

Títol del Treball:

**De quina manera es poden detectar i localitzar els
nius de vespa asiàtica (*Vespa velutina*)?**

Estudiant: Marina Tous Tito

Correu electrònic: mtoustito@gmail.com

Grau en Ciències Ambientals

Tutor: Josep Maria Bas Lay

Correu electrònic: josep.bas@udg.edu

Data de dipòsit de la memòria a través de la plataforma de TFG: dimecres 3 de juliol

AGRAÏMENTS

Aquest treball de final de grau no hauria estat possible sense moltes persones del meu voltant. En primer lloc, vull agrair-li al meu tutor, en Josep Maria Bas, per tota l'ajuda que m'ha brindat mentre feia aquest treball; també va ser gràcies a ell que he descobert aquest tema tan interessant. En segon lloc, aquest treball no hagués estat possible sense el suport de la meva família, els quals m'han fet costat mentre feia aquest treball de fi de grau i durant tots els anys de grau. En tercer lloc, vull donar gràcies també a l'Eulàlia, per ser-hi sempre present, ja sigui en el vessant professional com en altres aspectes de la vida. A més, també vull mencionar la Clara, la Maria i la Carla, gràcies per estar amb mi en aquest viatge. I would like to extend a special mention to Sarah Bunker, who graciously provided me with a fragment of her book free of charge and offered her assistance in any way she could.

ÍNDIX

1	ABSTRACT	1
1.1	Resum	1
1.2	Resumen	2
1.3	Abstract.....	3
2	REFLEXIONS	4
2.1	Reflexió sobre ètica	4
2.2	Reflexió sobre sostenibilitat.....	4
2.3	Reflexió sobre perspectiva de gènere.....	4
3	INTRODUCCIÓ	5
3.1	Les espècies exòtiques invasores: la vespa asiàtica <i>Vespa velutina</i>	5
3.2	Característiques de la <i>Vespa velutina</i>	7
3.3	El cicle de vida de <i>Vespa velutina</i>	8
3.4	Alimentació	10
3.5	Problemàtica associada a <i>Vespa velutina</i>	10
4	OBJECTIVES	11
5	METODOLOGIA	12
5.1	Eines observacionals en la detecció de nius	12
5.1.1	Marcatge i seguiment de <i>Vespa velutina</i> per detectar el niu (A).....	12
5.1.2	Mètode Jersey (B).....	14
5.2	Eines tecnològiques en la detecció de nius	14
5.2.1	Detecció de nius a través de radiotelemetria (C)	15
5.2.2	Detecció i notificació de nius de <i>V. velutina</i> en temps real mitjançant intel·ligència artificial en drons (D).....	16
5.2.3	Seguiment de la <i>Vespa velutina</i> en ambients complexos a través d'un radar harmònic (E).....	18
5.2.4	Viabilitat d'imatges tèrmiques en la detecció de nius de vespa asiàtica (F) ...	19
6.	CRITERIS PER INDICAR EL MILLOR MÈTODE	20
6.1.	Criteris ambientals	21
6.2.	Criteris econòmics	21
6.3.	Criteris d'efectivitat	23
6.4.	Criteris socials	24
7.	RESULTATS I DISCUSSIÓ	24
7.1	Anàlisi general	25
7.2	Justificacions	27
8.	CONCLUSIONS	31
9.	BIBLIOGRAFIA	32

1 ABSTRACT

1.1 Resum

La vespa asiàtica, *Vespa velutina*, és una espècie de vespa que s'ha declarat espècie invasora a Espanya i que fa anys que s'ha instal·lat a Catalunya i arreu d'Europa. Aquesta espècie presenta problemes ecològics com econòmics, especialment per la seva predació sobre pol·linitzadors, la qual cosa amenaça greument la indústria apícola.

Actualment, el mètode més utilitzat pel control d'aquesta espècie és l'eliminació dels nius. No obstant això, aquesta pràctica no és suficient per al seu control. En general, aquesta espècie té la tendència de construir els nius a la copa d'arbres alts (de més de 10 metres). L'activitat del niu disminueix quan baixa les temperatures, fins que a l'hivern les vespes moren. Quan els arbres caducifolis perden les fulles es divideixen els nius, tanmateix, ja són buits.

Per aquesta raó, la solució per aturar la proliferació de l'espècie es basa en la detecció primerenca d'aquests nius. Amb aquest fet, els nius podran ser detectats quan encara són actius i sobretot abans que les futures reines deixin el niu per formar noves colònies.

En aquest treball s'identifiquen diversos mètodes de detecció de nius per poder-los comparar i d'aquesta manera definir quin és el més adequat per millorar el control d'aquesta espècie. Per comparar els diferents mètodes es realitza una matriu, on es tenen en compte factors ambientals, econòmics i socials. Entre els mètodes s'ha arribat a la conclusió que el que compleix millor els requisits proposats és un mètode de marcatge i seguiment presentat per Sandra V. Rojas-Nossa. Aquest mètode respecte als altres, és més econòmic, té uns resultats acceptables, és respectuós amb el medi ambient i èticament responsable. Tanmateix, si el que es vol són millors resultats en menys temps i el pressupost és elevat, el mètode més adient és el que utilitza ràdio-telemetria, posat que aquest és més efectiu, però presenta despeses elevades.

Paraules clau: *Vespa velutina*, espècies invasores, mètodes de detecció, radiotelemetria, marcatge i seguiment.

1.2 Resumen

La avispa asiàtica, *Vespa velutina*, es una especie de avispa que se ha declarado especie invasora en España y que desde hace años se ha establecido en Cataluña y en toda Europa. Esta especie presenta problemas tanto ecológicos como económicos, especialmente por su depredación sobre polinizadores, lo cual amenaza seriamente a la industria apícola.

Actualmente, el método más utilizado para el control de esta especie es la eliminación de los nidos. Sin embargo, esta práctica no es suficiente para su control. En general, esta especie tiende a construir los nidos en la copa de árboles altos (de más de 10 metros). La actividad del nido disminuye cuando bajan las temperaturas, hasta el punto que en invierno las avispas mueren y los nidos quedan vacíos. Es en este momento cuando los árboles caducifolios pierden las hojas, facilitando la identificación de los nidos, aunque ya estén desocupados.

Por esta razón, la solución para que esta especie no continúe proliferando se basa en la detección temprana de estos nidos. Con este hecho, los nidos pueden ser detectados cuando aún son activos y sobre todo antes de que las futuras reinas abandonen el nido para formar nuevas colonias.

En este trabajo se identifican varios métodos de detección de nidos para poder compararlos y de esta manera definir cuál es el más adecuado para mejorar el control de esta especie. Para comparar los diferentes métodos se realiza una matriz, donde se tienen en cuenta factores ambientales, económicos y sociales. Entre los métodos se ha llegado a la conclusión de que el que cumple mejor los requisitos propuestos es un método de marcaje y seguimiento presentado por Sandra V. Rojas-Nossa. Respecto a los demás, es más económico, tiene unos resultados aceptables, es respetuoso con el medio ambiente y éticamente responsable. Sin embargo, si lo que se desea son mejores resultados en menos tiempo y el presupuesto es elevado, el método más adecuado es el que utiliza la radiotelemetría, ya que esta es más efectiva pero presenta gastos elevados.

Palabras clave: *Vespa velutina*, especies invasoras, métodos de detección, radiotelemetría, marcaje y seguimiento

1.3 Abstract

The Asian hornet, *Vespa velutina*, is a species of hornet that has been declared an invasive species in Spain and has been established in Catalonia and across Europe for several years. This species presents both ecological and economic problems, particularly due to its predation on pollinators, which seriously threatens the apiculture industry.

Currently, the most used method for controlling this species is nest removal. However, using only this practice is not enough for its control. In general, this species tends to build nests in the canopy of tall trees (over 10 meters). Nest activity decreases as temperatures drop, to the point that in winter, the wasps die and the nests become empty. It is during this time when deciduous trees lose their leaves, making nests more visible, even though they are already vacant.

For this reason, the solution to prevent this species from proliferating further relies on early detection of these nests. With this approach, nests can be detected while they are still active, especially before future queens leave the nest to form new colonies.

This study identifies several nest detection methods to be able to compare them and thus determine which is most suitable for improving control of this species. To compare the different methods, a matrix is created that considers environmental, economic, and social factors. Among the methods, it has been concluded that the one that best meets the proposed requirements is a marking and tracking method presented by Sandra V. Rojas-Nossa. This method compared to others, it is more economical, provides acceptable results, and is environmentally respectful and ethically responsible. However, for those seeking better results in less time and with a higher budget, the most suitable method is radiotelemetry, as it is more effective but also entails high costs.

Keywords: *Vespa velutina*, invasive species, detection methods, radiotelemetry, tagging and tracking

2 REFLEXIONS

2.1 Reflexió sobre ètica

El control d'espècies invasores planteja un dilema sobre com preservar l'equilibri dels ecosistemes sense causar danys col·laterals innecessaris a les espècies. Les decisions que es prenen en aquest àmbit no només afecten la biodiversitat i els ecosistemes locals, sinó també plantegen interrogants sobre la nostra responsabilitat envers la vida i el respecte pel medi ambient.

L'objectiu de les estratègies de control és eliminar o limitar la població d'una espècie perquè aquesta esdevé un problema. Per a realitzar aquest control, les espècies i els seus nius són eliminats amb tècniques més o menys invasives. Personalment, crec que és important tenir en compte que les espècies invasores ho són perquè simplement sobreviuen i són més fortes que altres, complint l'anomenada llei del més fort.

2.2 Reflexió sobre sostenibilitat

En el control d'espècies invasores durant molt temps s'han utilitzat mètodes que són perjudicials per més espècies de l'espècie objectiu i en conseqüència pel medi ambient. La gestió sostenible d'espècies invasores implica trobar un equilibri entre eficàcia i preservació ambiental. Prioritzar mètodes que minimitzin impactes secundaris és essencial per assegurar la resiliència dels ecosistemes a llarg termini. Aquest enfocament contribueix a una coexistència sostenible amb la biodiversitat autòctona, salvaguardant la integritat dels ecosistemes i fomentant pràctiques que respectin el medi ambient i les futures generacions.

2.3 Reflexió sobre perspectiva de gènere

L'arribada d'espècies invasores és un problema que es dona arreu del món. Aquestes espècies poden ser molt perjudicials per a l'agricultura, posant en risc la seguretat alimentària d'algunes regions. En alguns països del món és la base de l'economia de moltes famílies. Segons la FAO, el 31,9% de les dones del món pateixen inseguretat alimentària, enfront del 27,6% (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, s.d.). Per aquesta raó, l'augment d'espècies invasores representa un repte per a totes les dones que viuen en comunitats rurals dedicades a aquest sector. Les dones pageses amb menys recursos tenen més dificultats respecte a aquesta problemàtica, posat que a vegades no tenen accés a recursos com per exemple, crèdits, tecnologia agrícola, terres, etc. en comparació a homes de la mateixa professió.

3 INTRODUCCIÓ

3.1 Les espècies exòtiques invasores: la vespa asiàtica *Vespa velutina*

Avui dia, les espècies invasores representen una forta amenaça en la conservació de la biodiversitat al món sencer. Aquestes competeixen amb les espècies autòctones per recursos i modifiquen la composició de la vegetació, fet que disminueix la biodiversitat. Una espècie es declara invasora en una regió quan aquesta recobreix o desplaça a les comunitats locals i simplifica i empobreix els ecosistemes locals (Rosell, 2010). Exemples d'espècies invasores molt conegudes en el nostre país són el cargol poma (*Pomacea spp.*) (Lopez et al., 2009), el mosquit tigre (*Aedes albopictus*) (Olmeda, 2017) i la vespa asiàtica (*Vespa velutina*) (Rojas-Nossa et al., 2021) entre moltes d'altres.

Totes les espècies del gènere *Vespa spp.*, menys les que no es troben a Espanya de forma natural, han estat catalogades com a espècies invasores a l'estat espanyol pel Real Decret 630/2013, del 2 d'agost, pel qual es regula el Catàleg espanyol d'espècies exòtiques invasores (Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras, 2013). Les dues espècies de *Vespa* que es distribueixen de forma natural per Europa, i que per tant no són considerades invasores, són la *Vespa crabo* i la *Vespa orientalis* (Cini et al., 2018). La *Vespa velutina* ja va ser considerada espècie invasora a Corea del Sud l'any 2003 (Kim et al., 2006).

Es creu que *Vespa velutina* arriba a Europa a través d'un carregament de torretes de bonsai que arriben al sud-oest de França abans de l'any 2004. Fou Jean-Pierre Bouguet, un entomòleg aficionat, qui observa per primer cop una *Vespa velutina nigrithorax* al seu jardí, sent aquest el primer avistament de l'espècie a Europa (Villemant et al., 2006). Actualment, aquesta espècie s'ha estès per diversos països d'Europa (Lioy et al., 2022).

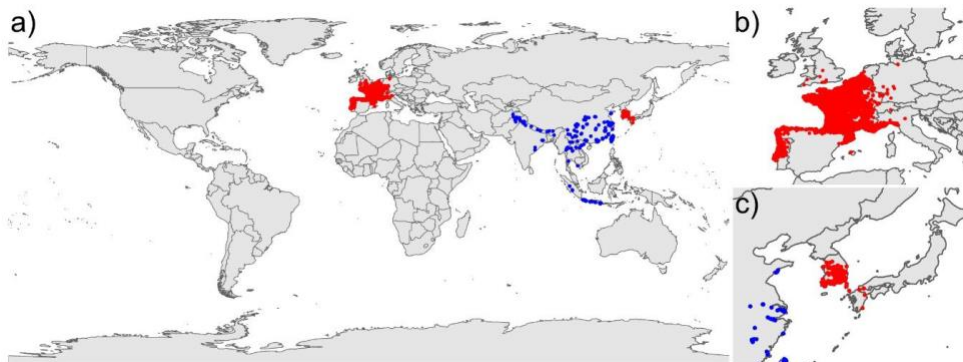


Figura 1. Mapa de distribució de *Vespa velutina* al món. En blau les seves zones natives i en vermell zones on és una espècie introduïda. Font: "The invasive hornet *Vespa velutina*: distribution, impacts, and management options" de Lioy et al. publicat a ResearchGate.

A Catalunya la *V. velutina* és considerada una espècie exòtica invasora. S'anomenen exòtiques o al·lòctones aquelles espècies que es troben introduïdes fora de la seva àrea de distribució natural (Capdevila et al., 2006). Una espècie al·lòctona no sempre és invasora, si el fet de que s'estableixi no és un risc per la biodiversitat biològica no és considerada una amenaça. Tanmateix, quan una espècie al·lòctona competeix amb les espècies autòctones i esdevé un risc per aquell ecosistema, esdevé una espècie exòtica invasora. És el cas de *V. velutina*, espècie introduïda accidentalment per l'esser humà que està provocant danys a nivell ecosistèmic, econòmic i social (Lioy et al., 2022).

La introducció d'organismes estrangers no solament provoca alteracions en l'estructura i les funcions dels ecosistemes receptors, sinó que també pot generar problemes socioeconòmics (Briski et al., 2024). A causa de la globalització i l'augment del comerç internacional, sumat a la disminució de la resistència dels ecosistemes, causats per fenòmens climàtics anòmals, s'estan ampliant les oportunitats d'introducció de nous éssers vius (Park & Jung 2016), és a dir, hi ha una major proliferació d'espècies invasores.

La presència d'aquesta espècie genera un impacte negatiu a nivell ecològic, social i econòmic. *V. velutina* alimenta les seves cries d'altres insectes voladors com son abelles, vespes i papallones. Tenint en compte el paper pol·linitzador de les espècies presa de *V. velutina*, l'impacte ambiental que aquesta genera és molt important en el funcionament de qualsevol ecosistema (Lioy et al., 2021). També, una problemàtica associada a l'arribada de *Vespa velutina* és el fet que esdevé un mal de cap per la indústria de l'apicultura. Es quantifica que les abelles de la mel (*Apis mellifera*) esdevenen dues tercers parts de la dieta de la *Vespa velutina* (Villemant et al., 2006). Actualment, no hi ha suficient informació sobre l'impacte de *V. velutina* sobre les poblacions de pol·linitzadors salvatges, per tant, les pèrdues són menys recuperables que en les abelles de la mel, posat que no hi ha una gestió sobre les espècies salvatges, sent aquestes igual de vulnerables. La *Vespa velutina* no només afecta al sector de l'apicultura, afecta a qualsevol tipus de conreu que depengui dels pol·linitzadors. També cal tenir en compte la salut de les persones. Les picades de la *V. velutina* poden provocar ferides greus en humans (Paúles et al., 2024).

Tenint clara aquesta problemàtica és important iniciar un control sobre la població de *V. velutina*. Perquè aquest control sigui eficient cal que es comenci per la detecció dels nius i sobretot per detectar-los quan encara estan actius. És la detecció precoç dels nius és on hi ha l'oportunitat de frenar o reduir la invasió que està duent a terme *V. velutina* sobre molts països europeus.

Els costos de control i gestió augmenten exponencialment a mesura que una espècie invasora es propaga, així que hi ha beneficis evidents en la intervenció precoç, la qual comportarà estalvis a llarg termini (Kim et al., 2006).

3.2 Característiques de la *Vespa velutina*

Forma part del gènere *Vespa*, dins l'ordre dels himenòpters (*Hymenoptera*). Aquest es troba dins la família *Vespidae*, família cosmopolita que es reparteix principalment en zones tropicals (Ayala & Meléndez, 2017). En els ecosistemes terrestres, les espècies de la família *Vespidae* tenen un paper important a nivell ecològic, gràcies a que són reguladores de poblacions d'altres insectes, a més, poden ajudar a regular plagues en cultius i algunes espècies tenen el paper de pol·linitzadores en plantes naturals o de cultiu. La *Vespa velutina* va ser descrita per primera vegada per l'entomòleg francès A. Lepeletier l'any 1836. La majoria d'espècies d'aquest gènere es distribueixen per Àsia (Carpenter & Kojima, 1997). *Vespa velutina* és una espècie ben definida, no obstant això, d'aquesta espècie s'han identificat fins a 12 variacions de color a Àsia (Figura 2).

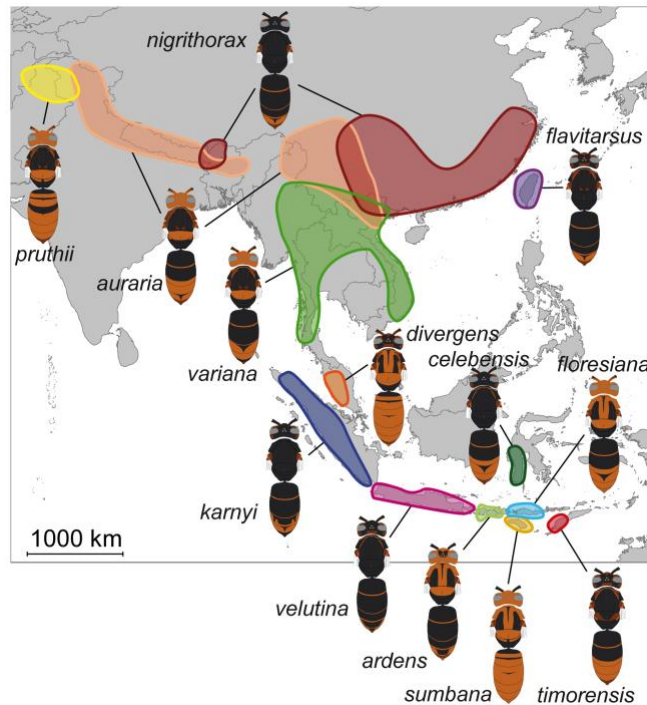


Figura 2. Distribució coneguda de les diferents formes de color de *Vespa velutina* al sud-est asiàtic. Obtinguda de Wikipedia.

En quant a la morfologia, el cap de *Vespa velutina nigritorax* és negre amb la cara de color groc ataronjat. El tòrax es de color marró fosc. Presenta uns segments abdominals que es distingeixen per una delicada franja groga en la part dorsal, quedant menys definida a la part ventral. De manera característica, les potes són marrons amb un extrem groc, per això l'insecte es coneix com a vespa asiàtica de potes grogues (Vidal, 2022).

Presenten cert dimorfisme sexual, les antenes dels exemplars femenins són més primes que les dels mascles. A més, les femelles presenten fibló (Figura 3).



Figura 3. Imatge dorsal de *V. velutina nigrithorax* femella (esquerra) i mascle (dreta). Font: The Asian wasp *Vespa velutina nigrithorax*: Entomological and allergological characteristics, Vidal 2022.

3.3 El cicle de vida de *Vespa velutina*

Els nius d'aquesta espècie es creen a partir d'una reina fecundada, aquesta es pot anomenar també la fundadora. La colònia comença a formar-se quan a principis d'estiu, gràcies a l'augment d'hores de llum i de les temperatures, la fundadora desperta de la hibernació i funda un nou niu a partir d'uns ous inicials (Rojas-Nossa et al., 2021), d'aquests neixen les primeres obreres i es forma el niu primari. A mesura que augmenten els individus de la colònia, abandonen el niu primari per crear un nou niu anomenat niu secundari, aquest està emplaçat en arbres alts on la colònia està més segura. Aquest té majors dimensions i acollirà a tota la colònia. A finals de tardor, els mascles fecunden les noves reines que es dispersen per trobar un lloc humit i fosc on hivernar. Les obreres i els mascles que resten a la colònia acaben morint (Figura 4).

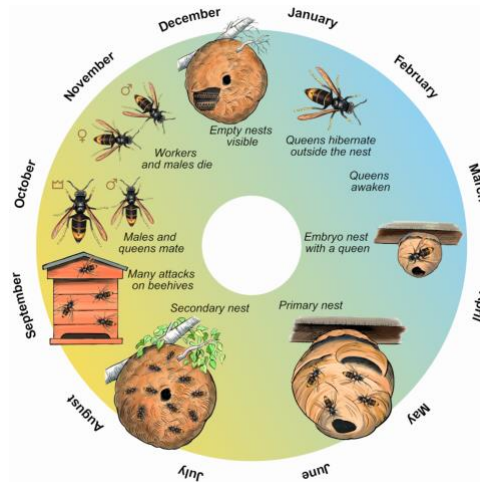


Figura 4. Il·lustració del cicle de vida de *V. velutina* durant l'any. Font: Recuperat de Vespa-Watch

La *Vespa velutina* construeix el seu niu a partir de fibres vegetals i saliva de la mateixa vespa. Els acostumen a emplaçar en arbres elevats, de més de 10 metres, per aquest motiu són difícils d'observar a ull nu. Pel que fa al niu primari, aquest és construït per la reina fundadora, és petit i està compost per un nombre limitat de cel·les, en aquest s'estableix una colònia temporal. A mesura que neixen les obreres, comencen a modificar el niu fins que aquest és petit per la colònia i en construeixen un altre. Respecte al niu secundari, aquest és més gran i més elaborat. En aquest niu és on es desenvoluparà la colònia i on naixeran les noves reines fundadores. L'estiu i tardor és quan hi ha major activitat en aquest niu (Figura 5).



Figura 5. (a) Visió transversal d'un niu secundari de *V. velutina*. Font: Empresa Arumina
(b) Niu secundari de *V. velutina* sent desinstal·lat per un tècnic. Font: avispaasiatica.org

Un mapa geo-referenciat de *V. velutina* a França va revelar que de 6.073 nius, el 48,5% es van observar en entorns urbans i el 42,25% en entorns agrícoles. Menys del 10% es

va produir en espais naturals (8,1%) i zones humides (1,1%). La majoria (70,0%) es trobava a alçades de més de 10 metres per sobre el terra, el 26,3% es trobava entre 2 i 10 m sobre el terra, i només el 3,7% es trobava a < 2 m sobre el terra. A més, el 87,0% dels 3.296 nius es van construir en vegetació (arbres, arbustos, arbustos, etc.), el 12,8% en construcció (edificis o cases), i només el 0,2% sota terra (Feás & Charles, 2019). Això demostra que *V. velutina*, pot nidificar en una gran varietat d'ambients amb una adaptabilitat considerable.

3.4 Alimentació

Segons una recerca recent, la *Vespa velutina* es pot considerar un depredador generalista, es va obtenir que tant podia depredar abelles de la mel (38,1%), mosques (29,9%) i altres espècies de vespes socials (19,7%), així com un ampli espectre d'organismes animals. El perfil de les preses de *V. velutina* està influenciat sobre les espècies que es troben al voltant del niu, les colònies urbanes solen alimentar-se en major nombre d'abelles de la mel, en canvi en colònies en ambients forestals tendeixen més a les vespes socials (Rome et al., 2021). A diferència d'altres himenòpters, la vespa asiàtica no emmagatzema al niu l'aliment sinó que diàriament duu a terme una cerca de recursos (Rojas-Nossa et al., 2021).

L'alimentació de *Vespa* es pot classificar en líquids i sòlids. Dels líquids obtenen els carbohidrats, els quals extreuen de saba dels arbres, nèctar, melassa, fruita madura, etc. Pel que fa als sòlids, obtenen les proteïnes caçant insectes i aranyes.

3.5 Problemàtica associada a *Vespa velutina*

L'arribada i l'assentament de l'espècie *Vespa velutina* a Europa té conseqüències ecològiques, econòmiques i de salut humana (Monceau et al., 2012). En primer lloc, pot afectar greument els ecosistemes europeus per la pressió que exerceix sobre les espècies d'insectes pol·linitzadors. En l'estudi de Rojas-Nossa i Calviño-Cancela (2020), es va comprovar que el nombre de pol·linitzadors en una parcel·la disminuïa per la presència de *V. velutina*. En segon lloc, relacionat també amb les seves preses, *V. velutina* està causant un impacte econòmic important en el sector de l'apicultura. S'ha observat que per culpa de la *V. velutina*, les abelles no surten del niu per por a ser depredades. La incidència d'atacs sobre els ruscs poden afeblir les colònies d'abelles, ja que s'interromp l'alimentació per pol·len i provoca la mortalitat de les larves, una aturada de la posta i un envelliment de la colònia. L'única manera que tenen les abelles de defensar-se és atacar en grup a la vespa, però tampoc acaben matant la *V. velutina* (Freire, 2016). Finalment, *Vespa velutina* també és un perill per la salut de les persones. La picada de *V. velutina* pot ser més greu que la picada d'una abella, sobretot en persones

al·lèrgiques a abelles i vespes la reacció pot ser molt greu. *V. velutina* pot ser molt agressiva si es sent amenaçada. L'any 2023 un home va morir per l'atac de diverses velutines a la població d'Ourense (González, 2023).

Per agreujar aquestes conseqüències, una altra característica de *V. velutina* és la ràpida extensió de les poblacions gràcies al seu cicle vital. En un niu ben desenvolupat de *V. velutina* s'hi posen fins a 10.000 i 12.000 individus de la mateixa colònia, a més de cada colònia poden arribar a alliberar-se entre 300 i 500 reines de *V. velutina* amb una dispersió eficient (Park & Jung 2016).

Pel que fa a la situació actual a Catalunya, la Generalitat de Catalunya té un protocol d'actuacions i de seguiment de la vespa asiàtica, publicat el juliol de 2023 (Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda rural, 2023). En aquest document es dona informació sobre l'espècie la problemàtica que representa com també quins són els mètodes d'eliminació de nius permesos en el nostre territori. A més, a Catalunya les quatre diputacions han promogut de forma coordinada l'aplicació SITMUN – Vespa asiàtica. A través d'aquesta app els ciutadans de carrer poden notificar a les autoritats de la presència de nius de *V. velutina*. Amb aquestes dades també s'obté un mapa georeferenciat dels nius que s'han trobat arreu del nostre territori.

Pel que fa als professionals de l'apicultura, la Universitat de Girona juntament amb el Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya i amb el suport del Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda Rural i de la Unió Europea han desenvolupat un projecte anomenat "Alerta velutina" (Universitat de Girona, 2023). Aquest es basa en una aplicació de mòbil on els professionals de l'apicultura o persones que disposin d'apiaris poden notificar la presència de velutina en els seus ruscos. Amb aquest projecte es pretén realitzar un seguiment espacial i temporal de l'abundància de l'espècie invasora en ruscs d'abelles de la mel.

4 OBJECTIVES

The main objective of this study is to compare various methods for detecting nests of the Asian hornet (*Vespa velutina*). Based on this objective, two specific aims can be outlined:

- a) Conduct a literature review to gain a comprehensive understanding of the species and the detection methods proposed for its nests to date.
- b) Define a methodology to compare the different studied methods, aiming to suggest the optimal approach for detecting nests of this species and thereby assisting in the population control of *V. velutina*.

5 METODOLOGIA

La feina realitzada en aquest treball es divideix en dues parts. En primer lloc, s'ha dut a terme una tasca de cerca d'informació, majoritàriament per internet. S'han utilitzat portals i webs com *google scholar*, la biblioteca de la UdG i *web of science*. De tota la informació s'ha fet un triatge pel que fa a mètodes de detecció de nius i sobre informació relativa a l'espècie *V. velutina*. En segon lloc, es van definir uns criteris ambientals, econòmics i socials per a poder comparar els mètodes entre si en una matriu d'interaccions. Gràcies a la matriu, cada mètode obté una puntuació.

A partir de la recerca bibliogràfica s'han seleccionat sis propostes de diferents mètodes per la detecció de nius de *Vespa velutina*. Els mètodes exposats s'han dividit segons si utilitzen eines pràctiques o tecnològiques. La diferència entre aquest prové dels recursos que s'empren per dur a terme la detecció. Per una banda, les eines pràctiques són més senzilles, més accessibles i econòmiques, tanmateix, poden necessitar més temps i més esforços humans. En canvi, les eines tecnològiques al ser de tecnologia superior poden proporcionar millors resultats i més ràpids, però amb un cost molt superior.

5.1 Eines observacionals en la detecció de nius

Anomenem eines observacionals a aquells mètodes que utilitzen eines més aviat tradicionals, que no depenen d'una tecnologia molt avançada. Dins aquest tipus de mètodes s'inclouen aquells que es basen en l'observació i que poden utilitzar esquers simples. Aquests són més senzills i amb costos econòmics més baixos.

5.1.1 Marcatge i seguiment de *Vespa velutina* per detectar el niu (A)

Method for Nest Detection of the Yellow-Legged Hornet in High Density Areas (Rojas-Nossa et al., 2022)

Autores: Sandra V. Rojas-Nossa, Patricia Álvarez, Josefina Garrido i Maria Calviño Cancela.

Aquest mètode aprofita un comportament que presenta la *Vespa velutina*, la recollida i ingesta de carronya. Quan una *velutina* obrera localitza aliment en forma de carronya realitza diversos vols al niu per portar aliment a les larves que habiten el niu. En general, la ruta que segueix i el temps que triga a anar i tornar del niu és sempre el mateix.

Llavors s'aprofita aquest comportament per utilitzar la carronya d'esquer. El mètode es divideix en dues fases. En la primera fase, gràcies a l'esquer (pollastre cru o peix sense pell) s'atrau a vespes obreres, les quals es marquen amb pintura de diferents colors. Un

cop marcats diferents individus es registra la direcció que prenen i el temps que trigen a tornar a l'esquer. Amb una fórmula matemàtica es calcula aproximadament la distància mínima i màxima del niu. A la direcció de fuga se li afegeixen dues línies externes de 10 o 15 graus segons el temps que trigen a tornar a l'esquer. Aquest procés es repeteix, col·locant un esquer proper a la probable zona del niu. Amb aquest segon esquer es pot delimitar millor l'àrea del niu. Si en aquest moment no s'ha detectat el niu, es procedeix a la segona fase. En aquesta, l'esquer que es col·loca proper al niu està compost per begudes alcohòliques i sucre, aigua calenta i mel. Aquest esquer provocarà un flux important de vespes del niu a l'esquer, fet que facilitarà la detecció del niu (Figura 6). Aquest mètode pot realitzar-se per una persona, tot i que les autores recomanen equips de dues persones. Es tracta d'un mètode de baix cost i d'execució senzilla, no obstant això, es necessita més temps per a detectar un niu que en altres mètodes (Taula 1).

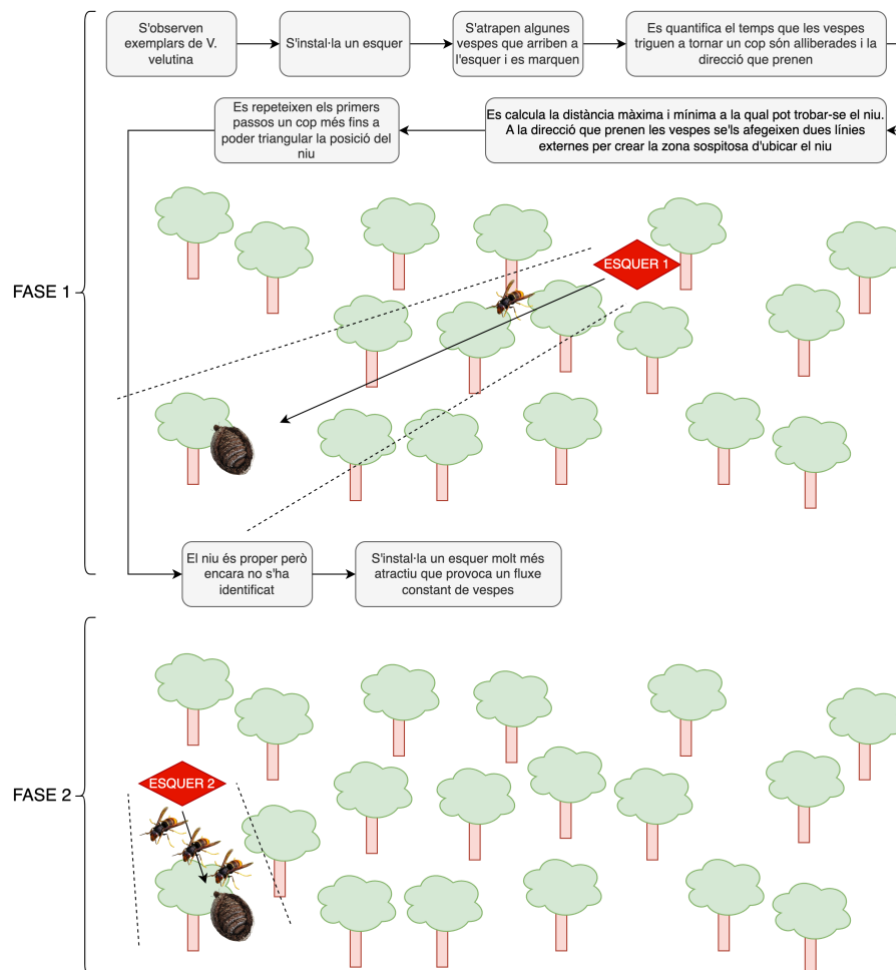


Figura 6. Esquema representatiu del funcionament del mètode marcatge i seguiment. Font pròpia, fet en base l'article Method for Nest Detection of the Yellow-Legged Hornet in High Density Areas (Rojas-Nossa et al., 2022).

Taula 1. Avantatges i inconvenients del mètode marcatge i seguiment.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Els costos de producció són baixos, ja que els materials que s'utilitzen són econòmics i estan a l'abast de qualsevol consumidor. • Mètode d'aplicació senzilla • No són necessàries persones amb una alta formació • Molt recomanable en àrees amb alta densitat de nius 	<ul style="list-style-type: none"> • Es triga entre hores i dies a identificar un niu • El personal han de tenir formació o coneixements en manipulació de vespes

5.1.2 Mètode Jersey (B)

En el seu llibre, *Asian Hornet the Handbook*, Sarah Bunker va utilitzar diversos mètodes per localitzar els nius de *V. velutina*. Un dels quals va ser observacional i el va anomenar el mètode Jersey, aquest implica la instal·lació d'estacions d'esquer en una formació triangular al voltant de la zona sospitosa, observant la direcció de vol de les vespes després d'alimentar-se. Les estacions han de ser col·locades en llocs oberts i elevats per facilitar la visió del trajecte de les vespes. Es poden utilitzar atractius comercials o casolans per atreure les vespes, que es capturen amb una eina especial per ser marcades i seguir el seu trajecte fins al niu. És un mètode similar al de marcatge i seguiment (Taula 2).

Taula 2. Avantatges i inconvenients del mètode Jersey.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Els costos de producció són baixos, ja que els materials que s'utilitzen són econòmics i estan a l'abast de qualsevol consumidor • Mètode d'aplicació senzilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Es triga entre hores i dies a identificar un niu • El personal han de tenir formació o coneixements en manipulació de vespes

5.2 Eines tecnològiques en la detecció de nius

En aquest cas, pel que fa a eines tecnològiques, aquest inclouen mètodes on la tecnologia utilitzada és molt més avançada. Aquests solen ser més costosos, però a la vegada són més eficients i precisos. Un exemple d'aquests tipus d'eines són els mètodes que fan ús de drons o càmeres complexes, com serien les d'infraroig.

5.2.1 Detecció de nius a través de radiotelemetria (C)

Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry (Kennedy et al., 2018)

Autors: Peter J. Kennedy, Scott M. Ford, Juliette Poidatz, Denis Thiéry i Juliet L. Osborne.

La radiotelemetria és una eina de rastreig que s'utilitza en vertebrats des de fa més de 50 anys. A partir d'aquest mètode, podem conèixer millor com és el comportament i l'ecologia d'aquella espècie. En insectes voladors és un mètode poc emprat posat que les bateries podien pesar molt i l'antena de gran tamany (en comparació al seu cos) podia ser un impediment de l'insecte per fer vida normal. No obstant això, no és el primer estudi en insectes voladors que fa servir ràdio-telemetria per seguir els individus, per exemple, també va ser utilitzada per estudiar la dispersió de *Osmoderma eremita* (Hedin & Ranius, 2002).

La metodologia per detectar nius a partir de ràdio-telemetria funciona de la següent manera: es captura una obrera de *Vespa velutina* i se li lliga a la part ventral una de les ràdio-etiquetes amb un fil de cotó (Figura 7). En una capsa es comprova si l'individu és capaç de volar amb l'etiqueta, si ho aconsegueix, després es deixa que provi de volar en un espai més obert, quan es comprova que la vespa té bona capacitat voladora s'allibera al mateix lloc on va ser capturada.



Figura 7. Il·lustració del cicle de vida de *V. velutina* durant l'any. Font: Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry (Kennedy et al., 2018).

En aquest punt comença el seguiment, la intenció és seguir a través de la ràdio-telemetria la vespa fins al seu niu. És per aquest motiu que a la tècnica se l'ha anomenat la tècnica Judes. En aquesta tècnica és important que les etiquetes pesin menys del 80% del pes de l'individu, ja que es va comprovar que el 81% de les vespes obreres podien volar bé

amb etiquetes. Un fet que demostra la bona capacitat de vol en les vespes seleccionades és que algunes no tornaven al niu directament, sinó que buscaven menjar abans. En aquest estudi, la taxa de detecció de nius del 63%. En termes d'esforç respecte a aquesta tècnica, el temps de mitjana entre l'alliberació de l'individu i la detecció del niu fou de 92 ± 37 minuts (mitjana \pm desviació estàndard) per a dues persones, tanmateix, els autors declaren que podria fer-ho una persona sola.

L'estudi demostra que la ràdio-telemetria és efectiva per trobar nius de *V. velutina* en entorns complexos i heterogenis. L'ús de ràdio-telemetria pot ser limitat en àrees amb poblacions recents de *V. velutina*, ja que encara no posseeixen individus grans, però només una vespa adequada és necessària per trobar un niu (Taula 3).

Taula 3. Avantatges i inconvenients del mètode basat en ràdio telemetria.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Es considera un mètode molt eficaç • A partir d'una sola vespa es pot identificar el seu niu, per tant, manipulació de menys individus • És un mètode útil en ambients heterogenis i complexos • Pot proporcionar dades ecològiques i biològiques de l'espècie 	<ul style="list-style-type: none"> • El personal han de tenir formació o coneixements de manipulació de les vespes • El cost inicial i de producció és elevat

5.2.2 Detecció i notificació de nius de *V. velutina* en temps real mitjançant intel·ligència artificial en drons (D)

Development of a Real-Time *Vespa velutina* Nest Detection and Notification System Using Artificial Intelligence in Drones (Jeong et al., 2023)

Autors: Yuseok Jeong, Moon-Seok Jeon, Jaesu Lee, Seung-Hwa Yu, Su-bae Kim, Dongwon Kim, Kyoung-Chul Kim, Siyoung Lee, Chang-Woo Lee i Inchan Choi.

La intel·ligència artificial (IA) és una tecnologia que permet desenvolupar sistemes i programes informàtics capaços de dur a terme tasques que requereixen intel·ligència humana. La intel·ligència artificial pot substituir la feina humana en tasques que van des de les més senzilles fins a les més avançades, per aquest motiu, també s'ha aprofitat per desenvolupar un mètode per a la identificació de nius de *V. velutina*.

L'estudi que ens presenta Jeong, Y i Jeon, M-S, et al. proposa combinar aquest tipus de tecnologia amb imatges aèries obtingudes amb un dron. Els drons poden proporcionar imatges aèries i d'aquesta manera recopilar informació visual en funció del mètode de vol i l'altitud. Després del vol del dron, les imatges han de ser verificades en una anàlisi addicional. L'objectiu de l'estudi és desenvolupar un sistema de notificació mitjançant

algoritmes d'intel·ligència artificial en drons per a la detecció a temps real de nius de *V. velutina*, permetent així respostes ràpides, col·laboració i accions precises (Figura 8).

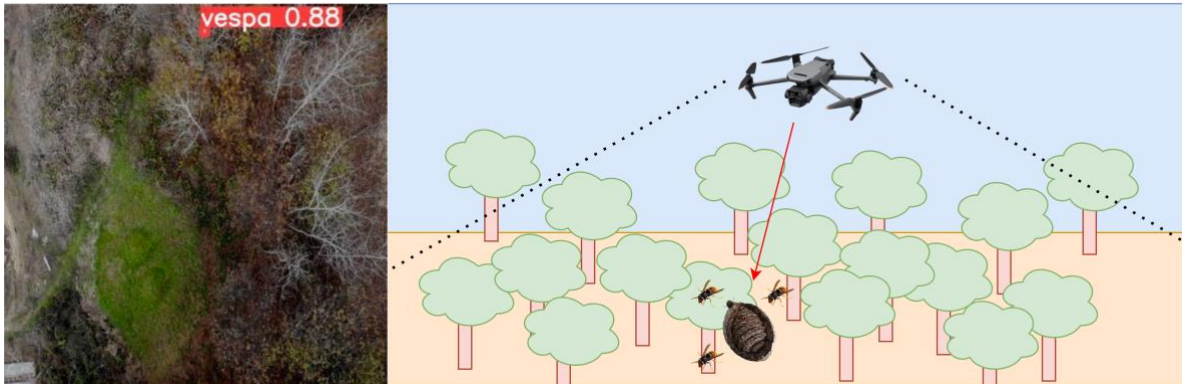


Figura 8. A l'esquerra, imatge real presa per un dron on en vermell s'identifica un niu de *Vespa velutina* i a la dreta un esquema de l'escombratge que realitza el dron. Font: Imatge de l'article Development of a Real-Time *Vespa velutina* Nest Detection and Notification System Using Artificial Intelligence in Drones (Jeong et al., 2023) i esquema propi.

L'estudi es realitza durant la tardor, quan els nius són més grans i cauen les fulles dels arbres, d'aquesta manera és més fàcil la identificació. En aquest moment encara es troben reines fundadores al niu. Es van detectar diversos nius de *V. velutina*, no obstant els resultats no van ser els esperats. Tanmateix, s'espera que el rendiment de cerca millori si s'adhereixen més dades en regions més diverses (Taula 4).

Taula 4. Avantatges i inconvenients del mètode basat en intel·ligència artificial i drons.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Aquest mètode pot identificar diversos nius en un mateix vol • Molt recomanable en àrees amb alta densitat de niu • És un mètode amb un futur prometedori si es continua investigant, amb més dades el programa pot funcionar millor 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversió inicial i costos de producció elevats. En cas de voler pentinar diverses zones farien falta diversos drons. • Les persones que treballin han de tenir formació en pilotatge de drons i en programari d'IA • En aquest estudi hi va haver deficiències pel que fa als algoritmes d'IA

5.2.3 Seguiment de la *Vespa velutina* en ambients complexos a través d'un radar harmònic (E)

Tracking the invasive hornet *Vespa velutina* in complex environments by means of a harmonic radar (Lioy, Laurino, et al., 2021)

Autors: Simone Lioy, Daniela Laurino, Riccardo Maggiora, Daniele Milanesio, Maurice Saccani, Peter J. Mazzoglio, Aulo Manino i Marco Porporato

Aquest article mostra un nou model de radar harmònic escanejador, que ha demostrat ser efectiu per seguir velutines tant en paisatges oberts com en ambients complexos amb obstacles, com boscos i àrees urbanes. La longitud mitjana de seguiment va ser de 96 ± 62 m, amb valors màxims d'aproximadament 300 m. La tecnologia va tenir una efectivitat del 75% en noves zones d'invasió i del 60% en àrees altament colonitzades. Aquesta tècnica també va proporcionar noves dades sobre l'ecologia i biologia de les vespes. La principal limitació del radar harmònic és el gradient de pendent del terreny, que va afectar negativament la longitud dels seguiments. No obstant això, la tecnologia va demostrar ser efectiva en una varietat de cobertures terrestres, incloent terrenys oberts, zones urbanes i boscos.

La metodologia de la tècnica és la següent: En primer lloc, es capturen exemplars de velutines obreres i s'etiqueten amb un reflector passiu. Aquest és lleuger i no interfereix amb la capacitat voladora de les vespes. Aquest reflector és capaç de reflectir el senyal del radar en una freqüència diferent, creant així una "resposta harmònica". Quan les vespes ja estan etiquetades el radar harmònic emet un senyal de ràdio en una freqüència específica (freqüència fonamental). Aquesta arriba al reflector de la vespa i el reflector genera un nou senyal en una freqüència harmònica (el doble de la freqüència original). La freqüència harmònica és detectada pel radar i aquest és capaç de detectar la posició, en temps real, de la vespa a partir de la direcció i la intensitat del senyal reflectit. Mitjançant el seguiment continu del senyal reflectit, els investigadors poden traçar el recorregut de la vespa mentre vola, permetent identificar la seva ruta d'alimentació i, eventualment, localitzar el seu niu.

Taula 5. Avantatges i inconvenients del mètode seguiment de *V. Velutina* en ambients complexos a través d'un radar harmònic.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Recomanable per la seva precisió en àrees amb alta densitat de nius • Té una bona longitud de seguiment • Mètode amb molt bons resultats d'eficàcia • Pot proporcionar dades ecològiques i biològiques de l'espècie 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversió inicial i costos de producció elevats • El personal han de tenir formació o coneixements en manipulació de vespes • Cal personal qualificat per utilitzar el radar harmònic • Pot presentar limitacions depenent del terreny

	<ul style="list-style-type: none">• La precisió del seguiment depèn de la qualitat i calibració del radar, així com de la correcta col·locació dels transponedors en les vespes.
--	--

5.2.4 Viabilitat d'imatges tèrmiques en la detecció de nius de vespa asiàtica (F)

Viability of thermal imaging in detecting nests of the invasive hornet *Vespa velutina* (Lioy, Bianchi, et al., 2021)

Autors: Simone Lioy, Ettore Bianchi, Alessandro Biglia, Mattia Bessone, Daniela Laurino i Marco Porporato

En aquest mètode se'ns presenta l'ús de càmeres tèrmiques com una eina per millorar les deteccions de niu de vespa asiàtica. La termografia ens permet observar les ones infraroges que emeten alguns objectes o animals respecte de l'entorn. En el moment que un element irradia calor és identificable per la càmera infraroja. Aquesta és una eina no invasiva que permet un escaneig ràpid. En el cas de les vespes, aquestes tendeixen a mantenir el seu niu entre 28 i 30 °C (Stabentheiner, 1987), per tant, quan la temperatura disminueix al vespre i a la matinada podrien observar-se amb aquest tipus de càmera (Figura 9).

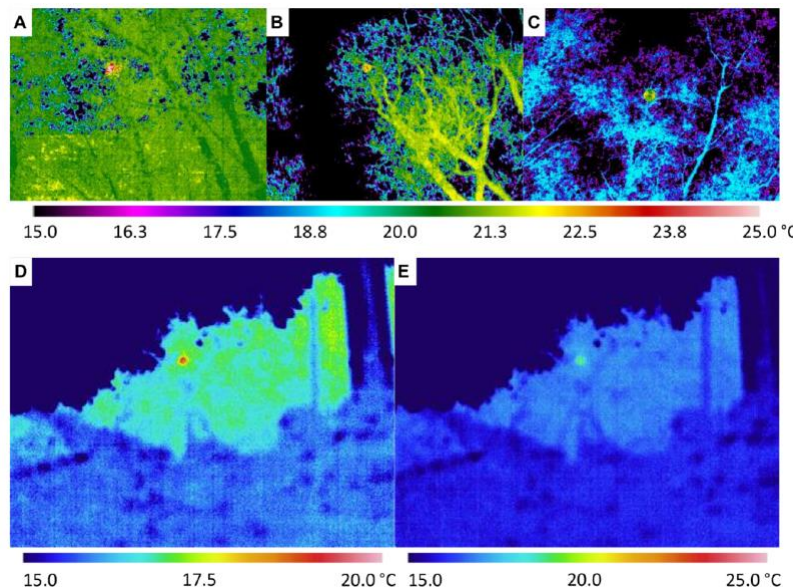


Figura 9. Fotografies preses amb una càmera tèrmica on de color vermell poden identificar-se nius *V. velutina*. Font: Imatge de l'article Viability of thermal imaging in detecting nests of the invasive hornet *Vespa velutina* (Lioy, Bianchi, et al., 2021).

En aquest cas, les imatges tèrmiques es van prendre des del terra durant cinc dies. El resultat que s'obté és la identificació de tres nius de *velutina*. L'eficàcia d'aquest mètode varia molt de les condicions ambientals, posat que si les capçades són molt juntes, pot disminuir la seva efectivitat. Per aquesta raó, aquest mètode també es proposa com un mètode addicional a altres com tècniques com ara la triangulació (Leza et al., 2018), la radiotelemetria (Kennedy et al., 2018) o el seguiment per radar harmònic (Lioy, Laurino, et al., 2021) (Taula 6).

Taula 6. Avantatges i inconvenients del mètode basat en la presa d'imatges tèrmiques per la detecció de nius de *Vespa velutina*.

AVANTATGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none"> • Aquest mètode pot identificar diversos nius en un mateix vol • Molt recomanable en àrees amb alta densitat de niu • El model combinat dona bons resultats • És un mètode amb un futur prometedor si es continua investigant, amb més dades el programa pot funcionar millor 	<ul style="list-style-type: none"> • Inversió inicial i costos de producció elevats. En cas de voler pentinar diverses zones farien falta diversos drons. • Les persones que treballin han de tenir formació en pilotatge de drons i en programari relacionat amb aquest tipus d'imatges • El mateix programa pot equivocar-se i identificar nius on realment no hi són

6. CRITERIS PER INDICAR EL MILLOR MÈTODE

Per definir el millor mètode per la detecció de *Vespa velutina* és convenient primer definir quins factors es tenen en compte en escollir un mètode. A partir d'aquests es definirà quin és el millor dels mètodes exposats a l'apartat 4. Els factors que es tindran en compte són ambientals, econòmics i socials. En primer lloc, és necessari tenir en compte els criteris ambientals, encara que el mètode pretén controlar la població d'una espècie, aquest no ha d'afectar a altres espècies i menys els ecosistemes on s'implementi. En segon lloc, els criteris econòmics són importants perquè el mètode escollit ha de ser rendible econòmicament i assequible per poder-ne estendre l'ús i així controlar les poblacions de *velutina* arreu. Finalment, també és important tenir en compte la part social, s'ha de tenir en compte l'acceptació social que pugui rebre el mètode així com la percepció que es rep de la societat en termes de seguretat i en l'impacte que aquest pugui tenir.

A partir de tots els criteris (ambientals, econòmics i socials) i els mètodes anteriorment exposats, es realitza una matriu d'interaccions que es mostra en les conclusions. Tots els criteris s'ordenen numèricament amb una lletra davant sent *A* els ambientals, *E* els econòmics, *F* els d'eficàcia i *S* els socials. Per cadascun dels criteris, el mètode es pot classificar en una de cinc categories, aquestes són en forma gradual, en una escala del 0 al 4, sent 0 la pitjor puntuació i 4 la millor.

6.1. Criteris ambientals

Els criteris ambientals que es tenen en compte són:

A1: Impacte ambiental directe: Avaluat com cada mètode pot afectar directament l'entorn, incloent-hi la pertorbació de la fauna o la flora. En aquest apartat també s'inclouen possibles danys a espècies autòctones de vespa o abella. En aquest espai es tenen en compte les pertorbacions i pressions que el medi rep de cada mètode (Taula 7).

Taula 7. Criteris d'impacte ambiental directe.

0	1	2	3	4
El mètode presenta un impacte ambiental molt greu.	El mètode presenta un impacte ambiental significatiu.	L'ús del mètode genera un impacte ambiental mitjà.	Impacte ambiental relativament baix.	Impacte ambiental mínim o nul.

A2: Impactes sobre l'espècie objectiu: El que pretén el mètode és detectar nius de *velutina*, per aquest motiu, dins el que sigui possible l'impacte sobre l'espècie objectiu ha de ser el mínim (Taula 8).

Taula 8. Criteris d'impacte sobre l'espècie objectiu.

0	1	2	3	4
El mètode té com a conseqüències greus (la mort d'exemplars de vespa i/o la destrucció del seu niu).	El mètode provoca la mort d'exemplars de vespa sense causa justificada.	El mètode afecta l'espècie objectiu, provocant la mort d'algun exemplar.	El mètode afecta l'espècie en certa manera, però l'impacte és lleu.	No hi ha un impacte directe sobre l'espècie objectiu.

6.2. Criteris econòmics

E1: Inversió econòmica inicial: El cost inicial té en compte els costos associats amb la implementació de cada mètode, incloent-hi la compra d'equips, aparells i materials

necessaris. Els mètodes amb una inversió econòmica inicial menor seran els millor puntuats, ja que aquest ha de ser el més econòmic possible. Els valors de referència es prenen a partir del cost dels mateixos mètodes (Taula 9).

Taula 9. Criteris d'inversió econòmica inicial.

0	1	2	3	4
Costos inicials de més de 5000€	Costos inicials de més de 3000€	Costos inicials d'entre 1000 i 3000€	Costos inicials d'entre 200 i 1000€	Costos inicials de menys de 200€

E2: Costos operatius: Avalua els costos operatius de cada mètode. S'entenen com a costos operatius aquells que són recurrents, com ara els costos de manteniment, consumibles, etc. No es té en compte la mà d'obra (Taula 10).

Taula 10. Criteris de costos operatius.

0	1	2	3	4
Costos operatius de més de 1000€ mensuals amb recanvis molt cars o que usa material que no pot reparar-se.	Costos operatius de més de 1000€ mensuals amb recanvis cars.	Costos operatius de més de 500 mensuals en materials. Els recanvis són d'un cost alt.	Costos operatius baixos, poden ser menors a 100€ mensuals. En aquest cas, els recanvis són cars.	Costos operatius molt baixos, poden ser menors a 50€ mensuals. Recanvis també de baix cost.

E3: Costos de personal: Costos de personal: nombre de persones necessàries per realitzar cadascun dels mètodes, tenint en compte també la formació que han de tenir per executar les diferents tasques. En aquesta part es considera el sou mensual aproximat d'una o diverses persones segons la formació requerida per aquella feina. En el cas que siguin necessàries persones amb més formació, el sou serà més elevat. Per als mètodes seleccionats es poden necessitar persones amb alta formació, com pilots de dron, experts en GIS, formació en tractament de dades, etc. També seran necessàries persones per realitzar treball de camp, normalment amb formació en apicultura. Les persones amb alta formació s'anomenaran els experts, i les persones encarregades del treball de camp s'anomenaran treballadors de camp. Econòmicament, com més persones i més ben formades més elevades seran les despeses en personal, fet que encareix el mètode (Taula 11).

Taula 11. Criteris de costos de personal.

0	1	2	3	4
Es requereix mínim dues	Es requereix mínim dues persones, una	Es requereix mínim dues persones per a	Es requereix mínim una persona experta.	Es requereix mínim una persona per

persones expertes.	d'experta i l'altre per realitzar treball de camp	realitzar treball de camp.		realitzar treball de camp.
--------------------	---	----------------------------	--	----------------------------

E4: Potencial en el mercat del mètode: En aquest apartat es té en compte si el mètode escollit és de fàcil implementació més enllà dels estudis. En el millor dels casos, aquest hauria de ser un mètode senzill i econòmic, d'aquesta manera ser més atractiu de cara el mercat. En el cost és té en compte la inversió inicial, costos de producció i costos de personal. (Taula 12).

Taula 12. Criteris de potencial en el mercat del mètode.

0	1	2	3	4
Mètode de cost molt elevat i amb nombre d'identificacions baix	Mètode de cost econòmic però amb nombre d'identificacions baix	Mètode de cost elevat i amb nombre d'identificacions alt.	Mètode de cost mitjà i amb nombre d'identificacions alt.	Mètode de cost econòmic i amb nombre d'identificacions alt

6.3. Criteris d'efectivitat

F1: Escalabilitat: Considera la capacitat de cada mètode per adaptar-se a diferents àrees o a la detecció de nius en diferents etapes d'infestació (Taula 12).

Taula 12. Criteris d'escalabilitat.

0	2	4
El mètode no és capaç d'adaptar-se a diferents ambients.	El mètode s'adapta a diferents tipus d'ambients, no obstant això, amb vegetació densa es perd eficàcia.	El mètode és ideal per qualsevol mena d'ambient, encara que tingui vegetació densa.

F2: Precisió i fiabilitat: Té en compte la precisió de cada mètode per assegurar que els costos estiguin justificats per la qualitat de les dades obtingudes. També té en compte el temps que es requereix per identificar un niu (Taula 13).

Taula 13. Criteris de precisió i fiabilitat.

0	1	2	3	4
El mètode demostra que no és ni eficaç i ni fiable.	El mètode és eficaç, però triga massa dies a	El mètode demostra que és eficaç i fiable. Tanmateix, es	El mètode demostra que és molt eficaç i fiable. L'èxit	El mètode demostra que és molt eficaç i fiable. L'èxit

	identificar un niu.	requereix unes quantes hores o dies per identificar un niu.	d'identificació és major al 50% i el temps en identificar un niu és molt reduït.	d'identificació és major al 70% i el temps en identificar un niu és molt reduït.
--	---------------------	---	--	--

6.4. Criteris socials

S1: Impacte en les activitats humanes: Cal tenir en compte com els mètodes poden afectar les activitats humanes locals, com ara l'agricultura, el turisme o altres aspectes socioeconòmics (Taula 15).

Taula 15. Criteris d'impacte en les activitats humanes.

0	1	2	3	4
La realització del mètode afecta greument les persones i a l'activitat socioeconòmica que es realitza a la zona.	La realització del mètode molesta o pot ser perjudicial per a les persones que es troben a prop.	El mètode pot afectar en alguns aspectes a activitats humanes però sense ser molt rellevant.	La realització del mètode pot molestar a algunes persones per les seves característiques.	El mètode té un impacte nul o molt baix en les activitats humanes. Aquest passa desapercebut.

S2: Seguretat pública: Garanteix que els mètodes de detecció siguin segurs per al públic en general, evitant riscos innecessaris per a la salut i la seguretat (Taula 16).

Taula 16. Criteris de seguretat pública.

0	1	2	3	4
Existeixen preocupacions greus associades a la realització del mètode.	Existeixen preocupacions associades a la realització del mètode. No obstant això, aquestes són lleus.	El mètode pot ser perillós per la salut humana en cas d'algun error tècnic.	El mètode pot ser perillós per la salut humana en cas d'algun error tècnic i si es duu a terme el mètode en una zona concorreguda.	Per les seves característiques, el mètode no presenta cap risc per a la salut humana.

7. RESULTATS I DISCUSSIÓ

7.1 Anàlisi general

Cada mètode ha estat avaluat amb els criteris de l'apartat 6. La justificació dels resultats de cada mètode es troba a l'apartat 6.1 de justificacions. Finalment s'obté que el mètode amb major puntuació és el mètode de marcatge i seguiment amb 30 punts. A continuació amb 29 punts, dos mètodes tecnològics i un d'observacional, els mètodes C, F i B. Els mètodes D i E són els que han obtingut pitjors resultats, 26 punts (Taula 17). El màxim de puntuació que es podia obtenir eren 40 punts, per tant el que obté millors resultats un 7,25 sobre 10.

Taula 17. Puntuacions de cada mètode segons els diferents criteris.

	MÈTODE	CRITERIS AMBIENTALS	CRITERIS ECONÒMICS	CRITERIS D'EFECTIVITAT	CRITERIS SOCIALS	VALOR TOTAL
Mètodes observacionals	A	7	10	5	8	30
	B	8	9	4	8	29
Mètodes tecnològics	C	7	7	7	8	29
	D	7	7	6	6	26
	E	7	4	7	8	26
	F	8	9	4	8	29

- A. Method for Nest Detection of the Yellow-Legged Hornet in High Density Areas
- B. Mètode Jersey
- C. Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry
- D. Development of a Real-Time *Vespa velutina* Nest Detection and Notification System Using Artificial Intelligence in Drones
- E. Viability of thermal imaging in detecting nests of the invasive hornet *Vespa velutina*
- F. Tracking the invasive hornet *Vespa velutina* in complex environments by means of a harmonic radar

El treball ha permès comparar diferents mètodes de detecció de nius de *V. velutina*. D'aquests mètodes, dos són observacionals i quatre són tecnològics. Els mètodes observacionals són més econòmics en comparació amb els tecnològics, tot i que poden requerir majors esforços humans. Això és una consideració decisiva a l'hora de fer l'elecció del mètode. En conseqüència, s'ha determinat que el mètode de marcatge i seguiment és el més adequat en termes d'escalabilitat i costos.

Malgrat que els mètodes requereixen equipaments molt diferents, les puntuacions obtingudes són similars en els diferents tipus de mètodes. El mètode de marcatge i seguiment (A) obtingut la puntuació més alta, amb només un punt de diferència respecte al segon millor mètode, el que utilitza ràdio-telemetria (C).

Els mètodes observacionals, tot i tenir una eficàcia menor, compensen aquesta limitació amb costos inicials i operatius més baixos. En canvi, la majoria dels mètodes tecnològics

són més precisos i presenten una taxa de detecció de nius superior. Aquestes diferències es poden observar en la figura 10.

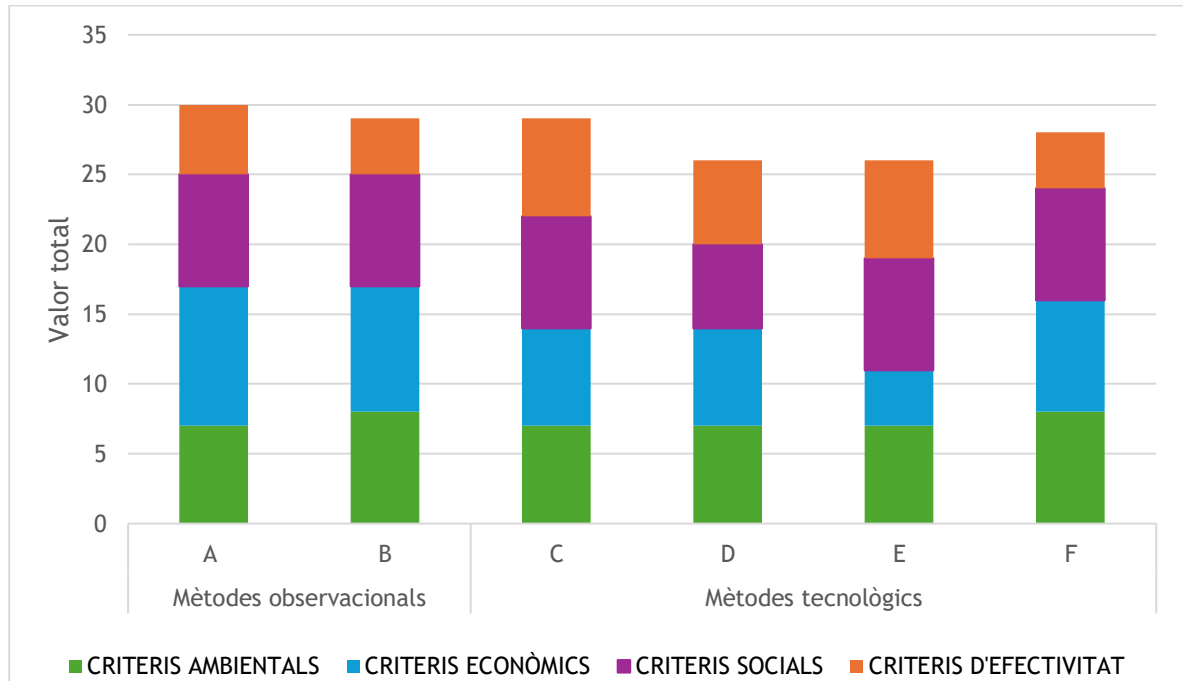


Figura 10. Resultats obtinguts per cada mètode. Font pròpia.

- A. Method for Nest Detection of the Yellow-Legged Hornet in High Density Areas
- B. Mètode Jersey
- C. Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry
- D. Development of a Real-Time *Vespa velutina* Nest Detection an Notification System Using Artificial Intelligence in Drones
- E. Viability of thermal imaging in detecting nests of the invasive hornet *Vespa velutina*
- F. Tracking the invasive hornet *Vespa velutina* in complex environments by means of a harmonic radar

Aquest treball ofereix un full de ruta per a persones o empreses interessades a implementar algun dels mètodes estudiats, seleccionant el més adequat segons les seves necessitats específiques. Per aquest motiu, no es defineix un únic "millor" mètode, sinó que s'aporten dues propostes, cadascuna adaptada a casos diferents.

Per als qui prioritzen costos reduïts amb resultats acceptables, el mètode de marcatge i seguiment és la millor opció. Tot i la seva eficàcia limitada, és una solució viable per a petites empreses apícoles i institucions públiques, on minimitzar les despeses és crucial. En el cas de les petites empreses, la situació ja és prou complexa sense haver de fer grans inversions per controlar la plaga de *V. velutina*. Idealment, les entitats públiques com ajuntaments, consells comarcals o diputacions haurien d'invertir en l'aplicació

d'aquests mètodes per reduir la pressió sobre les colònies d'abelles i altres insectes pol·linitzadors.

Per a grans i mitjanes empreses dedicades a l'apicultura, el mètode més recomanable és la radiotelemetria, el qual ha mostrat ser el segon més efectiu en els resultats obtinguts. Si una empresa té la capacitat d'assumir els costos inicials i de producció associats amb aquest mètode, obtindrà resultats satisfactoris. Tot i que implica un cost més elevat, és una opció atractiva pel seu major rendiment en la detecció ràpida de nius i l'increment d'èxits en la gestió.

7.2 Justificacions

EINES OBSERVACIONALS

A. Method for Nest Detection of the Yellow-Legged Hornet in High Density Areas

CRITERI	PUNTS	JUSTIFICACIÓ
A1	4	Aquest mètode presenta un impacte ambiental mínim. L'esquer està compost per menjar comú com pollastre o peix. L'impacte ambiental més greu és l'ús de pinta-ungles o altres pintures, no obstant això, el seu ús no és significatiu.
A2	3	Per dur a terme el mètode s'han de capturar obreres de <i>Vespa velutina</i> . Aquestes es marquen amb pintura o esmalt i es tornen a alliberar. Tot i que les vespes no moren i tornen a fer vida normal, durant la manipulació se'ls genera una situació d'estrès.
E1	4	Costos inicials molt baixos (si ja es disposa d'un ordinador prèviament). Els esquers es poden trobar en qualsevol supermercat per menys de 10 – 20€. La pintura per marcar els individus també té un cost baix. El preu de 500 grams de nitrat d'amoni (material que s'utilitza per adormir vespes i abelles) té un preu aproximat de 10€ (La tienda Apidroches, s.d.). Existeixen programaris lliures de GIS com ara Qgis per realitzar la triangulació.
E2	4	Els costos de producció també són baixos, ja que l'esquer és barat.
E3	1	Les autores recomanen dues persones per executar les tasques del mètode. La feina es pot dividir en dos, per una banda, una persona realitzaria el treball de camp i l'altre l'anàlisi de dades (expert).
E4	4	Aquest mètode es pot dur a terme en ambients molt diversos i amb vegetació densa.
E5	1	El mètode és precís, no obstant això, pot trigar entre bastantes hores i dies a identificar un sol niu.
E6	1	És un mètode molt econòmic, tanmateix, les identificacions són baixes.
S1	4	La realització del mètode no afecta cap mena d'activitat humana.
S2	4	Aquest mètode per les seves característiques no presenta cap risc pel que fa a la salut de les persones.

B. Mètode Jersey

CRITERI	PUNTS	JUSTIFICACIÓ
A1	4	Aquest mètode presenta un impacte ambiental mínim. L'esquer està compost per menjar comú.
A2	4	Per dur a terme el mètode no s'han de capturar obreres de <i>Vespa velutina</i> , simplement s'observen.
E1	4	Costos inicials molt baixos (si ja es disposa d'un ordinador prèviament). Els esquers es poden trobar en qualsevol supermercat per menys de 10 – 20€.
E2	4	Els costos de producció també són baixos, ja que l'esquer és barat.
E3	0	Es recomanable tenir entre dues i tres persones realitzant treball de camp per dur a terme aquest mètode.
E4	4	Aquest mètode es pot dur a terme en ambients molt diversos i amb vegetació densa.
E5	0	El mètode no és precís, es pot trigar entre bastantes hores i dies a identificar un sol niu.
E6	1	És un mètode molt econòmic, tanmateix, les identificacions són baixes.
S1	4	La realització del mètode no afecta cap mena d'activitat humana.
S2	4	Aquest mètode per les seves característiques no presenta cap risc pel que fa a la salut de les persones.

EINES TECNOLÒGIQUES**C. Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry**

CRITERI	PUNTS	JUSTIFICACIÓ
A1	4	Aquest mètode presenta un impacte ambiental mínim. Les ràdio etiquetes estan dissenyades per ser recuperades un cop s'identifica el niu
A2	3	Per dur a terme el mètode s'han de capturar obreres de <i>vespa velutina</i> . A les vespes se'ls lliga una ràdio-etiqueta, suficientment lleugera perquè no perdin la capacitat de volar i a posterior es tornen a alliberar. Tot i que les vespes no moren i tornen a fer vida normal, durant la manipulació se'ls pot generar una situació d'estrès.
E1	2	La inversió inicial d'aquest mètode són aproximadament de 2340 € en un equip de ràdio-telemetry més 164 € per cada etiqueta. Si en un inici disposem de l'equip i tres etiquetes, el preu inicial puja als 2674 € (Kennedy et al., 2018).
E2	2	Tenint en compte que el preu de cada etiqueta (164 €) es calculen més de 100 € de despeses mensuals, sobretot tenint en compte que es poden perdre aquestes etiquetes.
E3	1	Aquest mètode també podria ser desenvolupat per dues persones. Una encarregada del treball de camp (capturar i lligar les etiquetes a les

		vespes) i un altre que s'encarregui del seguiment de les etiquetes per definir la posició del niu (expert).
E4	4	L'estudi demostra que aquest mètode es pot dur a terme en ambients complexos i heterogenis, la vegetació no és un impediment.
E5	3	L'eficàcia del mètode és del 63% en la detecció de nius. Això significa que, en les proves de camp, es va aconseguir trobar un niu en el 63% dels intents realitzats.
E6	2	El mètode demostra una bona eficàcia en la detecció de nius, no obstant aquest fet, la inversió inicial i el preu de cada etiqueta és elevat.
S1	4	Aquest mètode no presenta cap risc per a l'activitat humana.
S2	4	No presenta cap risc per a la salut pública, és un mètode que pot passar desapercebut.

D. Development of a Real-Time *Vespa velutina* Nest Detection and Notification System Using Artificial Intelligence in Drones

CRITERI	PUNTS	JUSTIFICACIÓ
A1	3	L'impacte ambiental és baix, no obstant això, aquest tipus de mètode requereix la utilització de drons que tot i no ser molt perjudicials en certa manera produeixen contaminació acústica, electromagnètica i lumínica.
A2	4	L'espècie objectiu no es manipula i tampoc es veu afectada. No és un mètode invasiu.
E1	1	En aquest cas, per dur a terme el mètode es necessita un programari capaç d'analitzar les imatges amb IA. El que s'utilitza a l'article és un ordinador (Jetson Xavier AGX, NVIDIA) especialitzat en IA d'un cost aproximat de 2000 €. Els drons que es van utilitzar per a l'estudi tenen un cost de 800 €. Als drons se'ls hi va afegir un sistema GPS anomenat Pixhawk 4 d'un preu aproximat de 150 €.
E2	1	Els costos de producció són 950 si es vol afegir un altre dron. També, s'ha de tenir en compte que aquests són delicats i que les reparacions dels drons també poden ser costoses.
E3	3	El vol del dron és automàtic, una persona sola podria realitzar la feina de detecció al camp i al ser en temps real, al mateix moment anar analitzant les imatges. La formació ha de ser elevada, ja que aquesta persona ha de tenir coneixements en conducció de drons i per analitzar les imatges gràcies a la IA.
E4	2	Es pot realitzar en diferents ambients, però una vegetació molt densa pot dificultar la presa d'imatges.
E5	4	La detecció de niu va ser alta, a més en un mateix vol van detectar-se fins a quatre nius diferents.
E6	2	El mètode té un cost elevat, no obstant això, els resultats que s'obtenen són bons.
S1	3	L'ús de drons pot ser una molèstia per algunes persones pel soroll que fan.
S2	3	En cas que falli l'aparell aquest pot ser perillós si cau sobre alguna persona, tanmateix, és poc probable.

E. Tracking the invasive hornet *Vespa velutina* in complex environments by means of a harmonic radar

CRITERI	PUNTS	JUSTIFICACIÓ
A1	4	Aquest mètode presenta un impacte ambiental mínim. El reflector passiu està dissenyat per ser recuperat un cop s'identifica el niu.
A2	3	Per dur a terme el mètode s'han de capturar obreres de <i>Vespa velutina</i> . A les vespes se'ls lliga un reflector passiu, suficientment lleuger perquè no perdin la capacitat de volar i a posterior es tornen a alliberar. Tot i que les vespes no moren i tornen a fer vida normal, durant la manipulació se'ls pot generar una situació d'estrès.
E1	0	La inversió inicial d'aquest mètode és molt elevada. El preu d'un radar és d'aproximadament 5000€. A més, són necessàries una antena i els transponedors per etiquetar les vespes, per tant, són 500€ l'antena i 50€ per transponedors. Finalment, és necessari una maquinària capaç de processar les dades i que treballi amb un programari especialitzat per a radar, el preu oscil·la sobre 2000€. En l'article no s'especifica quina maquinària s'ha utilitzat, per la qual cosa s'ha fet una aproximació.
E2	1	Els recanvis poden ser cars i tenint en compte el preu de transponedors, el manteniment també té un cost elevat.
E3	1	Equip de dues o tres persones. Una d'elles pot realitzar la feina de camp i l'altre encarregar-se de la part del radar harmònic.
E4	4	L'estudi demostra que aquest mètode es pot dur a terme en ambients complexos i heterogenis, la vegetació no és un impediment.
E5	3	La tecnologia va tenir una efectivitat del 75% en noves zones d'invasió i del 60% en àrees altament colonitzades.
E6	2	El mètode demostra una bona eficàcia en la detecció de nius, no obstant aquest fet, la inversió inicial és elevada.
S1	4	Aquest mètode no presenta cap risc per a l'activitat humana.
S2	4	No presenta cap risc per a la salut pública, és un mètode que pot passar desapercebut.

F. Viability of thermal imaging in detecting nests of the invasive hornet *Vespa velutina*

CRITERI	PUNTS	JUSTIFICACIÓ
A1	4	Aquest mètode presenta un impacte ambiental mínim. La presa d'imatges no representa un impacte ambiental significatiu.
A2	4	L'espècie objectiu no es manipula i tampoc es veu afectada. No és un mètode invasiu.
E1	2	El preu de la càmera d'infraroig que s'utilitza a l'estudi és d'aproximadament 1350€. Les imatges d'infraroig es processen per un software anomenat GORATERC.
E2	2	Els costos operatius són baixos o nuls, no obstant aquest fet, els recanvis o reparacions de la càmera d'infraroig poden ser molt alts.

E3	3	Aquest mètode pot ser realitzat per una persona. Aquesta s'encarregaria del treball de camp, les tasques són la presa d'imatges amb la càmera infraroja i localitzar els nius de <i>Vespa velutina</i> . Aquesta persona hauria de ser capaç d'utilitzar aquest aparell i de tractar les dades obtingudes.
E4	2	La presa d'imatges pot no ser efectiva si la vegetació és densa. Depèn bastant de la temperatura ambiental.
E5	2	Eficàcia de detecció va ser del 80% a curta distància (fins a 30 metres) i amb les condicions òptimes. No obstant això, aquesta és variable segons la distància i les condicions ambientals, per tant la puntuació no serà alta.
E6	1	El cost d'aquest mètode és elevat, això no obstant, en zones d'alta densitat de nius pot ser útil. Aquest mètode també és proposat com un mètode complementari a altres mètodes.
S1	4	No afecta a cap tipus d'activitat humana.
S2	4	No presenta cap risc per les persones a nivell de salut.

8. CONCLUSIONS

This comparative analysis of *Vespa velutina* nest detection methods has revealed that the marking and tracking method is the most effective, scoring 30 points. This method is distinguished by its scalability and reduced costs, making it a viable solution for small-scale beekeeping enterprises and public institutions aiming to minimize expenditures of this species. Furthermore, its implementation does not require a substantial initial investment, making it accessible to a wide spectrum of users, ranging from small beekeepers to governmental entities with constrained budgets.

In terms of costs, observational methods are more economic but may require greater human effort. Consequently, despite their lower monetary costs, they may be less efficient in terms of time and human resources. Technological methods, such as radio telemetry, despite offering enhanced precision and a higher detection rate, entail higher initial and operational expenses. The radio telemetry method, scoring 29 points, is recommended for large and medium-sized beekeeping projects capable of bearing associated costs. This method stands out due to its high precision and capability to detect nests over extended distances, which proves critical in expansive or challenging-to-access areas.

In conclusion, it can be affirmed that there is no singular "best" method and therefore the choice depends on the specific requirements of each scenario. For those prioritizing cost-effectiveness, the marking and tracking method is ideal. Beyond its economic advantages, this method is relatively straightforward to implement and does not require advanced technology, thereby making it accessible even to individuals with limited technical expertise. On the other hand, for projects capable of substantial investment, radio telemetry offers superior performance in swiftly detecting nests, facilitating a more efficient and effective response to the presence of *Vespa velutina*.

Thus, this study provides a comprehensive guide for implementing the examined methods, adaptable to various economic, social, and environmental factors. The versatility of the analyzed methods ensures their applicability across diverse contexts, thereby enhancing effectiveness in combatting *Vespa velutina*. This study provides the necessary tools for making informed and strategic decisions in the selection of the best method. Additionally, it contributes to understanding the diversity of methods available in this field.

9. BIBLIOGRAFIA

- Ayala, R., & Meléndez, V. (2017). Familia Vespidae. In *Fundamentos de Entomología Forestal* (1st ed., pp. 348-353). Ciudad de México, México: Universidad Autónoma de Yucatán. https://www.researchgate.net/profile/Ricardo-Ayala-5/publication/320696208_Familia_Vespidae/links/59f4e4cba6fdcc075ec4ba3a/Familia-Vespidae.pdf
- Briski, E., Kotronaki, S. G., Cuthbert, R. N., Bortolus, A., Campbell, M. L., Dick, J. T. A., Fofonoff, P., Galil, B. S., Hewitt, C. L., Lockwood, J. L., Maclsaac, H. J., Ricciardi, A., Ruiz, G., Schwindt, E., Sommer, U., Zhan, A., & Carlton, J. T. (2024). Does non-native diversity mirror Earth's biodiversity? *Global Ecology and Biogeography*, 33(1), 48-62. <https://doi.org/10.1111/geb.13781>
- Capdevila, L., Iglesias, Á., Orueta, J. F., & Zilleti, B. (2006). *Especies Exóticas Invasoras: Diagnóstico y bases para la prevención y el manejo* (Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio de Medio Ambiente).
- Carpenter, J., & Kojima, J. (1997). Checklist of the species in the subfamily Vespinae (Insecta: Hymenoptera: Vespidae). *Natural History Bulletin of Ibaraki University*, 1, 51-92.
- Cini, A., Cappa, F., Petrocelli, I., Pepiciello, I., Bortolotti, L., & Cervo, R. (2018). Competition between the native and the introduced hornets *Vespa crabro* and *Vespa velutina*: A comparison of potentially relevant life-history traits. *Ecological Entomology*, 43(3), 351-362. <https://doi.org/10.1111/een.12507>
- Departament d'Acció Climàtica, Alimentació i Agenda rural. (2023). *Protocol d'actuacions i de seguiment de la vespa asiàtica*. https://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/especies_exotiques_medinatural/lLista_sp_catalogades/artropodes/doc_enll/Protocol-dactuacions-i-de-seguiment.-Vespa-velutina.pdf
- Feás Sánchez, X., & Charles, R. J. (2019). Notes on the Nest Architecture and Colony Composition in Winter of the Yellow-Legged Asian Hornet, *Vespa velutina* Lepeletier 1836 (Hym.: Vespidae), in Its Introduced Habitat in Galicia (NW Spain). *Insects*, 10(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/insects10080237>
- Hedin, J., & Ranius, T. (2002). Using radio telemetry to study dispersal of the beetle *Osmoderma eremita*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 35, 171-180. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00017-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00017-0)
- Jeong, Y., Jeon, M. S., Lee, J., Seung-Hwa, Y., Su-bae, K., Kim, D., Kyoung-Chul, K., Lee, S., Chang-Woo, L., & Choi, I. (2023). Development of a Real-Time *Vespa velutina* Nest Detection and Notification System Using Artificial Intelligence in Drones. *Drones*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/drones7100630>

- Lopez Soriano, J., Quiñonero Salvado, S., & Tarruella, A. (2009). Presencia masiva de *Pomacea* cf. *Canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda: Ampullariidae) en el Delta del Ebro (Cataluña, España). *3*, 117-121.
- Kennedy, P. J., Ford, S. M., Poidatz, J., Thiéry, D., & Osborne, J. L. (2018). Searching for nests of the invasive Asian hornet (*Vespa velutina*) using radio-telemetry. *Communications Biology*, *1*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s42003-018-0092-9>
- Kim, C. S., Lubowski, R. N., Lewandrowski, J., & Eiswerth, M. E. (2006). Prevention or Control: Optimal Government Policies for Invasive Species Management. *Agricultural and Resource Economics Review*, *35*(1), 29-40. <https://doi.org/10.1017/S1068280500010030>
- Kim, J. K., Choi, M., & Moon, T.-Y. (2006). Occurrence of *Vespa velutina* Lepeletier from Korea, and a revised key for Korean *Vespa* species (Hymenoptera: Vespidae). *Entomological Research*, *36*(2), 112-115. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2006.00018.x>
- La tienda Apidroches. (n.d.). Nitrato de amonio 500gr para ahumador apicola. *La tienda Apidroches*. Recuperat 21 juny 2024, de https://apicolalospedroches.com/index/what/artic/arti/SUMINCB_005/nitrato-de-amonio-500gr-para-ahumador-apicola
- Leza, M., Miranda, M. A., & Colomar, V. (2018). First detection of *Vespa velutina* nigrithorax (Hymenoptera: Vespidae) in the Balearic Islands (Western Mediterranean): A challenging study case. *Biological Invasions*, *20*(7), 1643-1649. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1658-z>
- Lioy, S., Bergamino, C., & Porporato, M. (2022). The invasive hornet *Vespa velutina*: Distribution, impacts and management options. *CABI Reviews*, 2022. <https://doi.org/10.1079/cabireviews202217030>
- Lioy, S., Bianchi, E., Biglia, A., Bessone, M., Laurino, D., & Porporato, M. (2021). Viability of thermal imaging in detecting nests of the invasive hornet *Vespa velutina*. *Insect Science*, *28*(1), 271-277. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12760>
- Lioy, S., Laurino, D., Maggiora, R., Milanese, D., Saccani, M., Mazzoglio, P. J., Manino, A., & Porporato, M. (2021). Tracking the invasive hornet *Vespa velutina* in complex environments by means of a harmonic radar. *Scientific Reports*, *11*(1), 12143. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91541-4>
- Monceau, K., Bonnard, O., & Thiéry, D. (2012). Chasing the queens of the alien predator of honeybees: A water drop in the invasiveness ocean. *Open Journal of Ecology*, *2*(4), 183. <https://doi.org/10.4236/oje.2012.24022>
- Olmeda Berraquero, B. (2017). *Introducción y expansión del mosquito tigre (Aedes Albopictus, Skuse 1894) en España*. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/20862>
- Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (n.d.). *El género en relación con la seguridad alimentaria y la nutrición*. <https://www.fao.org/gender/learning-center/thematic-areas/gender-and-food-security-and-nutrition/es>
- Park, J. J., & Jung, C. (2016). Risk Prediction of the Distribution of Invasive Hornet, *Vespa velutina* nigrithorax in Korea using CLIMEX Model. *Journal of Apiculture*, *31*(4), 293. <https://doi.org/10.17519/apiculture.2016.11.31.4.293>
- Paúles Cuesta, I. M., Villanueva Camus, M., & Güerre Oto, N. (2024). Picadura de *Vespa velutina*. *Medicina General y de Familia*, *13*(2), 92-94. <https://doi.org/10.24038/mgyf.2024.024>
- Freire, R. J. (Director). (2016, octubre 7). *V1—Trampa eléctrica—Control Velutina* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Q2RIBYy3Z18>

- Gonzalez, R. (2023, agost 27). Muere un hombre tras sufrir picaduras de varias avispa velutinas en Ourense. *Diario AS*. <https://as.com/actualidad/sociedad/muere-un-hombre-tras-sufrir-picaduras-de-varias-avispa-velutinas-en-ourense-n/>
- Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras, Pub. L. No. Real Decreto 630/2013, BOE-A-2013-8565 56764 (2013). <https://www.boe.es/eli/es/rd/2013/08/02/630>
- Rojas-Nossa, S. V., Álvarez, P., Garrido, J., & Calviño-Cancela, M. (2022). Method for Nest Detection of the Yellow-Legged Hornet in High Density Areas. *Frontiers in Insect Science*, 2, 851010. <https://doi.org/10.3389/finsc.2022.851010>
- Rojas-Nossa, S. V., & Calviño-Cancela, M. (2020). The invasive hornet *Vespa velutina* affects pollination of a wild plant through changes in abundance and behaviour of floral visitors. *Biological Invasions*, 22(8), 2609-2618. <https://doi.org/10.1007/s10530-020-02275-9>
- Rojas-Nossa, S. V., Gil, N., Mato, S., & Garrido, J. (2021). *Vespa velutina*: Características e impactos de una exitosa especie exótica invasora. *Ecosistemas*, 30(2), Article 2. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2159>
- Rome, Q., Perrard, A., Muller, F., Fontaine, C., Quilès, A., Zuccon, D., & Villemant, C. (2021). Not just honeybees: Predatory habits of *Vespa velutina* (Hymenoptera: Vespidae) in France. *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*, 57(1), 1-11. <https://doi.org/10.1080/00379271.2020.1867005>
- Rosell, C. (2010). La biodiversitat a Catalunya: Cooperar per aturar la pèrdua. *Medi Ambient Tecnologia i Cultura*, 47, 20-31.
- Stabentheiner, A. (1987). Thermographic Determination of Body Temperatures in Honey Bees and Hornets: Calibration and Applications. 2(4).
- Universitat de Girona. (2023, maig 24). Universitat de Girona > La UdG i el CTFC desenvolupen una aplicació mòbil per monitoritzar la vespa asiàtica a Catalunya. *Universitat de Girona*. <https://www.udg.edu/en/udg/detall-noticies/eventid/31585>
- Vidal, C. (2022). The Asian wasp *Vespa velutina nigrithorax*: Entomological and allergological characteristics. *Clinical & Experimental Allergy*, 52(4), 489-498. <https://doi.org/10.1111/cea.14063>
- Villemant, C., Haxaire, J., & Streito, J.-C. (2006). La découverte du Frelon asiatique *Vespa velutina*, en France. *Insectes*, 143(4), 3-7.