possible atac de les abelles. Té l'avantatge de ser un dispositiu econòmic i les abelles presenten una ràpida adaptació al sistema (Turchi & Derijard, 2018).

Davant l'estrès i la pressió que exerceix *Vespa velutina* en les colònies d'abella de la mel és fonamental obtenir un millor coneixement del rendiment dels diferents mètodes de control i protecció dels ruscs de *A. mellifera*. D'aquesta manera es podrà assegurar l'èxit de les campanyes de mitigació dels impactes i reducció dels efectes negatius sobre el medi ambient i l'apicultura comercial. Tenint en compte, doncs, les característiques conductuals de *V. velutina*, aquest estudi pretén aprofundir en el coneixement sobre el comportament de la vespa asiàtica, mitjançant l'elaboració d'un protocol observacional de la conducta de caça de *V. velutina* davant diferents variacions del sistema de protecció dels ruscs per *muselières*. Al mateix temps, es pretén ser un punt de partida per a futurs estudis destinats a trobar el mètode més eficaç i sostenible per mitigar la pressió de la vespa asiàtica en les colònies d'abella domèstica.



Figura 1: Imatge de l'apiari de Sant Daniel, on es poden veure els ruscs protegits amb el sistema per *muselières* (A) de lluny i vista més propera (B). (Font pròpia, 2019)

2. OBJECTIVES

The aim of this study is to determine the effect of the honeybee hive control system (*Apis mellifera*) on the predation activity of the Asian hornet (*Vespa velutina*). The chosen method is a *muselière*, a mesh used as a physical barrier to reduce predation pressure by the wasp. To obtain a sufficient number of data, the study is carried out during the months of September-November, when predation activity is most abundant.

Considering this innovative sampling method, the specific objectives are as follows:

- Bibliographic review, contextualizing the problems and identifying studies about the behaviour of *V. velutina* in apiaries.
- Develop a protocol to sample the behaviour of *Vespa velutina* in-situ, which clearly collects the tasks and variables to be taken into account during the sampling and analysis of the data obtained, as well as the determination of the strengths and weaknesses of the same protocol.
- Compare the behaviour of *Vespa velutina* in different mesh sizes of the *muselière* (8 mm square mesh, 10 mm square mesh and 12 mm hexagonal mesh), without losing sight of the variables that can alter the results such as temperature and the fortress of the bee colony.
 - a) Preference of *muselière* mesh sizes and how *Apis mellifera* and *Vespa velutina* interact.
 - b) How the wasp hunting behaviours vary according to the activity of the honeybee colonies and the *muselière* mesh size
 - c) Which *muselière* allows an easy entry into the hive.
- Determine what *muselière* mesh size allows greater efficiency of predation on the Asian hornet, in order to facilitate future decision-making by beekeepers.

3. METODOLOGIA

L'estudi s'estructura en tres parts, com s'observa a continuació, la revisió bibliogràfica, l'elaboració del protocol, el treball de camp i l'anàlisi de dades.

3.1. Revisió bibliogràfica

Abans de procedir al desenvolupament del protocol de seguiment i avaluació del comportament de la vespa asiàtica en abellars, s'ha realitzat una cerca d'informació amb l'objectiu de contextualitzar la problemàtica i identificar d'aquells estudis comportamentals més destacats. En total s'ha analitzat 95 articles, extrets de Web of Science (en data 23 de juliol de 2019) mitjançant la paraula clau: *Vespa velutina*. Els articles es van classificar en els següents grups:

- Comportament: Tots aquells articles que reuneixen informació sobre el comportament de la vespa asiàtica davant de diverses situacions. Dintre d'aquesta agrupació també trobem diferents nivells:
 - Activitat-tasques: Expliquen les relacions interespecífiques de la colònia de vespes (distribució de tasques, manteniment del niu, relacions de competència), que senyalen la vespa asiàtica com a un insecte social. Com ara l'article "Relationship between the age of *Vespa velutina* workers and their defensive behaviour established from colonies maintained in the laboratory" (Monceau, Bonnard i Thiéry, 2013)
 - Vol: Articles que recullen dades sobre el ritme d'activitat i la capacitat de vol de la *Vespa velutina*. Com l'article "Flight capacities of yellow-legged hornet (*Vespa velutina* nigrithorax, Hymenoptera: Vespidae) workers from an invasive population in Europe" (Sauvard, Imbault i Darrouzet, 2018)
 - Interacció Apis: Relació intraespecífica entre *A. mellifera* i *V. velutina* (depredació, desplaçament de poblacions...). Un exemple seria l'article "Predation pressure dynamics study of the recently introduced honeybee killer *Vespa velutina*: learning from the enemy" (Monceau *et al.*, 2013b).
 - Sentits: Característiques dels sentits de les vespes asiàtiques, a grans trets serien les olfactives (feromones), visuals i la comunicació a través del so. Un exemple podria ser l'article "Both olfactory and visual cues promote the hornet *Vespa velutina* to locate its honeybee prey *Apis cerana*" (Wang, Chen i Tan, 2014).
 - Reproducció: Articles relacionats amb estratègies de reproducció de la vespa. Exemple: "Delayed sexual maturity in males of *Vespa velutina*" (Poidatz, Bressac *et al.*, 2018).
- Mecanismes de defensa: Articles que recullen informació dels sistemes de control de les colònies d'abelles de la mel contra la pressió de la vespa asiàtica. Exemple: "Indigenous strains of *Beauveria* and *Metharizium* as potential biological control agents against the invasive hornet *Vespa velutina*." (Poidatz, Lopez-Plantey *et al.*, 2018).
- Distribució i propagació: Articles que tracten sobre la distribució geogràfica de la vespa asiàtica i els mecanismes d'invasió i dispersió d'aquesta espècie. Exemple: "Reconstructing the invasion and the demographic history of the yellow-legged hornet, *Vespa velutina*, in Europe" (Arca *et al.*, 2015)

- Verí: Categoria que recull els articles que tracten sobre la toxicitat de la vespa asiàtica i els afectes sobre la salut humana. Exemple: "Medical consequences of the Asian black hornet (*Vespa velutina*) invasion in Southwestern France." (Haro *et al.*, 2010).

Un cop classificats tots els estudis, els resultats s'han examinat gràficament per tal de veure el percentatge d'articles a cada categoria i l'evolució temporal del nombre d'articles comportamentals.

3.2. Protocol i treball de camp

3.2.1. Caracterització de l'àrea d'estudi

L'estudi de camp es realitza a un abellar gestionat per un apicultor particular, localitzat a la Vall de Sant Daniel, dintre el municipi de Girona. Consta de sis ruscs disposats en dos grups de tres com s'observa a la figura 2. Els ruscs estan protegits per *muselières* i arpes elèctriques, dos mecanismes de protecció físics per mitigar la pressió de la *Vespa velutina*. Les *muselières* presenten tres tipus de mida i forma de malla diferent: malla quadrada de 8 mm, malla quadrada de 10 mm i malla hexagonal de 12 mm. Les malles es van construir i col·locar a finals de juny per deixar temps a les abelles a habituar-se a la seva presència. Durant el mostreig no es té en compte l'efecte de les arpes elèctriques, les quals són extretes de la zona de mostreig per no interferint en la obtenció de dades sobre el comportament de *V. velutina* en les diferents *muselières* i no alterar-ne els resultats. En un principi també es va quantificar l'eficàcia de les arpes elèctriques però la zona d'estudi no permetia tenir caixes de control, així que es va menysprear el seu efecte.

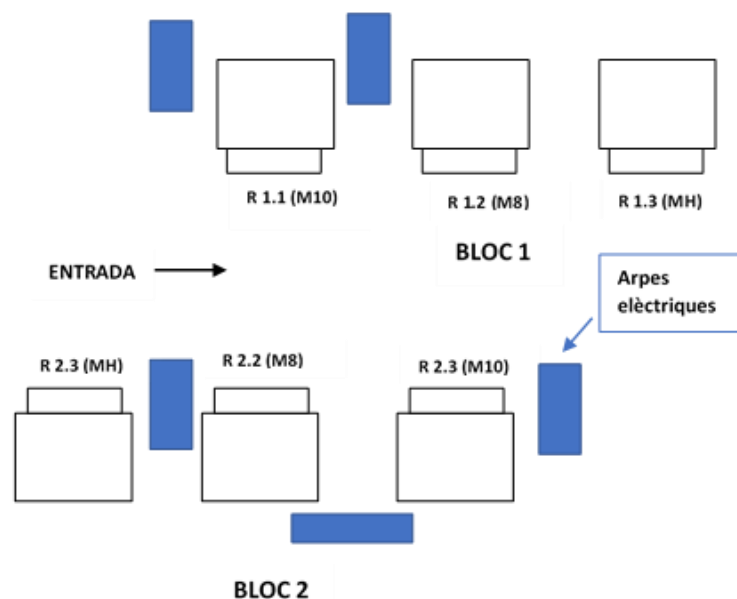


Figura 2: Esquema de l'àrea d'estudi amb tots els elements que el conformen (M10: rusc amb *muselière* de malla quadrada de 10 mm, M8: rusc amb *muselière* de malla quadrada de 8 mm, MH: rusc amb *muselière* de malla hexagonal 12 mm).

La vall de sant Daniel és un paratge natural amb gran varietat d'ecosistemes diferents. La vegetació circumdant a l'abellar, on s'ha realitzat l'estudi, són boscos mixtos típics de climes mediterranis. La part arbòria està constituïda principalment per alzines (*Quercus ilex*), roures (*Quercus pubescens*) i freixes de fulla petita (*Fraxinus angustifolia*) i la zona arbustiva abunda la

ravenissa comuna (*Diplotaxis erucoides*) (BDBC, s.d), planta que floreix durant tot l'any i és molt atractiva per les abelles (Associació Flora Catalana, s.d).

3.2.2. Treball de camp

Per analitzar el comportament de depredació de la vespa asiàtica en ruscs d'abella de la mel, amb *muselières* que presenten diferents mides de malla, es va establir un mostreig observacional al llarg de diferents dies durant els mesos d'octubre i novembre. Com bé s'ha comentat en apartats anteriors, durant els mesos de setembre, octubre i novembre és quan la pressió de la vespa asiàtica és més rellevant, així es va decidir realitzar el mostreig de camp durant aquests mesos. Concretament, es van realitzar 4 mostres durant quatre setmanes consecutives.

Durant el treball de camp es van portar a terme dos mostres diferents en paral·lel. El primer mostreig es va treballar amb els ruscs individualment, de manera que es va poder obtenir informació específica i descriptiva de cada tipologia de *muselière*. En canvi, en el segon mostreig es va treballar a nivell de bloc, és a dir, es van mostrejar els tres ruscs conjuntament amb un període de temps més llarg, poden obtenir informació de com *V. velutina* destina el seu temps. Així doncs, independentment de la tipologia de mostreig, aquests es van dividir en 5 franges horàries que van des de les 8:30 fins a les 12:30. Cal tenir en compte que primer es realitzaven els dos mostres successivament en el bloc 1 i després en el bloc 2, així doncs la manera de procedir en cada cas era la següent:

- Mostreig de ruscs: Es dedicaven 3 minuts a l'observació d'un rusc individual, durant el qual s'anotaven els paràmetres indicats a continuació (Taula 1 i 2). Un cop acabat aquell rusc, es passava al següent i així successivament fins a finalitzar els tres ruscs que componien cada bloc de l'abellar. El temps de durada del mostreig era de 9 minuts i es repetia a la següent franja horària: 8:30, 9:30, 10:30, 11:30 i 12:30.
- Mostreig de blocs: Un cop acabat el mostreig de ruscs es destinaven 9 minuts a l'observació de les tres caixes a la vegada, durant el qual s'enregistrava la informació necessària (Taula 1 i 2). El mostreig es repetia per la mateixa franja horària que el mostreig de ruscs (8:30, 9:30, 10:30, 11:30 i 12:30).

En tots dos mostres, els paràmetres que es van examinar durant el mostreig corresponien a l'activitat de la vespa asiàtica i de l'abella de la mel, ambos necessaris per entendre la relació entre ambdós paràmetres. Com que no hi existia un estudi previ de característiques similars, van ser necessàries observacions inicials al lloc de mostreig on es van observar quins comportaments es tindrien en compte i es va testar la metodologia de mostreig. Concretament es van portar a terme dues observacions prèvies els dies 26-09-2019, de les 10:00 fins a les 11:00 i 04-10-2019 de les 11:00 fins a les 14:00.

Pel que fa als comportaments de depredació de *V. velutina*, durant les observacions inicials es van detectar 10 comportaments diferents i tres tipologies de captures que es tindrien en compte durant el treball de camp. Així doncs un cop es van determinar se'ls hi va aplicar un codi de mostreig per tal d'agilitzar la presa de mostres i aconseguir una pèrdua mínima de possible informació (Taula 1).

Taula 1: Llista de comportament de *Vespa velutina* a observar al camp, juntament amb el seu codi de gravació (utilitzat durant el recull de dades al camp) i codi d'anàlisi (utilitzat per fer l'anàlisi estadístic simple i multivariant). La descripció i les imatges de la Figura 3 faciliten la comprensió.

Comportament	Codi de gravació	Codi d'anàlisi	Descripció
ALETA	Aleta	A	Posició estàtica a l'aire batent a molta velocitat les ales, normalment observada com a moviment previ a realitzar l'atac cap a una abella domèstica. No es tindrà en compte el lloc on la realitza (davant o a sota del rusc, de cares o d'esquena a la boca del rusc). (Figura 1A)
VOLA	Vola	V	Quan <i>V. velutina</i> es mou rodejant el rusc cercant el lloc estratègic per realitzar l'atac, normalment s'observa abans o després del comportament aleta explicat anteriorment. Es deixa de considerar vol quan desapareix del camp de visió.
PARADA O VOLANT PEL TERRA	Terra	T	Quan <i>V. velutina</i> resta aturada o sobrevolant a prop del terra.
PARADA A LA MUSELIÈRE	Parada m	PM	Quan <i>V. velutina</i> s'atura sobre la malla metàl·lica de la <i>muselière</i> . (Figura 1C)
PARADA AL RUSC	Parada r	PR	Quan <i>V. velutina</i> s'atura sobre l'estructura del rusc. (Figura 1D)
INTERACTUA	Interactua	I	Quan coincideixen dues o mes vespes asiàtiques i interactuen entre elles. (Figura 1B)
A L'INTERIOR DE LA MUSELIÈRE	Dins m	DM	<i>Vespa velutina</i> s'aventura a l'interior de la malla de la <i>muselière</i> i es passeja per la seva estructura. DM inclou el temps que la vespa asiàtica resta a l'interior del rusc (DR).
A L'INTERIOR DEL RUSC	Dins r	DR	<i>Vespa velutina</i> entra per la malla de la <i>muselière</i> i seguidament es dirigeix a la boca del rusc entrant a l'interior.
INTENT	Intent	Intents	Es considera intent el moviment brusc realitzat per <i>V. velutina</i> cap a una abella de la colònia mostrejada.
ÈXIT	Èxit	Èxits	Quan <i>V. velutina</i> marxa volant amb una presa viva (V) o bé ha realitzat una captura a dins al rusc (R).
CAPTURA DINS AL RUSC	Èxit r	R	Quan <i>V. velutina</i> surt de l'interior del rusc amb una captura, i no s'ha observat el moment de depredació
CAPTURA VIVA	viva	V	Quan s'observa clarament que la captura realitzada per <i>V. velutina</i> és una presa viva.
CADÀVER	cadàver	M	Quan la vespa asiàtica recol·lecta una abella morta o bé alguna part del seu cos (cap o abdomen).

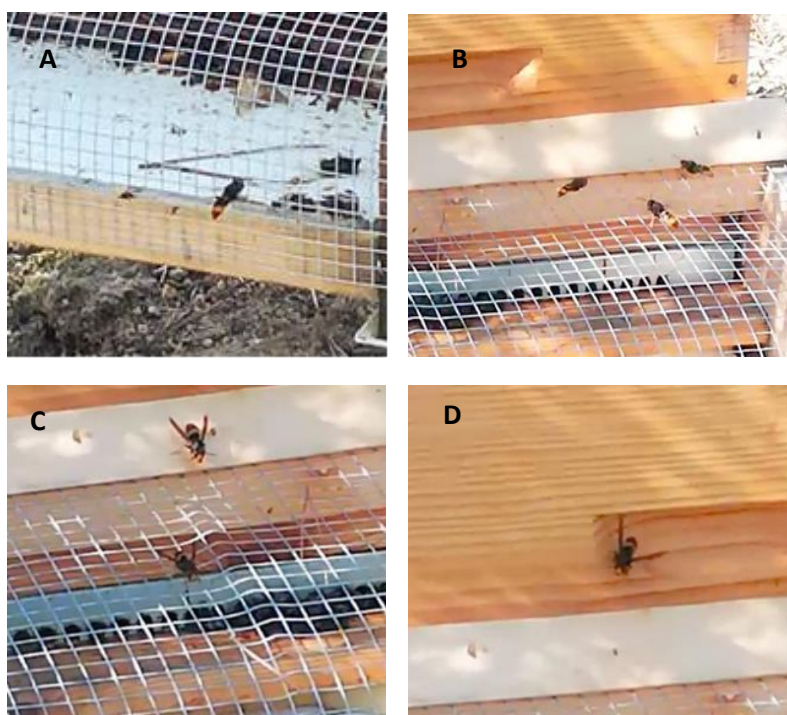


Figura 3: Vespa asiàtica realitzant diferents comportaments de depredació en un rusc d'abella domèstica (A= vespa asiàtica en posició d'atac (Aleta) davant d'una *muselière*. B= vespes asiàtiques interactuant entre elles sobre una *muselière*. C= vespa asiàtica aturada a la malla d'una *muselière*. D= vespa asiàtica aturada sobre l'estructura del rusc). (Font pròpia, 2019)

Pel que fa a l'activitat de l'abella, amb la intenció de recollir informació de l'estat de les colònies de *A. mellifera* i agilitzar la presa de mostres, es van proposar diferents intervals que es van associar a un nombre d'abelles fora del rusc (flux d'entrades i sortides) mitjançant l'establiment d'uns codis d'activitat (Taula 2).

Taula 2: Llistat de codis d'activitat de les colònies d'*Apis mellifera* a tenir en compte durant el treball de camp i la seva descripció.

Codi	Descripció
0	No hi ha activitat a l'exterior del rusc.
1	1-10 abelles als voltants del rusc.
2	10-20 abelles a l'exterior del rusc.
3	> 20 abelles fora del rusc
4	Les abelles estan acumulades a l'entrada del rusc a l'espera de la recol·lecció de pol·len i nèctar.
5	Les abelles estan en posició de defensa formant una pila a l'entrada del rusc.

Cal tenir en compte que durant les observacions inicials es van observar situacions que podien complicar la recollida de les dades, així doncs es va establir un llistat d'indicacions per a tots els casos que es tindrien en compte durant els mostreigs tal com es pot veure a la Taula 3.

Taula 3: Llistat de casos problemàtiques que es van observar durant el mostreig de camp, les indicacions per resoldre'ls i quin dels dos sistemes de mostreig es veu afectat.

Cas	Mostreig afectat	Situació	Solució
1	Individual/bloc	Aparició de la vespa durant els 3' o 9' (situació esperada).	Es realitzarà el seguiment fins que es perd el rastre anotant o enregistrant tota mena de moviment seguint els codis corresponents.
2	Individual	No apareix al llarg dels 3'.	S'anota com aparició nul·la i es canvia de rusc.
3	Individual/bloc	S'observa més d'una vespa a la vegada	S'intenta localitzar la que presenti un comportament més territorial (considerada la vespa dominant) i es fa el seu seguiment anotant interaccions amb la resta.
4	Individual/bloc	La vespa observada resulta no ser la dominant (marxa després d'haver interactuat amb una altra).	S'anota com a vespa subdominant i es comença el seguiment de la vespa dominant en aquell moment. Serà comptabilitzat com a dues vespes diferents en un mateix mostreig de 3' o 9'.
5	Bloc	Més d'una vespa en diferents ruscs i no interactuen entre elles	Se seguirà el comportament d'una única vespa, per tal de no complicar la comprensió del mostreig i perdre més informació.
6	Individual	La vespa es mou de rusc.	Es considerarà que ha marxat i en el cas que tornés es comptarà com a nova vespa.
7	Bloc	La vespa es mou de rusc.	Es realitza el seguiment normal indicant en cada moment en quin rusc es troba.

Tots els moviments s'enregistraven verbalment mitjançant la utilització d'una gravadora de veu. Per facilitar l'enregistrament de les dades i el traspàs d'aquestes a un document excel va ser convenient anotar simultàniament, en suport de paper, indicacions dels paràmetres que s'utilitzaven durant la gravació (Taula 4).

Taula 4: Llistat de variables que s'anotaven durant el mostreig de camp, per facilitar el traspàs de les dades al document excel.

Variables	Descripció
Data	Dia de mostreig
Meteorologia	Condicions meteorològiques generals (Sol, Núvol, Vent...)
Ombra	Individual de cada rusc, Sí o No.
Rèplica	1, 2, 3, 4 o 5
Bloc	1 o 2
Rusc	1.1, 2.1, 3.1, 2.2 o 2.3
Tractament	M10, M8 o MH
Hora	Hora d'inici de la rèplica.
Vespa observada	Indicar si la vespa es considera: Dominant (D): s'enregistra una activitat superior als 3" o durant la interacció fa fora la resta de vespes.

	• Subdominant (SD): l'activitat supera els 3" però una altre vespa la fa fora del lloc d'actuació. • Passa (P): s'observa una activitat inferior als 3" i no ha dut a terme cap dels comportaments descrits.
Vespes	Número màxim de vespes que coincideixen en un mateix rusc o mostra.
Abelles inicials	Activitat de les abelles a l'inici de cada rèplica, individual per a cada rusc, seguint el codi de la taula 2.
Abelles finals	Activitat de les abelles al final de cada rèplica. (taula 2)
Comentaris	Qualsevol fenomen que sigui d'interès per la comprensió dels resultats.

És important remarcar l'equipament utilitzat durant el mostreig de camp, ja que tant la vespa asiàtica com l'abella mel·lífera piquen i podrien provocar reaccions al·lèrgiques. Es tracta d'un vestit de protecció blanc i mascareta especial per apicultors acompanyat de calçat apte (botes no transpirables i recomanable que tapin el turmell) i guants de teixit gruixut per evitar que el fibló pugui arribar a estar en contacte amb la pell.

3.2.3. Tractament i anàlisi de les dades

Un cop finalitzat el mostreig de camp, les dades de la gravadora es van traspassar a dues taules de dades mitjançant el programa excel. Per una banda trobem la taula pel mostreig de ruscs individuals on prendrà rellevància el temps que destina *V. velutina* a cada *muselière*, i per l'altre la fitxa pel mostreig de blocs on quedarà constància del recorregut exacte de la vespa per les diferents *muselières* durant la seva observació. A les taules finals, hi ha de constar la informació recollida en el camp: el temps que la vespa objecte d'observació dedicava a cada comportament, el número de vegades que realitzava el comportament en qüestió i el temps total que restava en cada una de les *muselières*. Com s'ha comentat anteriorment en el cas del mostreig individual no es va tenir en compte el canvi de rusc. Així doncs, es va anotar el minut exacte de la gravació en què s'indica l'inici del comportament i el minut final, aconseguint el temps total que destinava al comportament, a la vegada que es comptabilitzaven els cops que es portava a terme (Taula 5). Es va seguir el mateix procediment per aconseguir obtenir el temps transcorregut a cada rusc.

Taula 5: Exemple on d'observació del comportament d'una vespa asiàtica durant el mostreig individual a un rusc amb *muselière* de 8mm (Ti: moment concret que la vespa arriba al rusc, TF: moment que desapareix del camp de visió, Durada: temps total que passa la vespa al voltant del rusc observat, A1i: temps d'inici del comportament aleta la primera vegada que s'observa, A1f: temps final del comportament aleta, TA: temps total que destina al comportament aleta, NA: número de vegades que la vespa realitza el comportament durant l'observació).

Muselière	Ti (min:seg)	TF (min:seg)	Durada (seg)	A1i (min:seg)	A1f (min:seg)	NA	TA (seg)
M8	03:12	03:35	23	03:22	03:27	1,00	5

En el cas que la vespa asiàtica observada realitzés intents de caça i èxits, a l'hora de registrar les dades a l'Excel, es va menysprear el temps en què es produeix aquesta acció i s'anotava el nombre total d'intents, si obtenia èxit i l'estat de la presa capturada, com s'observa a la taula 6.

Taula 6: Exemple d'observació del comportament d'una vespa asiàtica realitzant intents de casa a la *muselière* de malla quadrada de 8 mm, l'èxit (0: èxit, 1: no èxit) obtingut i l'estat de la presa capturada (V: viva, M: cadàver, R: captura a l'interior del rusc, C: cap presa).

<i>Muselière</i>	Intents	Èxit (0/1)	Presa (V/M/R/C)
M8	3	1	V

Un cop completades les taules de dades, es va procedir a realitzar l'anàlisi gràfic i estadístic de les dades. En primer lloc es va realitzar un anàlisi descriptiu a nivell de rusc i bloc mostrejats mitjançant diagrames de caixes, a fi d'avaluar l'estat de la colònia d'abelles mel·líferes i fer-nos una idea de quina és la *muselière* on es comptabilitzaven més vespes i el temps que hi actuaven. També es va comparar l'activitat de la vespa asiàtica i l'abella domèstica en funció de la temperatura mitjançant gràfiques de dispersió.

En segon lloc, es va realitzar un anàlisi més detallat per poder respondre les qüestions proposades en els objectius de l'estudi. Així doncs, es van examinar els factors que podien alterar el comportament de caça de la vespa asiàtica, com serien: (I) l'activitat de la colònia d'*Apis mellifera*; on es comptabilitzaven els diferents comportaments de depredació de la vespa en cada codi d'activitats d'abelles en què es van registrar al camp; i (II) la mida de *muselière*; mitjançant el temps que destinava la vespa asiàtica a cada comportament segons el bloc i les caixes individualment. Tots aquests anàlisis es realitzen gràficament mitjançant gràfiques de dispersió.

Finalment, es van analitzar el recull de captures, intents i l'èxit de les vespes a cada caixa i bloc, per obtenir quina era la pressió real que patia l'apiari. Com que en els mostrejos inicials, es va observar que les vespes s'aventuraven a l'interior de les *muselières*, es va prendre la decisió de realitzar un anàlisi individual per aquest paràmetre. Per tal de determinar quina era la mida de la malla de les *muselières* on la vespa asiàtica entrava més vegades i un cop a dins quina era la que posava més difícil la sortida. Tots els anàlisis es van realitzar mitjançant diagrames de caixes. El programa utilitzat va ser excel mitjançant taules dinàmiques.

Tanmateix, es va portar a terme l'anàlisi multivariant de l'activitat de les vespes asiàtiques a nivell de rusc amb diverses variables explicatives mitjançant models mixtes lineals generalitzats. Es va suposar que la variable resposta seguia una distribució de poisson amb el seu paràmetre de probabilitat dependent de les variables explicatives. La identitat de caixa o blocs es va incloure com un factor aleatori, tenint en compte l'estructura jeràrquica del disseny de mostreig, ja que les observacions dins del mateix rusc no eren independents. Tots els anàlisis es van realitzar mitjançant el paquet R "lme4" (Bate i Maechler, 2009).

4. RESULTATS

4.1. Anàlisi bibliogràfic

Amb la recerca bibliogràfica realitzada es van trobar un total de 95 articles dedicats a l'estudi de la *Vespa velutina*. La majoria d'articles s'han classificat dins la categoria de comportaments (N=35), que inclou articles relacionats amb la conducta de la vespa asiàtica. La resta de categories serien les de distribució i propagació (N=27), mecanismes de defensa (N=17) i verí (N=16) (Figura 4).



Figura 4: Percentatge d'articles sobre *Vespa velutina* en les diferents categories considerades en l'anàlisi bibliogràfic. Color groc categoria comportament, color verd distribució i propagació, color marró fosc mecanismes de defensa i color marró clar verí.

A continuació, es pot veure com ha evolucionat el nombre d'articles científics sobre el comportament de la vespa asiàtica (Figura 5). S'observa un clar augment d'articles dedicats a respondre qüestions sobre el comportament de *V. velutina* en els últims anys.



Figura 5: Nombre d'articles científics relacionats amb el comportament de *Vespa velutina* (N=35) publicats anualment en revistes científiques, des de l'any 2006 a l'actualitat.

4.2. Resultats descriptius preferència de *muselière*

Les caixes mostrejades presenten diferències significatives pel que fa a l'activitat de les abelles de la colònia (ANOVA $F(5,157)=3,979$, $P=0,002$). La caixa amb *muselière* M10 del bloc dos és la que difereix més de la resta de (*Pairwise t tests*: $P < 0,05$, excepte amb la caixa M8 del bloc dos on $P=0,06$), a més és la que presenta el valor d'activitat més elevat (1,60) (Taula 6). És important remarcar, però, que a partir del 29-10-2019 aquesta colònia d'abelles amb *muselière* M10 del bloc dos es va col·lapsar, per tant els resultats per aquest tractament es poden veure alterats, ja que en els últims dos mostreigs només es tenen en compte les dades d'un sol rusc. La resta de caixes presenten una activitat força baixa amb valors que oscil·len entre els 0,55 i 0,80 (codi 0 correspon a colònies on l'activitat era nul·la, i codi 1 a colònies amb 1 a 10 abelles a l'exterior del rusc) i no apareixen diferències significatives entre elles (*Pairwise t tests*: $P>0,05$).

En relació amb l'activitat de la vespa a les diferents caixes, no detectem diferències significatives entre les caixes pel que fa a la quantitat de vespes observades (ANOVA $F(5,1587)=1,586$ $P=1,167$; Taula 6). La mida de la malla de les *muselières* tampoc sembla influenciar significativament en el nombre de vespes, però en canvi sí que s'observen diferències significatives en el temps d'actuació de les vespes (és a dir, el temps que està cada vespa a la *muselière* abans de caçar una vespa o desistir) entre les diferents *muselières* (Taula 7).

Taula 6: Nombre de vespes asiàtiques observades i temps d'actuació d'aquestes a cada rusc de l'abellar (6 ruscs) protegits amb diferents *muselières* (M8: malla quadrada de 8mm, M10: malla quadrada de 10mm, MH: malla hexagonal de 12mm; 2 rèpliques per cada tipus malla). El nombre de vespes és representatiu i més baix del que podria ser, ja que només es tenen en compte aquelles que es van observar per determinar el comportament. També si representa l'activitat d'abelles amb el codi de mostreig (0: 0 abelles, 1: 1-10 abelles, 2:10-20 abelles, 3: >20 abelles). Els resultats s'expressen en mitjanes ($\pm$ desviacions estàndard) de vespes observades per dia de mostreig (durant el qual dedicàvem un total de 15 minuts a observar cada rusc). Dades extretes del mostreig de rusc individual.

	<i>Muselière</i>	Dies mostrejats (N)	Codi d'abelles (N)	Vespes (N)	Temps d'actuació (s)
BLOC 1	M10	4	0,75 $\pm$ 7,07	3,75 $\pm$ 4,35	162,00 $\pm$ 185,66
	M8	4	0,65 $\pm$ 4,69	6,25 $\pm$ 4,79	289,75 $\pm$ 337,78
	MH	4	0,55 $\pm$ 4,93	5,75 $\pm$ 4,92	220,75 $\pm$ 230,03
BLOC 2	M10	2	1,60 $\pm$ 2,08	4,50 $\pm$ 3,54	169,00 $\pm$ 182,43
	M8	4	0,80 $\pm$ 3,65	6,50 $\pm$ 5,45	489,50 $\pm$ 601,71
	MH	4	0,75 $\pm$ 3,21	10,25 $\pm$ 6,08	604,75 $\pm$ 566,49

Taula 7: “Fixed effects” del model generalitzat lineal mixt (GLMM) que explica les diferències entre les diferents *muselières* (M8: malla quadrada de 8mm, M10: malla quadrada de 10mm, MH: malla hexagonal de 12mm; 2 rèpliques per cada tipus malla) segons els paràmetres: (a) nombre de vespes i (b) temps d'actuació d'aquestes.

Fixed effects	Estimate	SE	z-value	P
(a)				
M8	0,23	0,24	0,24	0,33
MH	0,43	0,23	1,82	0,06
(b)				
M8	0,53	0,25	2,06	0,03
MH	0,53	0,25	2,05	0,04

4.2.1. Interacció apis mel·lífera i vespa asiàtica

L'activitat de *A. mellifera* augmenta amb el transcurs del matí. Els codis 2 i 3 (que representen una forta activitat), es troben a les temperatures més altes (20°C - 25°C), en canvi els codis d'activitat baixa o nul·la es troben a temperatures inferiors (codis 1 i 0) es troben a temperatures inferiors (15°C - 20°C) (Figura 6). Per tant, l'activitat de l'abella i la temperatura presenten una relació significativa que tendeix a l'alça (GLMM: Estimate=0,078, SE=0,032, z=2,441, P=0,0146), mentre que la relació de l'activitat de les vespes amb la temperatura és insignificant i tendeix a ser negativa (GLMM: Estimate=-0,034, SE=0,029, z=-1,171, P=0,242) (Figura 6).

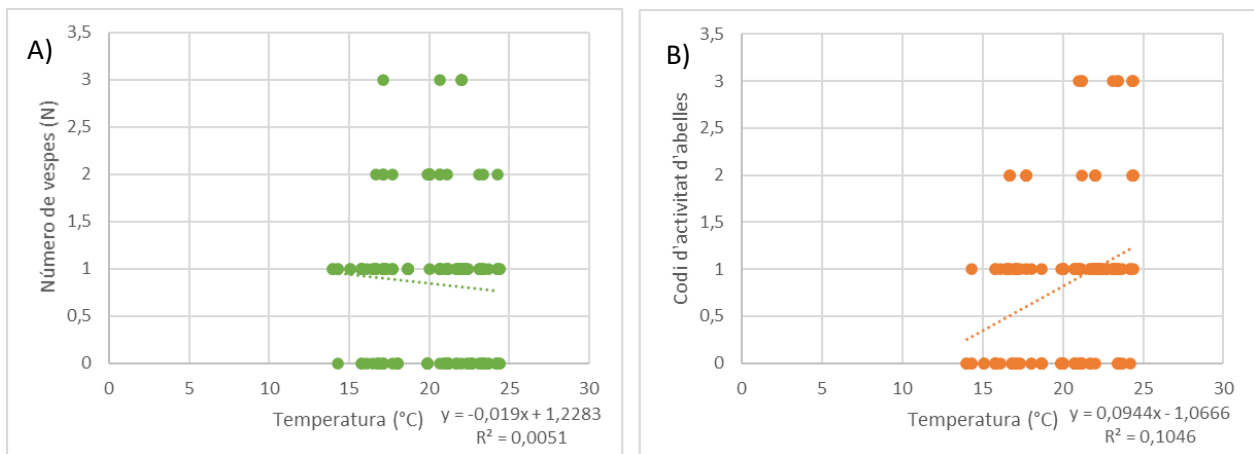


Figura 6: Gràfics de dispersió amb la relació (línia de tendència i el valor R^2) entra la temperatura i **(A)** l'activitat de la vespa asiàtica (0: no es va observar cap vespa durant el mostreig individual, 1: durant l'observació es mostra un sol individu, 2: durant l'observació interactuen dos individus, 3: durant l'observació interactuen tres individus) i **(B)** l'abella de la mel (0: codi d'activitat nul·la, 1: 1-10 abelles, 2: 10-20 abelles, 3: >20 abelles). Les dades s'obtenen del total de rèpliques (5) pels 4 dies de mostreig, sense menysprear les caixes que durant el mostreig individual no apareixia cap individu de *V. velutina*.

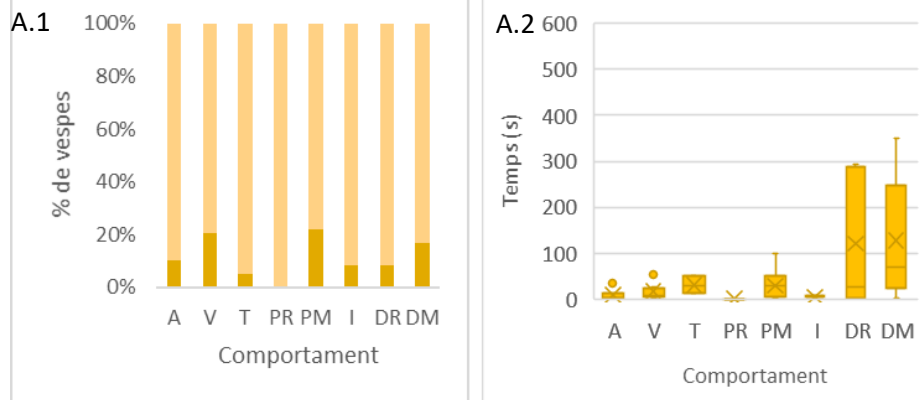
4.3. Comportament de *V. velutina* en funció de la fortalesa de colònia d'abelles

Comparant el comportament de *V. velutina* en funció de l'activitat de les abelles, s'observen diferències significatives per tots els comportaments de caça de la vespa asiàtica amb excepció del comportament V (Taula 8). En termes generals, es veu com la vespa presentava més variabilitat conductual com menys activa estava la colònia. Quan l'activitat de la colònia és nul·la (codi 0) la vespa destina la major part del temps volant als voltants del rusc, aventurant-se a l'interior d'aquest o bé parada sobre la malla de la *muselière* (Figura 7A.1,A.2). Quan augmenta l'activitat de la colònia (codi 1), trobem la variabilitat conductual màxima, és a dir, s'hi veuen representats tots els comportaments de depredació analitzats, predominant el moviment aleta, seguit per vola, parada a la *muselière*, interacció amb altres vespes, dins de la *muselière* i dins del rusc successivament (Figura 7B.1,B.2). Finalment, quan l'activitat als ruscs és superior (codis 2 i 3), s'observa com els comportaments realitzats a les proximitats del rusc (PM, PR, DR, DM) perden força i acabant essent nuls i la vespa asiàtica destina el temps a comportaments de caça directe (A i V) (Figura 7C.1,C.2,D.1,D.2).

Taula 8: "Fixed effects" del model generalitzat lineal mixt (GLMM) que examina en la conducta de caça de la vespa (A: aleta, V: vola, T: terra, PR: parada rusc, PM: parada *muselière*, I: interactua, DR: dins del rusc, DM: dins de la *muselière*) segons l'activitat de les abelles.

Fixed effects	Estimate	SE	z-value	P
A	0,89	0,03	26,86	<2e-16
V	0,04	0,03	1,02	0,30
T	-0,24	0,10	-2,37	0,01
PR	1,47	0,24	5,99	2e-09
PM	-0,35	0,04	-7,97	1.5e-15
I	0,38	0,05	7,09	1.3e-12
DM	-0,11	0,01	-6,25	3.95e-10
DR	-0,36	0,03	-9,71	<2e-16

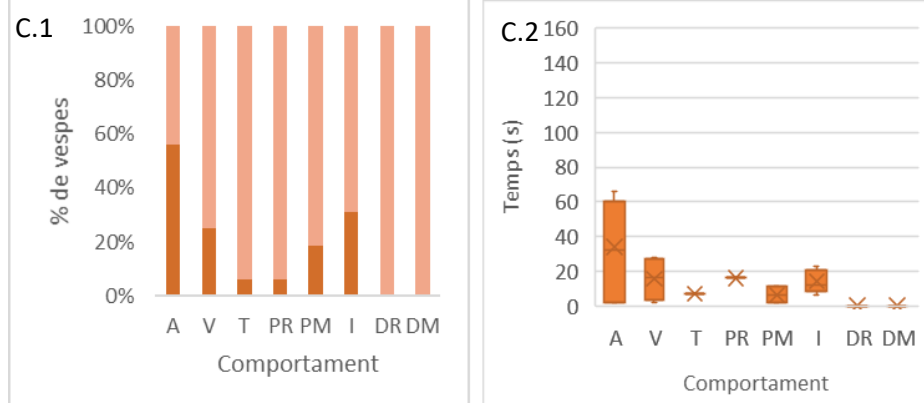
A. CODI 0 (N=59)



B. CODI 1 (N=77)



C. CODI 2 (N=16)



D. CODI 3 (N=9)

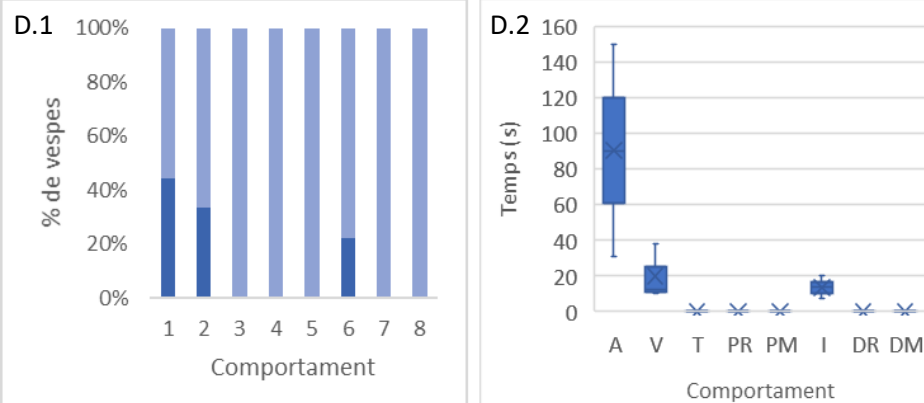


Figura 7: Diferències en la conducta de *Vespa velutina* per cada bloc mostrejat segons la fortalesa de les colònies d'abelles (0: 0 abelles **(A)**, 1: 1-10 abelles **(B)**, 2:10-20 abelles **(C)**, 3: >20 abelles **(D)**), mitjançant el temps que cada vespa destina als comportaments (**columna esquerra**) i el percentatge (**columna dreta**) de vespes observades que els realitzaven (A: aleta, V: vola, T: terra, PR: parada rusc, PM: parada *muselière*, I: interactua, DR: dins del rusc, DM: dins de la *muselière*). També s'hi pot veure la mida mostral de cada codi (N). Els resultats s'expressen amb el temps de mitjana que destina una vespa a cada comportament, tenint en compte el total de vespes observades amb cada codi. Dades extretes del mostreig individual per cada rusc.

4.4. Comportament de *Vespa velutina* en funció de la mida de les *muselières*

4.4.1. Mostreig per caixes

Segons la mida de malla de les *muselières* (MH, M10 i M8), veiem que el paràmetre DM (temps que passa la vespa asiàtica dintre de la *muselière*) despunta considerablement en comparació a la resta de comportaments (Figura 8). La *muselière* MH té representats tots els comportaments, però hi predominen les accions de caça a l'interior de la *muselière* (DM, DR i PM) i les segueixen els comportaments destinats a la depredació exterior (A, T i V). El mateix passa a les caixes protegides amb *muselière* de 10 mm (M10), però amb menys mesura, a excepció del comportament DR (dins al rusc) que és més elevat que en el cas de la *muselière* MH. Per contra, la *muselière* de mida petita (M8), s'observa com la vespa passa més temps a l'interior de la *muselière* (DM més elevat), però no entra tant a l'interior del rusc (DR). Els comportaments a l'exterior del rusc (A, V i T) també són presents a la M8 (Figura 8). No obstant això, després de testar estadísticament les diferències, es veu que els únics comportaments que mostren diferències significatives en funció de la mida de la malla de les *muselières* són els comportaments T i DM (Taula 9).

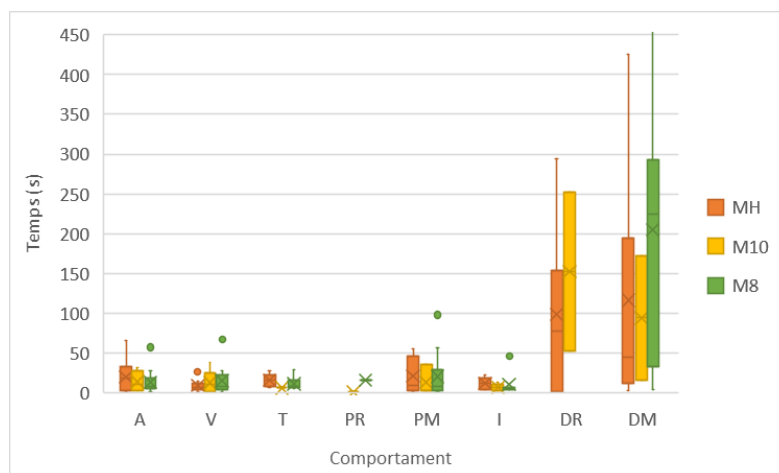


Figura 8: Temps total que les vespes asiàtiques han invertit en els diferents comportaments de caça (A: aleta, V: vola, T: terra, PR: parada rusc, PM: parada *muselière*, I: interactua, DR: dins del rusc, DM: dins de la *muselière*) segons el tipus de *muselière* (M8: malla quadrada de 8mm, M10: malla quadrada de 10mm, MH: malla hexagonal de 12mm; 2 rèpliques per cada tipus malla). Dades extretes de l'anàlisi individual per cada rusc. Els resultats expressen el temps que destina de mitjana una vespa a cada comportament segons la mida de malla de *muselière* independentment del bloc.

Taula 9: “Fixed effects” del model generalitzat lineal mixt que explica les diferències de conducta de caça de la vespa (A: aleta, V: vola, T: terra, PR: parada rusc, PM: parada *muselière*, I: interactua, DR: dins del rusc, DM: dins de la *muselière*) a la *muselière* M10 amb M8 i MH.

Fixed effects		Estimate	SE	z-value	P
A	M8	-0,29	0,97	-0,30	0,75
	MH	0,44	0,97	0,45	0,65
V	M8	1,02	0,70	1,45	0,14
	MH	0,15	0,70	0,21	0,83
T	M8	2,18	1,07	2,02	0,04
	MH	2,67	1,07	2,48	0,01
PR	M8	1,81	2,20	0,82	0,41
	MH	-16,95	418,04	-0,04	0,96
PM	M8	1,64	1,02	1,60	0,10
	MH	1,98	1,02	1,93	0,052
I	M8	-0,46	0,58	-0,79	0,42
	MH	0,46	0,57	0,81	0,41
DM	M8	3,57	1,77	2,01	0,04
	MH	3,42	1,77	1,95	0,05
DR	M8	-3.19e+01	1,49e+06	0,00	1,00
	MH	3,29e+00	2,05e+00	1.31	0,18

4.4.2. Mostreig per blocs

A la figura 9, es pot veure com la vespa organitzava el temps que transcorria des que arribava al grup de ruscs (bocs) i marxava amb presa o sense. Tots els comportaments de caça de la vespa asiàtica, excepte el paràmetre I, són significativament diferents en els dos blocs (Taula 10). Així doncs, en els dos blocs s’observa la mateixa tendència, però amb diferent importància, ja que en general, exceptuant DM i PR, en el bloc 2 és on la vespa destinava més temps a cada comportament. L’ordre, de més a menys temps invertit, que segueixen els comportaments és: DM, A, V, PM, I, T i PR. Així doncs, dins la *muselière* (DM) és on la vespa actuava durant més temps, seguit del moviment aleta (A) i vola (V), actuacions associades directament a la captura de preses exterior.

Taula 10: “Fixed effects” del model generalitzat lineal mixt que explica les diferències de conducta de caça de la vespa (A: aleta, V: vola, T: terra, PR: parada rusc, PM: parada *muselière*, I: interactua, DR: dins del rusc, DM: dins de la *muselière*) entre els dos blocs mostrejats. Degut a la falta de dades el test donava erroni pel paràmetre T.

Fixed effects	Estimate	SE	z-value	P
A	0,13	0,04	3,17	0,001
V	0,34	0,04	7,53	5.08e-14
T	-0,54	0,09	-5,88	3.91e-09
PR	-	-	-	-
PM	0,12	0,05	2,37	0,01
I	-0,03	0,07	-0,45	0,65
DM	0,86	0,03	24,63	<2e-16
DR	0,60	0,03	17,26	<2e-16

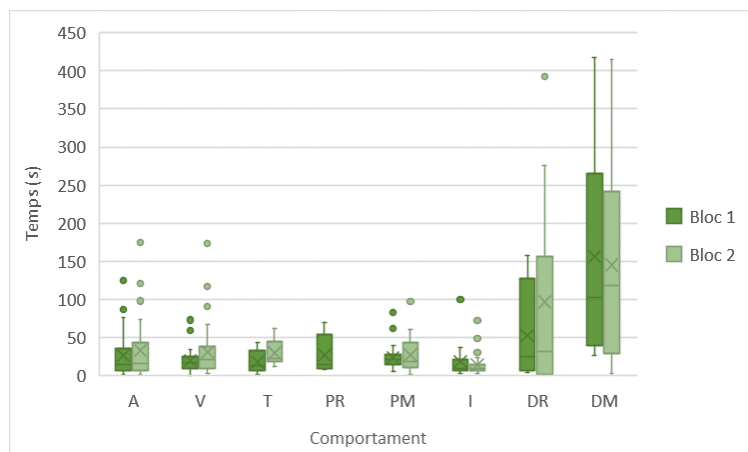


Figura 9: Temps que *V. velutina* destina a cada comportament (A: aleta, V: vola, T: terra, PR: parada rusc, PM: parada *muselière*, I: interactua, DR: dins del rusc, DM: dins de la *muselière*) de depredació diferenciant el bloc. Les dades són extretes del mostreig de bloc i representen el temps que destina de mitjana una vespa a cada comportament.

El temps d'actuació de *V. velutina* a les diferents *muselières* presenta diferències significatives (GLMM(M8-M10): Estimate=-0,183, SE=0,024, z=7,610, P<0,05/GLMM(MH-M10: Estimate=-0,090, SE=0,024, z=3.681, P<0,05). Observant la Figura 10, es veu clarament que el nombre de vespes a la *muselière* MH és més elevat (Figura 10A), però en canvi el temps destinat a la depredació és més elevat a la *muselière* M8 (Figura 10B).

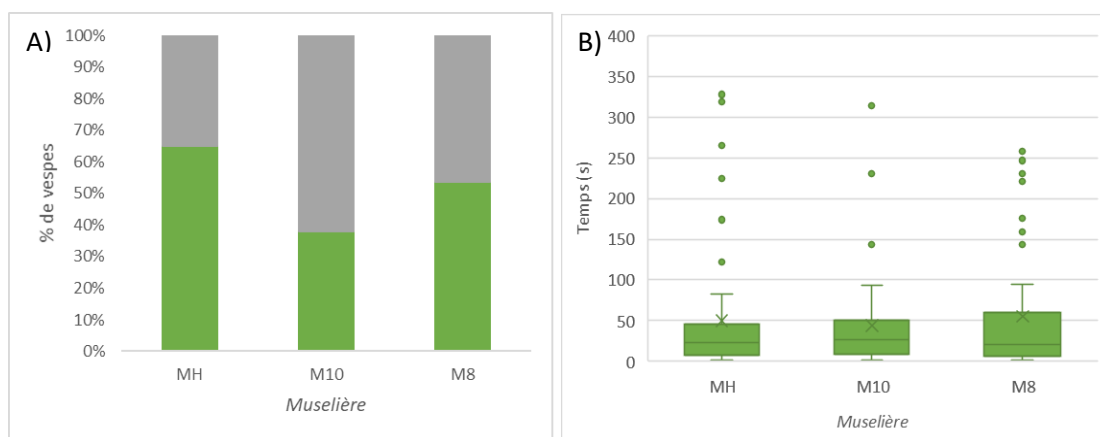


Figura 10: Percentatge de vespes observades a cada *muselière* (M8: malla quadrada de 8mm, M10: malla quadrada de 10mm, MH: malla hexagonal de 12mm; 2 rèpliques per cada tipus malla) respecte el total de vespes observades i temps que destinen les vespes observades a cada *muselière* abans de marxar. Els resultats expressen el temps mitjà que destina una vespa i les dades són extretes del mostreig de bloc.

4.5. Entrada i sortida de dins la *muselière*

Quan ens fixem amb les vespes que entren dins les *muselières*, s'observa una relació negativa significativa (ANOVA F(2,29)=6.52,P=0.004) entre la mida de la malla i el nombre de vespes que aconseguen entrar a dins. És a dir, com més gran és la malla, més vespes poden entrar a l'interior de la *muselière* (Taula 11). El contrari passa amb el temps que aquestes s'estan dins la *muselière*, com més gran és la malla (MH) menys temps s'estan aquestes a l'interior de la *muselière* (Taula 11).

Taula 11: Percentatge de vespes asiàtiques, respecte a el total observat a cada *muselière*, que entraven a l'interior de la malla i temps que tarden a sortir de cada malla (M8: malla quadrada de 8mm, M10: malla quadrada de 10mm, MH: malla hexagonal de 12mm). El temps s'obté de calcular la diferència entre el temps invertit dintre la *muselière* (DM) i el temps dintre del rusc (DR), s'expressa en mitjana ($\pm$ desviació estàndard) del temps que dedica una vespa a sortir del rusc. Dades extretes del mostreig de bloc.

<i>Muselière</i>	N vespes observades	% de vespes que entren	DM-DR (seg)
M10	51	7,84%	81,50 $\pm$ 66,38 (N: 4)
M8	88	10,23%	215,33 $\pm$ 140,58 (N: 9)
MH	73	21,92%	49,94 $\pm$ 55,79 (N: 16)

4.6. Captures/intents i mida de *muselière*

Si ens fixem amb la mitjana d'intents que un individu de *V. velutina* realitzava a cada *muselière* (Taula 12), es veu com les *muselières* M8 i M10 presenten valors similar pels dos blocs, en canvi, la *muselière* M10 el valor varia molt segons el bloc, essent molt elevat en el segon (8,52). Així doncs sembla que a la *muselière* on la vespa capturava amb més facilitat tenint en compte els intents que realitzava és la M8. Observant ara el percentatge d'èxit veiem que les malles de mida petita (M8) i de mida gran hexagonal (MH) prenen els valors més grans en els dos blocs. En el primer bloc, la malla M8 és on la vespa presentava més eficiència de depredació, pràcticament el total de les vespes aconseguïen una captura i pel segon, és a la malla MH on s'obtenien més captures respecte a les vespes observades. Tanmateix, totes les colònies d'abella domèstica dels dos blocs es veien repercutides per la pressió de la vespa asiàtica, ja que també a la *muselière* de malla 10 mm més de la meitat de les vespes mostrejades obtenien una captura (Taula 12).

Observant la Taula 12, també es pot veure el percentatge d'èxit de *V. velutina* a l'interior del rusc (% d'èxit R) a les diferents caixes, essent la MH la *muselière* que presenta el valor més elevat en els dos blocs, seguida de M8 i finalment de M10. Aquests resultats recolzen els obtinguts anteriorment (Taula 11), on s'observa com la vespa tenia preferència per entrar a les caixes amb *muselière* MH.

Taula 12: Intents realitzats per la vespa asiàtica segons la mida de *muselière* (M8: malla quadrada de 8mm, M10: malla quadrada de 10mm, MH: malla hexagonal de 12mm), els resultats expressen la mitjana d'intents que realitzava una sola vespa ($\pm$ desviació estàndard). També s'observen els percentatges d'èxit total (captures totals/vespes que realitzaven intents(N)*100) i èxit l'interior del rusc (% èxit R) (captures a l'interior del rusc/ vespes que realitzaven intents (N)*100). Dades extretes del total dels dos mostreigs.

Bloc	<i>Muselière</i>	Vespes (N)	Intents (N)	% èxit	% èxit R
1	M10	16	1,81 $\pm$ 1,11	69%	6%
	M8	29	2,68 $\pm$ 1,97	90%	10%
	MH	18	3,33 $\pm$ 2,54	72%	17%
2	M10	23	8,52 $\pm$ 10,36	57%	9%
	M8	25	2,40 $\pm$ 3,20	72%	28%
	MH	39	3,51 $\pm$ 4,36	90%	51%

4.7. Observació del comportament "balling behaviour"

En data 05-11-2019, durant el mostreig de camp es va observar com les vespes duïen a terme el comportament de defensa anomenat "balling behaviour", contra l'atac d'una vespa que es va

aventurar a través de la malla de la *muselière*, provocant així la mort de la vespa (Figura 10). Abans de l'atac es va observar com un centenar d'abelles restaven en formació de bola a la ranura de l'entrada del rusc protegit amb la malla quadrada de mida 8 mm (M8) al bloc 2. Al mateix temps a l'interior de la *muselière*, hi havia una vespa intentant capturar les abelles que no estaven en formació. Seguidament aquestes abelles van procedir a atacar, es creu que mitjançant picades, a la vespa. La vespa asiàtica atordida pels diferents atacs es va anar aproximant a la bola d'abelles fins que va ser totalment engolida per aquestes. Fins que al cap d'uns 10 minuts aproximadament es va poder presenciar el cadàver de la vespa.

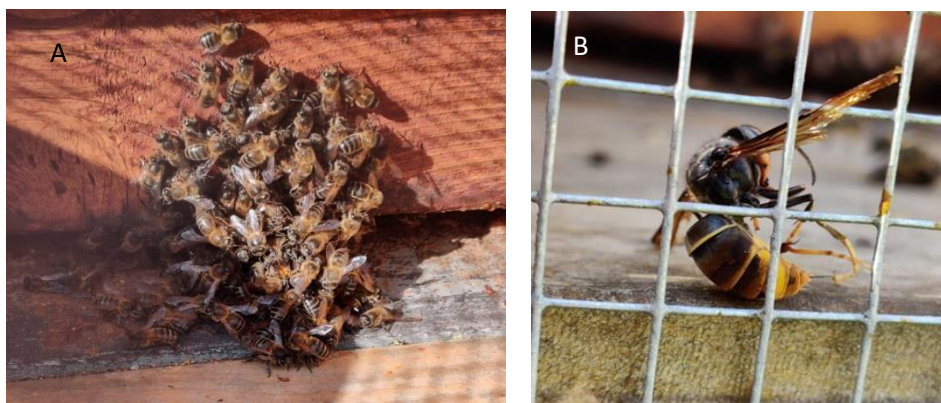


Figura 10: Comportament de defensa “balling behaviour” d'abelles contra l'atac d'una vespa asiàtica. Cap al final de la pila, en color taronja, es pot veure l'abdomen d'aquesta (A) i Cadàver de *Vespa velutina* a l'interior d'una *muselière* de malla de 8mm (B). (Font: pròpia, 2019)

5. DISCUSSIÓ

5.1. Revisió bibliogràfica

Vespa velutina des de la seva invasió en els territoris Europeus ha estat tractada mediàticament, possiblement a causa de diferents factors com els impactes derivats de la seva incursió o bé, per la inseguretat de la població davant dels efectes per la salut humana. Tots els estudis revistats coincideixen en el fet que la vespa asiàtica s'ha convertit durant l'última dècada en la principal amenaça per les colònies d'abelles domèstiques (Monceau et al., 2013, 2014, 2018; Turchi i Derijard, 2018; Rojas-Nossa, Novoa, Serrano i Calviño-Cancela, 2018).

Fins al dia d'avui, hi ha poca informació sobre el comportament de *Vespa velutina* en abellars, i més concretament sobre la resposta d'aquesta a la presència de barreres físiques o elèctriques de protecció dels ruscs, dades imprescindibles per obtenir un sistema de control poblacional i protecció dels apiaris eficient (Galartza, 2016). De la mateixa manera, no es van obtenir resultats durant la cerca d'estudis anteriors sobre com actua *V. velutina* davant el sistema físic de defensa de caixes per *muselières*, només alguns articles que esmenten la seva utilització (Turchi i Derijard, 2018). És per aquest motiu que els resultats obtinguts en aquest estudi, a vegades, seran difícilment comparats amb estudis anteriors.

5.2. Pros i contres del protocol d'estudi

Així doncs, en el present estudi s'ha establert un protocol propi per complir amb els objectius proposats a través d'observacions prèvies de l'àrea d'estudi. Tanmateix, és necessari realitzar una valoració de les fortaleeses i debilitats de la metodologia seguida a l'hora de realitzar el recull

de dades. El sistema observacional escollit ha resultat ser un mètode eficaç per recollir informació del comportament de depredació de *V. velutina*, sobretot en l'anàlisi d'individus sols que no interactuaven amb altres individus. En aquest estudi el 36 % de les vespes mostrejades es van relacionar amb altres individus durant la seva observació, dada que ha resultat ser més baixa del que s'esperava, i per tant tot i que les vespes asiàtiques presenten comportaments de competència entre elles no és suficient per considerar-se un factor de reducció de la pressió per depredació de les colònies d'abelles (Monceau *et. al*, 2013). Tanmateix, quan les abelles resultaven ser atacades per més d'un individu, interactuant o no, l'enregistrament es complicava, per això es va procurar ser molt curós a l'hora d'escollir la vespa que s'observava, intentant allunyar l'instint ambiciós de fer el seguiment de més d'una vespa. Es va demostrar en nombroses ocasions que si no es tenia en compte aquest factor, es provocava una pèrdua d'informació considerable.

Un altre aspecte a tenir en compte que ha permès a l'estudi obtenir un major volum de resultats, és la realització de dos mostreigs simultanis, l'individual per cada caixa i tractament i l'observació del conjunt del bloc. S'ha demostrat que és necessari mantenir aquesta estructura, ja que d'aquesta manera es podia obtenir doble informació de com procedia a la depredació la vespa asiàtica. Per una banda informació detallada de com *V. velutina* actuava en cada tractament i per l'altra banda com destinava el seu temps des que arribava al camp de visió fins que desapareixia.

Ara bé, respecte al temps d'observació s'ha considerat l'opció de variar el temps de mostreig segons l'afecte de *V. velutina* a l'apiari de mostreig, el qual en aquest estudi era de 3 minuts per caixa en el mostreig individual i 9 minuts pel conjunt de caixes en el mostreig de bloc. En el nostre cas tot i ser pronunciada la presència de *Vespa velutina* va resultar ser menor que els anys anteriors, segons el comentat per diferents apicultors experts de la problemàtica. De totes maneres, es van poder observar diferències d'abundància entre els dies de mostreig i es va comprovar com el temps observacional (3 minuts i 9 minuts) funcionava amb una abundància mitjana de vespes, individus sols o interactuant amb altres individus durant períodes breus de temps. En canvi, presentava problemes quan la presència era molt elevada, aglomeracions de nombroses vespes a la vegada, o pel contrari molt baixa. Així es proposa augmentar el temps de mostreig si la pressió de *V. velutina* a l'apiari d'actuació és molt elevada i a la inversa si és molt baixa.

No obstant el comentat anteriorment, el protocol presenta una debilitat important: el traspàs de dades de la gravadora al programari per a realitzar el tractament analític. Aquest procediment ha resultat ser costos i laboriós, requerint un període de temps elevat (15 minuts aproximadament per gravacions de 3 minuts), cosa que podria implicar una pèrdua d'eficiència en l'estudi. Tot i que es van buscar alternatives per agilitzar el procés, no es va trobar un mètode que facilités el traspàs de les dades. Seria interessant explorar les possibilitats dels convertidors automàtics d'àudio a text, per facilitar les transcripcions de les gravacions.

Una altra recomanació que s'ha considerat per acceptar o descartar altres hipòtesis sobre la possible relació entre les dues espècies (*A. mellifera* i *A. velutina*), és tenir en compte l'afecte de la temperatura en l'activitat de *Vespa velutina* i *Apis mellifera*. En aquest estudi, encara que el recull de dades no ha estat suficient per extreure conclusions precises i un coeficient de correlació significatiu, els resultats insinuen una relació inversa amb la temperatura entre les dues espècies (Figura 6). D'aquesta manera, es proposa a estudis futurs ampliar les franges horàries de mostreig per obtenir dades que donin suport a les suposicions d'aquest estudi.

5.3. Efectes de les *muselières* en *V. velutina*

És important remarcar que les dades obtingudes s'han derivat de l'estudi d'un sol abellar compost per sis ruscs, els quals presentaven patrons d'activitat molt heterogenis. Per a corroborar la robustesa dels resultats obtinguts en l'estudi seria necessari estendre l'estudi a altres abellars i situacions de pressió de *V. velutina* més diversos. En qualsevol cas, s'ha pogut demostrar que la pressió de depredació de les vespes asiàtiques segueix un patró comú en els individus i es veu alterada per la presència de sistemes de protecció.

El sistema de depredació de *Vespa velutina* es pot resumir en esperar a la presa, atrapar-la, processar-la i tornar el niu amb el tòrax d'aquesta, com ja havia observat anteriorment Monceau (2014).

Els resultats inicials suggereixen que les colònies protegides amb les *muselières* M8 i MH eren les més concorregudes per *V. velutina* (Taula 6), però la mida de la mostra (N=6) no és prou gran per testar-ho estadísticament. En general, però, observem que els ruscs de *A. mellifera* eren molt poc actius i els valors que ho mostren són molt similars en cinc dels sis ruscs analitzats. En la caixa protegida amb la *muselière* de 10 mm (M10) del bloc 2, sí que podria semblar que l'activitat despunta de la resta, aquest fet però és causa de la debilitació de la colònia fins a la seva desaparició, seguit d'un fenomen de colonització per part d'abelles d'altres colònies, és a dir, segurament les abelles mostrejades abans de la pèrdua de les caixes, el dia 29-10-2019, no eren individus de la colònia originària.

Tot i això, en estudis anteriors s'ha demostrat que l'atractiu dels ruscs es pot basar en la quantitat de cria, recursos emmagatzemats o l'agressivitat de la colònia d'abelles, per tant hi hauria una relació directa entre l'activitat de les dues espècies (Monceau et al., 2014). No obstant això, en un estudi més recent es remarca que la susceptibilitat de depredació de les caixes recau en les diferències de comportament del rusc més que en la densitat de població de la colònia (Monceau, et al., 2018). En l'estudi no es tenen suficients dades de l'estat de les colònies d'abelles mel·líferes, tot i això, seguint la idea de Monceau (2018), si s'associa l'activitat de les colònies mostrejades amb una variabilitat conductual d'aquestes, es pot explicar els resultats obtinguts en l'anàlisi del comportament de *Vespa velutina* en funció de la fortalesa de la colònia d'abelles.

Així doncs, s'ha observat com *Vespa velutina* varia la seva actuació segons com es comporta *Apis mellifera*. Quan *Apis mellifera* resta a l'entrada o a l'interior del rusc, per tant es considera una activitat nul·la, la vespa s'aproxima als voltants d'aquestes caixes i destina el temps a activitats no directament relacionades a la caça, com seria rodejant la zona per trobar el lloc adient per obtenir l'èxit (V), explorant els terres buscant restes aprofitables (T), aturades a l'estructura de la *muselière* esperant la presa (PM) o inclús aventurant-se a l'interior de la malla de protecció (DM). Per tant, dona entendre que per la falta de presència de preses dedica el temps a buscar altres fonts d'aliment properes, de fet es va observar com individus de *V. velutina* capturaven abelles ja mortes a l'interior de la *muselière*. En canvi, quan els individus de les colònies augmenten el flux d'entrades i sortides, la vespa s'aventura en menys mesura a l'interior de la *muselière*, i conseqüentment del rusc, i es situen en llocs estratègics en posició d'atac a l'espera de la futura presa (A). Aquest fenomen s'exagera a mesura que apareixen més individus de *A. mellifera* a l'exterior del rusc, era també en aquesta situació quan comptabilitzaven més captures d'abelles domèstiques, tot i que la vespa destinés menys temps a la depredació. Aquest fet es podria explicar per la desprotecció de les abelles fora de la *muselière* i la concentració d'esforços de la vespa en capturar-les. Tot i la gran pressió

depredadora realitzada per part de *V. velutina* als ruscs, tenen la debilitat d'interactuar agònicament entre elles per l'establiment de la zona de caça, fet que com ja s'havia demostrat en altres estudis és una possible pèrdua de rendiment (Monceau *et al.*, 2013). En aquest cas però, com ja s'ha comentat anteriorment, només el 36 % de les vespes van ser observades interactuant independentment de la caixa o el bloc i per tant no és un valor suficientment alt per ser significatiu.

Pel que fa a com afecten les diferents mides de *muselières* al comportament depredador de *Vespa velutina*, s'observen diferències conductuals rellevants entre les caixes. Els ruscs protegits amb *muselières* de malla quadrada de 10 mm és on la vespa apareix i actua amb menys mesura. És difícil saber, però, si els resultats obtinguts són deguts al procés de colonització, comentat anteriorment, o realment és la *muselière* que ofereix més protecció a les colònies d'abelles. Per altra banda, s'ha vist com a la malla de mida petita (M8) la vespa asiàtica destinava el seu temps a l'interior de la *muselière* (DM), volant (V) i procedint a l'atac (A) o esperant la presa aturada a la malla de la *muselière* (PM). Aquesta malla dificultava l'entrada i la sortida de la vespa a l'interior dels ruscs, d'aquí l'elevat temps destinat a DM, però també utilitzava la mida petita de la malla com a estratègia de caça. Esperava la presa entre els espais de la *muselière*, ja que si bé la malla protegia l'entrada al rusc però, també dificultava la sortida de les abelles pels espais i les obligava a parar-se abans de poder sortir. Per altra banda, a la malla de mida més gran i forma hexagonal (MH), és on es va enregistrar més vegades la presència de *Vespa velutina* i la seva estratègia de depredació es basava a esperar fora de la *muselière* la presa i aventurar-se a l'interior de la *muselière*, a causa de la facilitat d'accés a través dels espais de la malla.

Els valors obtinguts sobre el comportament relacionat amb l'entrada de l'abella a l'interior de la *muselière*, es poden explicar mitjançant diferents factors. En primer lloc, s'ha demostrat que com més petita és la malla de la *muselière* més difícil té l'entrada i la sortida la vespa. A més la situació es complica si aquesta intenta sortir amb una captura, de fet es va poder observar com certes vespes optaven per abandonar la presa o trossejar-la allà mateix per poder sortir. Així s'explica el temps destinat a l'interior de la *muselière* M8 i les poques vegades que es va mostrejar (Taula 7). Just el contrari passa amb la malla de mida més gran (MH), on es van mostrejar més individus entrant a l'interior de la *muselière* i amb un temps molt menor de sortida, per tant ajuntant els dos factors també podem resoldre el dubte de per què es dispara aquest comportament. Finalment, la malla de mida 10 mm va semblar ser on la vespa s'aventurava amb menys freqüència, ja que en certa manera també dificultava la sortida de la vespa amb captura.

En últim lloc, l'estudi ha constatat que sigui quina sigui la mida de la malla de la *muselière* el percentatge d'èxit de les vespes és superior al 50 % en tots tres tractaments, és a dir, més de la meitat de les vespes observades obtenien una captura. Tot i això, es pot veure lleugerament que les caixes protegides amb la *muselière* hexagonal (MH) i la *muselière* de mida 8 mm (M8) són les més afectades, seguit de les protegides amb la *muselière* de mida 10 mm (M10). El patró es repeteix pel percentatge d'èxit a l'interior del rusc, essent les caixes amb M10 les menys afectades i les caixes amb *muselière* MH on la vespa captura més a l'interior del rusc. Concretament a la caixa amb *muselière* MH del bloc 2, el 51 % de les captures han estat realitzades per les vespes asiàtiques a l'interior d'aquesta. Per tant, els resultats obtinguts a l'estudi insinuen que les *muselières* de mida petita (M8), afavoreixen la caça a l'exterior i les *muselières* hexagonals de mida gran (MH) la caça a l'interior. Així doncs, la malla quadrada de mida 10 mm (M10) resultaria ser la més idònia per a la protecció de les colònies d'abelles, ara

bé, la mida mostral de l'estudi no seria suficient per obtenir una resposta contrastada. És per això que s'espera que més endavant altres estudis puguin corroborar aquesta hipòtesi.

Aquest estudi també permet confirmar que el comportament "balling behaviour" es produeix de forma natural a les colònies d'*Apis mellifera*. Fins a l'any 2018, on un estudi de vídeo mostreig va registrar el comportament de defensa per primera vegada, només s'havia observat en circumstàncies experimentals on se situaven individus de *Vespa velutina* a les entrades del rusc (Monceau *et al.*, 2018). El comportament es va observar a la *muselière* de mida 8 mm, per tant podria ser que la *muselière* propiciés que les abelles es defensessin davant de l'atac de la vespa asiàtica deixant-la atrapada a l'interior de la malla. De totes maneres, la freqüència d'aquest comportament és molt baixa, durant tot el mostreig només va ser observat una vegada però significa que *Apis mellifera* pot defensar-se de la vespa donant esperança a una futura coevolució de les espècies.

6. ÈTICA I SOSTENIBILITAT

Durant la realització de l'estudi s'han tingut en compte en tot moment als principis generals que regeixen qualsevol activitat científica, segons l'ordre ECC/566/2015, del 20 de març, "per la qual s'estableixen els requisits de capacitació que ha de complir el personal que manegi animals utilitzats, criats o subministrats amb fins experimentals o científics, inclosa la docència" (BOE, 2015b). El protocol establert a l'estudi i la metodologia seguida s'han lligat, en tot moment, sobretot en el treball de camp, a criteris de sostenibilitat ambiental i de benestar animal. S'han utilitzat mètodes segurs que no generessin impactes derivats del seu ús, ni provoquessin la mort/sofriment dels animals objecte d'estudi. També s'ha intentat reduir al màxim l'impacte provocat per la nostra presència realitzant el mostreig observacional a una distància prudencial per no alterar el funcionament de l'apiari.

A part del mostreig pròpiament, l'objectiu de l'estudi es basa a entendre millor el comportament de *V. velutina* davant la presència de *muselières*, un mètode de control no agressiu amb l'entorn. A diferència dels mètodes químics o de control mitjançant electrocució, mètodes d'adaptació que provoquen impactes a escales desconegudes i la mort dels individus en la majoria de casos.

La redacció i l'anàlisi bibliogràfic sempre s'ha portat a terme respectant els drets d'autor realitzant les citacions corresponents tant a components del text com a imatges.

7. CONCLUSIONS

Regarding the bibliographic analysis prior to the design of the protocol, the conclusions are the following:

- An increase in scientific articles related to the *Vespa velutina* from the beginning of the problem in 2004 to the present day.
- Most studies are dedicated to studying the behaviour of *A. cerana* and *A. Mellifera* and their interaction with *V. velutina*. Few studies are examining the efficiency and selectivity of control methods in real beehives and evaluating *V. velutina's* hunting behaviours.

In relation to the sampling protocol:

- Useful methodology, but too much time is spent in the collection of information in the field. Strong need to look for a more agile methodology to facilitate the transcription of the data recorded in the field.
- Need to extend the sampling time slots, in order to reinforce the hypotheses of the relationship between *V. velutina* activity and temperature.
- When carrying out the field work, it is necessary to respect the methodology and to be very careful when proceeding to collect the data in the field.

Regarding the usefulness of *muselières*:

- The protection of hives with *muselières* does not prevent the Asian hornet from preying on domestic bees, but its presence certainly reduces the effect and allows the bee to feel safer to continue its harvesting activity.
- The boxes that have received the greatest impact on the predation of honeybees, taking into account the number of wasps and their time of action, have been protected with the 12 mm hexagonal *muselière*.
- Boxes protected with an 8 mm square mesh *muselière* make it difficult for *V. velutina* to enter and encourage an aggressive behaviour by bees. At the same time, however, they force the bees to stop when leaving, favouring *V. velutina* to attack the outside of the *muselière*.
- The boxes where fewer wasps and fewer deaths of *A. mellifera* have been counted have been protected with the 10 mm square *muselières*. This mesh can be considered the most effective against the effect of *V. velutina* in bee colonies.
- It is necessary to continue researching with the control and protection methods of hives in order to achieve an optimal system that does not damage the environment and ensures a good performance of the apiaries until a coexistence with *Vespa velutina* is achieved.

8. BIBLIOGRAFIA

Arca, M., Mougel F., Guillemaud, T., Dupas, S., Rome, Q., Perrard, A., Muller, F., Fossoud, C., Capdevielle-Dulac, C., Torres-Leguizamon, M., Chen, X., Tan, J., Jung, C., Villemant, C., Arnold, G. i Silvan, J. (2015). Reconstructing the invasion and the demographic history of the yellow-legged hornet, *Vespa velutina*, in Europe. *Biological Invasions*, 17(8), 2357-2371. doi: 10.1007/s10530-015-0880-9.

BDBC. (s.d.). Banc de dades de biodiversitat catalana. Extret de: <http://biodiver.bio.ub.es/biocat/index.jsp#pas10>

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

BOE. (2015a). Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. *Jefatura del Estado. Boletín Oficial del Estado núm. 227. Referencia: BOE-A-2015-10142*

BOE. (2015b). Orden ECC/566/2015, de 20 de marzo, por la que se establecen los requisitos de capacitación que debe cumplir el personal que maneje animales utilizados, criados o suministrados con fines de experimentación y otros fines científicos, incluyendo la docencia. *Ministerio de economía y competitividad, Boletín oficial del estado num.78*. Referencia: BOE-A-2015-3564

Flora Catalana. (s.d.). Catàleg de Flora: *Diplotaxis ericuoides*. Associació de flora catalana: botànica i etnobotànica de la nostra terra. Extret de: <http://www.floracatalana.cat/flora/vasculars/taxons/VTax1032>

Franklin, D., Brown, M., Datta, S., Cuthbertson, A., Budge, G. i Keeling, M. (2017). "Invasion dynamics of Asian hornet, *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae): a case study of a commune in south-west France. *Applied Entomology and Zoology*, 52 (2), 221-229. doi: 10.1007/s13355-016-0470-z

Galartza, E. (2016). Manual para la gestión de la avispa asiática (*Vespa velutina*). *Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial*.

Haro, L., Labadie, M., Chanseau, P., Cabot, C., Blanc-Brisset, I., Penouil, F. i National Coordination Committee for Toxicovigilance. (2010). Medical consequences of the Asian black hornet (*Vespa velutina*) invasion in Southwestern France. *Toxicon*, 55(2-3), 650-652. doi: 10.1016/j.toxicon.2009.08.00.

Monceau, K., Arca, M., Leprêtre, L., Mougél, F., Bonnard, O., Silvain, J-F., Maher, N., Arnold, G., i Thiéry, D. (2013a). Native Prey and Invasive Predator Patterns of Foraging Activity: The Case of the Yellow-Legged Hornet Predation at European Honeybee Hives. *Plos one*, 8(6), e66492. doi: 10.1371/journal.pone.0066492.

Monceau, K., Bonnard, O. i Thiéry, D. (2013). Relationship between the age of *Vespa velutina* workers and their defensive behaviour established from colonies maintained in the laboratory. *Journal of Insects Sociaux*, 60 (4), 437-444. doi: 10.1007/s00040-013-0308-4.

Monceau, K., Maher, N., Bonnard, O. i Thiéry, D. (2013b). Predation pressure dynamics study of the recently introduced honeybee killer *Vespa velutina*: learning from the enemy. *Journal of Apidologie*, 44 (2), 209-221. doi: 10.1007/s13592-012-0172-7.

Monceau, K. i Bonnard, O. (2014) *Vespa velutina*: a new invasive predator of honeybees in Europe. *Journal of Pest Science*, 87(1), 1-16. doi: 10.1007/s10340-013-0537-3.

Monceau, K., Bonnard, O., Moreau, J. i Thiéry, D. (2014). Spatial distribution of *Vespa velutina* individuals hunting at domestic honeybee hives: heterogeneity at a local scale. *Insect Science*, 21 (6), 765-774. doi: 10.1111/1744-7917.12090.

Monceau, K., Arca, M., Bonnard, O., Leprêtre, L., Arnold, G. i Thiéry, D. (2018). How *Apis mellifera* Behaves with its Invasive Hornet Predator *Vespa velutina*? *Journal of Insect Behaviour*, 31 (1), 1-11. doi: 10.1007/s10905-017-9658-5.

Poidatz, J., Bressac, C., Bonnard, O i Thiéry, D. (2018). Delayed sexual maturity in males of *Vespa velutina*. *Insect Science*, 25(4), 679-689. doi: 10.1111/1744-7917.12452.

Poidatz, J., Lopez-Plantey, R. i Thiéry, D. (2018). Indigenous strains of *Beauveria* and *Metharizium* as potential biological control agents against the invasive hornet *Vespa velutina*. *Journal of invertebrate Pathology*, 153, 180-185. doi: 10.1016/j.jip.2018.02.021.

Rojas-Nossa, S., Novoa, N., Serrano, A. & Calviño-Cancela. (2018). Performance of baited traps used as control tools for the invasive hornet *Vespa velutina* and their impact on nontarget insects. *Journal of Apidologie*, 49 (6), 872-885. doi: 10.1007/s13592-018-0612-0.

Sauvard, D., Imbault, V. i Darrouzet, E. (2018) Flight capacities of yellow-legged hornet (*Vespa velutina* nigrithorax, Hymenoptera: Vespidae) workers from an invasive population in Europe. *Plos One*, 13(6), e0198597. doi: 10.1371/journal.pone.0198597.

Turchi, L. i 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 (6), 553-562. doi: 10.1111/jen.12515.

Universitat de València. (2016). El agroquímico que pone en peligro a las abejas. Màster Universitar en Química. Extret de: <https://www.uv.es/uvweb/master-quimica/ca/blog/agroquimico-pone-peligro-las-abejas-1285949128883/GasetaRecerca.html?id=1285956888076>

Villemant, C., Barbet-Massin, M., Perrard, A., Muller, F., Gargominy, O., Jiguet, F. i Rome, Q. (2011). Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yello-legged hornet *Vespa velutina* nigrithorax across Europe and other continents with niche models. *Biological Conservation*, 144 (9), 2142-2150. doi: 10.1016/j.biocon_2011.04.009.

Wang, Z. W., Chen, G. i Tan, K. (2014). Both olfactory and visual cues promote the hornet *Vespa velutina* to locate its honeybee prey *Apis cerana*. *Insect sociaux*, 61(1), 67-70. doi: 10.1007/s00040-013-0326-2.