



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO EN IMPRESIÓN EN 3D DE UNA TRAMPA DE VESPA VELUTINA

Alumno: Francisco Javier Montoro García

Tutor: Prof. D. Antonio Ortiz Hernández

Depto.: Química Orgánica

Junio, 2021

ÍNDICE

1.	Introducción y Antecedentes	1
1.1	Aspectos biológicos de la Vespa Velutina	1
1.1.1	Descripción e identificación	1
1.1.2	Ciclo biológico	3
1.2	Invasión y sus consecuencias	4
1.2.1	Introducción y asentamiento	5
1.2.2	Impacto de la invasión de Vespa velutina	6
1.3	Medidas de control contra la Vespa velutina	8
1.3.1	Técnicas de trapeo	8
1.3.2	Atrayentes químicos.....	9
2.	Objetivos y Justificación	10
3.	Materiales y Métodos	10
3.1	Trapeo de Vespa velutina.....	10
3.1.1	Materiales y herramientas	10
3.1.2	Diseño y optimización de la trampa.....	11
4.	Resultados.....	13
4.1	Evolución del diseño del prototipo y su optimización	13
4.1.1	Primer prototipo	13
4.1.2	Segundo prototipo	16
4.2	Análisis de los resultados del trapeo de <i>Vespa velutina</i>	18
5.	Discusión	22
6.	Conclusiones.....	25
7.	Bibliografía	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Características y morfología de <i>V. Velutina</i>	2
Figura 2: Comparativa <i>Vespa Velutina</i> y <i>Vespa Crabro</i>	2
Figura 3: Nido primario de <i>Vespa Velutina</i> en lugares protegidos	3
Figura 4: Nidos secundarios de <i>Vespa Velutina</i> en zonas elevadas	4
Figura 5: Mapa de riesgo de invasión de <i>Vespa Velutina</i> en España	5
Figura 6: Posición que toma la <i>Apis Mellifera</i> frente al ataque de <i>V. Velutina</i>	7
Figura 7: Ejemplos de ataque de <i>V. Velutina</i> en cultivos frutales.....	7
Figura 8: Modelo de trampa selectiva para <i>V. Velutina</i> por STop Velutina Asturias.	9
Figura 9: Prototipo de trampa selectiva para <i>V. Velutina</i> en colmenares de Niao.....	12
Figura 10: Trampa Vespa Velutina. Primer prototipo. Parte superior	13
Figura 11: Trampa Vespa Velutina. Primer prototipo. Parte intermedia.....	14
Figura 12: Trampa Vespa Velutina. Primer prototipo. Parte inferior.....	15
Figura 13: Trampa Vespa Velutina. Segundo prototipo. Parte superior	15
Figura 14: Trampa Vespa Velutina. Segundo prototipo. Parte intermedia.....	186
Figura 15: Trampa Vespa Velutina. Segundo prototipo. Parte inferior	17
Figura 16: Conjunto de capturas totales de <i>Vespa Velutina</i> con prototipo.....	108
Figura 17: Comparativa de capturas de <i>V. Velutina</i> según el atrayente químico utilizado	19
Figura 18: Capturas de <i>V. Velutina</i> entre diseño y trampa casera. Modelo 1	19
Figura 19: Capturas de <i>V. Velutina</i> entre diseño y trampa casera. Modelo 2	20
Figura 20: Capturas de <i>V. Velutina</i> entre diseño y trampa casera. Modelo 3 - Control	20
Figura 21: Capturas de <i>V. Velutina</i> entre diseño y trampa casera. Modelo 4	21
Figura 22: Capturas de <i>V. Velutina</i> entre diseño y trampa casera. Modelo 5	21
Figura 23: Comparativa entre diseño y trampa casera en la captura de <i>Vespa Crabro</i>	22
Figura 24: Comparativa entre diseño y trampa casera en la captura de <i>Vespula Germanica</i>	22
Figura 25: Muestra de la efectividad de captura de <i>V. Velutina</i>	24

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Nomenclatura del prototipo y atrayentes utilizados	12
Tabla 2: Comparativa entre porcentajes de captura de <i>V. Velutina</i>	23
Tabla 3: Capturas de <i>Vespa Crabro</i>	24
Tabla 4: Capturas de <i>Vespula Germanica</i>	25

RESUMEN

La *Vespa Velutina* es una preocupación cada vez mayor en el territorio europeo; y el trampeo de esta, una excelente forma para reducir y controlar su avance. En la presente memoria se desarrolla, mediante la tecnología de impresión 3D, la optimización de un prototipo destinado a la captura del avispón invasor. Este proceso de captura, mediante el uso de un modelo propio, ha sido a su vez comparado con el método de trampeo que actualmente posee resultados más satisfactorios. Además, asociado a nuestro diseño, se han utilizado una serie de atrayentes químicos volátiles y se ha evaluado su eficiencia. Con todo ello, se busca aumentar las ratios de captura de esta especie, disminuyendo la captación de otros insectos de la entomofauna local.

ABSTRACT

Vespa Velutina is a growing concern in Europe, and trapping is an excellent way to reduce and control its advance. In this report, the optimisation of a prototype for trapping this invasive hornet, using 3D printing technology, is developed. This trapping process, using our own model, has been compared with the trapping method that currently has the most satisfactory results. In addition, associated with our design, a series of volatile chemical attractants have been used, and their efficiency has been evaluated. The aim is to increase the capture rates of this species, and improve the selectivity of the process, reducing the capture of other insects belonging to the local entomofauna.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Según la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, del patrimonio natural y de la biodiversidad, podemos definir una especie como invasora, si se ha introducido en un área diferente a la nativa, ya sea de forma intencionada o no, mostrando una rápida expansión territorial que, ligada a un alto crecimiento en su población, origina una amenaza para la diversidad biológica de la zona. Este es el caso de la llamada *Vespa velutina nigrithorax*; especie que nos compete en el presente estudio. Fue introducida en Europa en 2004, y actualmente ocupa dos tercios del territorio francés, así como grandes extensiones de países cercanos: España, Portugal, Alemania e Italia; recientemente se añaden a la lista Bélgica y Reino Unido según Monceau y Thiery, 2016. Anteriormente, ya existían registros de otras invasiones por parte de la familia de los vespídeos en diferentes zonas del planeta, como es el caso del Avispón europeo (1840) en el estado de Nueva York, o de la *Vespa orientalis* en Madagascar y México en la década de los noventa y principios del siglo veinte respectivamente; sin embargo, la comúnmente conocida como “avispa asiática”, es la primera invasión satisfactoria acontecida en Europa, la cual, además de estar generando daños en la entomofauna nativa, produce diversos impactos económicos y sociales en las zonas donde se instala (Peña y Puch Pérez, 2015, Villemant, y col., 2011).

1.1 Aspectos biológicos de la Vespa Velutina

Perteneciente a la familia Vespidae, la *Vespa velutina* es un heminoptero social, que vive de manera colonial conjuntamente con varios miles de individuos. (Galartza Garaialde, 2016)

Con objetivo del control de su expansión, es importante conocer en profundidad a este insecto, además de ser necesario tratar las diferencias existentes con la especie autóctona conocida, comúnmente, como Avispón europeo. Rasgos que van desde su identificación hasta su alimentación, pasando por aspectos como su ciclo vital, depredadores y enemigos; serán muy útiles para determinar la vía de actuación.

1.1.1 Descripción e identificación

Aunque la *Vespa velutina* se denomina comúnmente como “avispa”, este insecto es un avispón similar en dimensiones al avispón europeo autóctono (*Vespa crabro*). Conforme a su taxonomía, las reinas miden entorno a los 3,5 cm viviendo en torno a un año; mientras que las obreras son algo más pequeñas, cercanas a los 3 cm, y con una esperanza de vida entre los 35 y 55 días (Galartza Garaialde, 2016).

Según se observa en la *figura 1*, vistas desde arriba se caracterizan por tener la cabeza y gran parte del tórax negro, encontrando una fina franja amarilla-anaranjada que separa el abdomen, a partir de la cual cambia el color a marrón. De frente llama la atención su cabeza anaranjada y cómo la parte final de las patas se torna amarilla, siendo este uno de los rasgos más característicos de esta especie (Peña y Puch Pérez, 2015).



FIGURA 1: CARACTERÍSTICAS Y MORFOLOGÍA DE V. VELUTINA. FUENTE: (Peña y Puch Pérez, 2015)

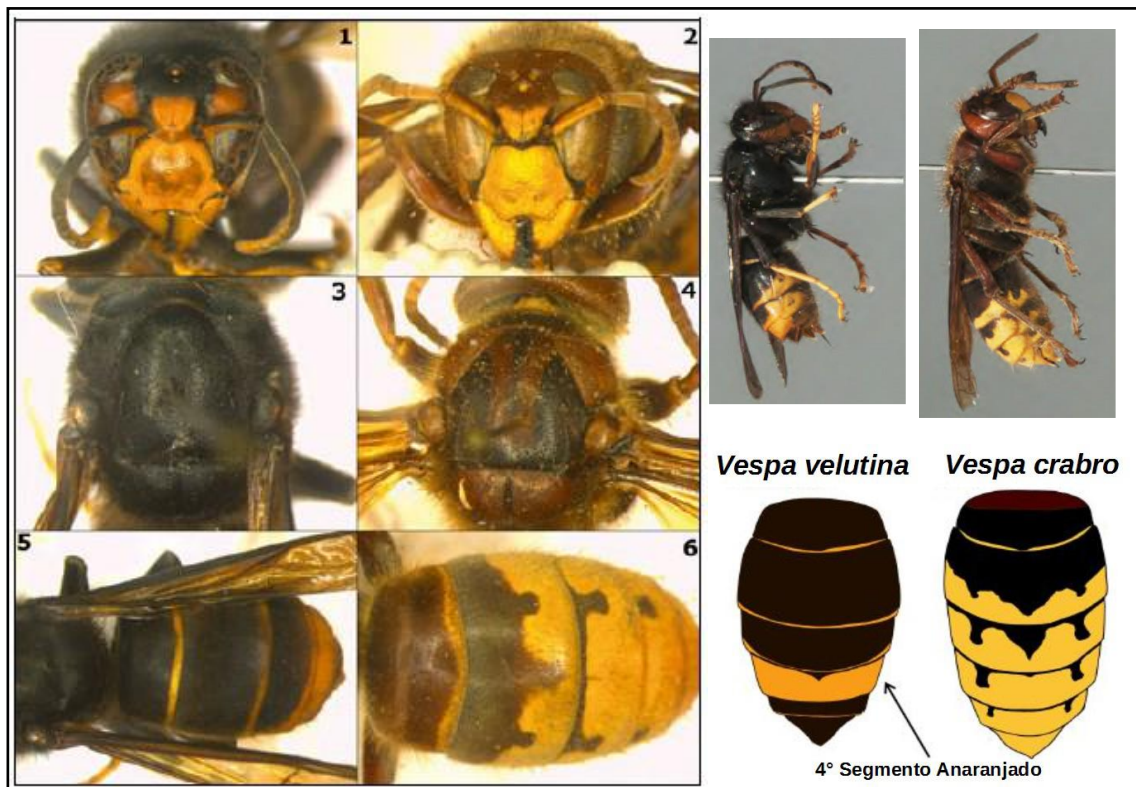


FIGURA 2: COMPARATIVA VESPA VELUTINA (1,3,5) Y VESPA CRABRO (2, 4, 6)

FUENTE: (Peña y Puch Pérez, 2015)

En cambio, la *Vespa crabro* normalmente posee unas dimensiones algo mayores, cuyos colores identificativos son un tanto más vistoso, ya que posee el tórax de color marrón y un abdomen amarillo con rayas negras. En la *figura 2* se muestra una comparativa de las dos especies tratadas; dada su semejanza es posible que puedan ser confundidas, siendo esta una especie protegida (Peña y Puch Pérez, 2015).

1.1.2 Ciclo biológico

Aunque las fechas sean orientativas en las diferentes fases, debido a diversos factores como la temperatura, la disponibilidad de alimento, etc., conocer el ciclo vital de esta especie es clave, puesto que nos muestra los momentos más propicios para el control de la expansión de la *Vespa velutina* (Galartza Garaialde, 2016).

Durante los meses de febrero-marzo las reinas fundadoras comienzan a despertar de su letargo, normalmente de forma escalonada como estrategia de adaptación. Estas emergen de diversos lugares y comienzan en solitario la construcción del llamado nido primario (*figura 3*) del cual nacerán las primeras obreras en los meses de abril-mayo. Es en esta época cuando el nido es más vulnerable, puesto puede existir competencia entre reinas de *V. velutina* y reinas de *V. crabro*; siendo esta la mayor causa de muerte en la colonia tras la pérdida de la reina.



FIGURA 3: NIDO PRIMARIO DE VESPA VELUTINA EN LUGARES PROTEGIDOS. FUENTE:
(Galartza Garaialde, 2016)

Una vez existe un gran número de obreras, la reina comienza a disminuir su actividad en el exterior, manteniéndose dentro del nido. A principios de junio, cuando comúnmente se produce la reubicación y el cambio de nido (aproximadamente un 70%), se construye un nido secundario (*figura 4*) mucho más grande, del cual emergen entre

1000 y 1800 nuevas obreras; y en lugares más elevados, pudiendo llegar a medir más de un metro de alto en los meses de verano.

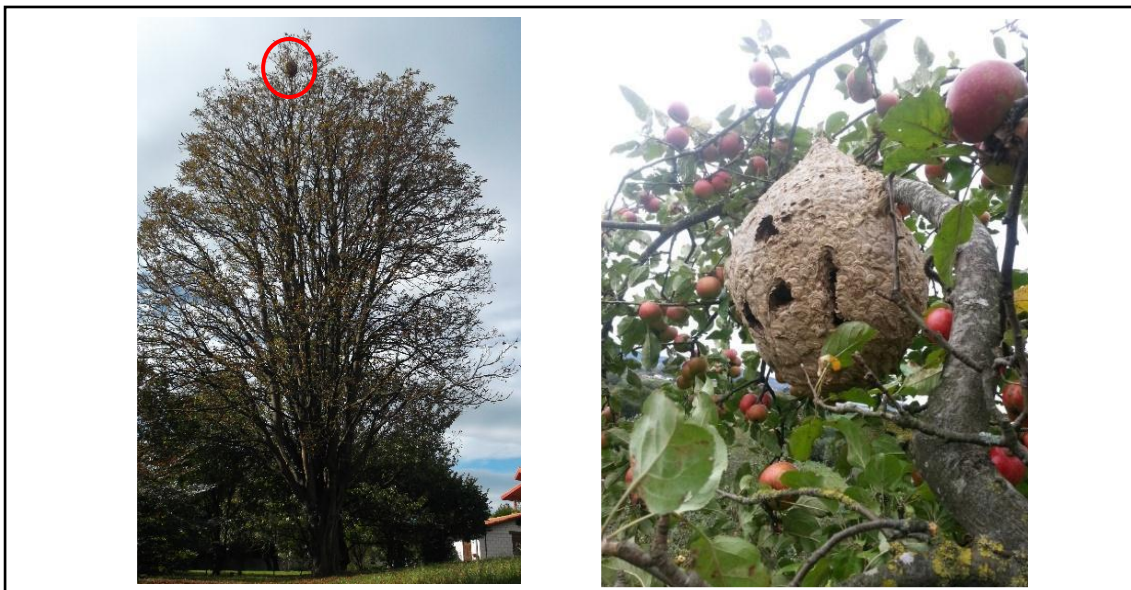


FIGURA 4: NIDOS SECUNDARIOS DE *V. VELUTINA* EN ZONAS ELEVADAS. FUENTE: (Galartza Garaialde, 2016)

En los meses de otoño, el nido alcanza su madurez, emergiendo la generación sexuada compuesta por las nuevas reinas y machos; anticipándose a la futura alta mortalidad nacen entre 200 y 500 nuevas hembras. Por último, en la antesala del invierno, la colonia disminuye enormemente su actividad generando la muerte de la reina, y de manera continuada se ocasiona la muerte de las obreras y los machos tras el periodo de cópula. Las futuras reinas, con su espermateca llena (órgano reproductivo que recibe y almacena el espermatozoide del zángano), inician el periodo de hibernación para originar así el proceso de dispersión de la colonia en la época primaveral (Galartza Garaialde, 2016; Peña y Puch Pérez, 2015).

1.2 Invasión y sus consecuencias

Así como es necesaria la presencia de agua para que la *Vespa velutina* lleve a cabo la construcción del nido, es muy importante considerar factores como el binomio humedad-agua y la temperatura para el desarrollo de esta especie. Si a tales condiciones se le suma la presencia de abejas, se origina un ecosistema muy propicio para la proliferación y el asentamiento de este insecto (Peña y Puch Pérez, 2015).

1.2.1 Introducción y asentamiento

La *Vespa velutina* es un insecto que actualmente ocupa grandes extensiones de Europa incluida España. Se cree que llegó en 2004 a Francia al encontrarse restos de un nido primario en uno de los contenedores de transporte de mercancías proveniente desde China, aunque otros autores afirman que pudo haber comenzado la colonización años antes, con tan solo unas cuantas de ellas. La entrada a la península no está clara, además de diferenciarse dos focos distintos (Monceau & Thiery, 2016; Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015)

Según *Villemant y col., 2011*, pueden originarse modelos que anticipen la expansión de la *V. velutina* en base a modelos climáticos y existencia de recursos. Es por esto que nos centramos en los datos aportados en el Anexo IV del modelo de riesgo de invasión en España de *Vespa velutina* existente en un informe del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del 2015.

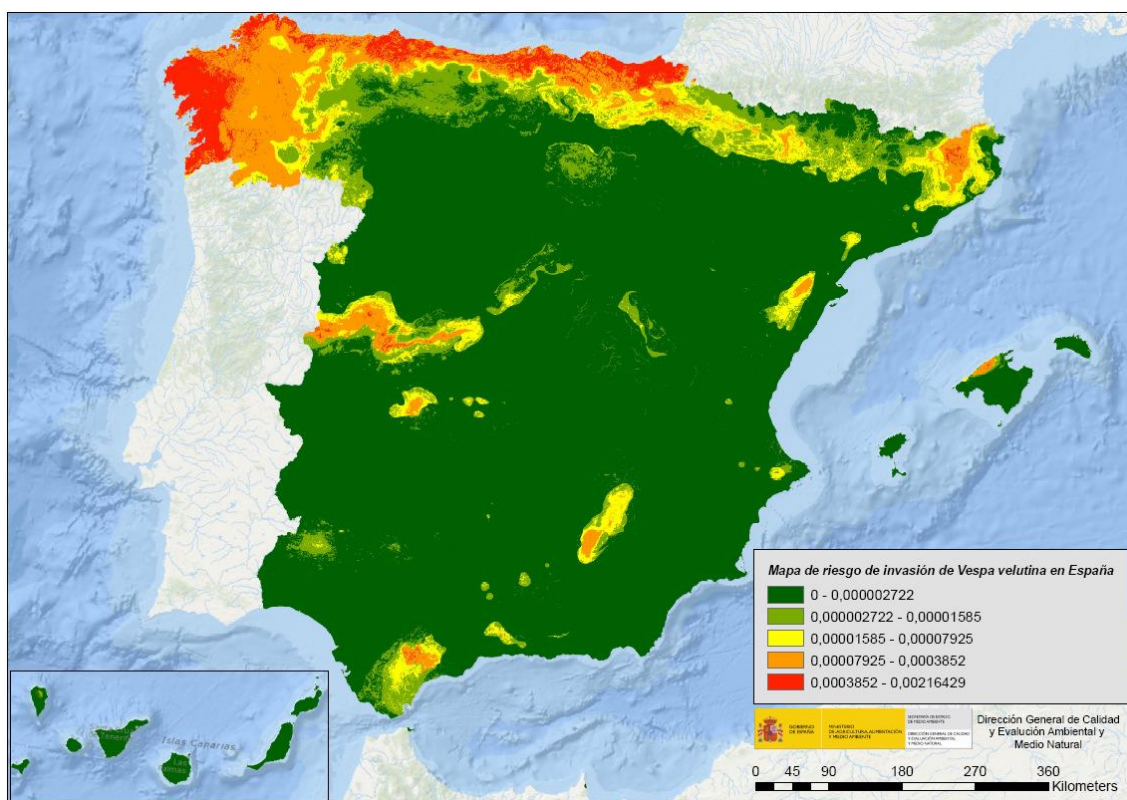


FIGURA 5: MAPA DE RIESGO DE INVASIÓN DE VESPA VELUTINA EN ESPAÑA. FUENTE: (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015)

En la *figura 5*, se muestran las zonas más propensas al asentamiento de *V. velutina*, considerando factores tan importantes como los ya mencionados anteriormente en relación a la temperatura, humedad y precipitaciones.

1.2.2 Impacto de la invasión *Vespa velutina*

Debido a la relativa reciente invasión, en Europa y latitudes semejantes, la *V. velutina* carece de depredadores naturales por el limitado contacto entre la avispa asiática y sus posibles enemigos. No obstante, es probable que varias especies de aves y mamíferos que se alimenten de himenópteros, como el tejón o el abejaruco, puedan llegar a ser depredadores potenciales.

La *Vespa velutina* debe satisfacer sus necesidades energéticas; para ello se alimentan en el caso de individuos adultos de líquidos azucarados junto con otras sustancias segregadas por las propias larvas de la colonia. Sin embargo, las larvas de esta, requieren un aporte de proteínas, y para ello el avispón debe cazar y transportar a la colonia diferentes insectos, que cubran tales necesidades energéticas. Es aquí donde comienza una de las mayores problemáticas que genera este insecto invasor, nombrado como “la peste de los apicultores” (Monceau y Thiery, 2016; Galartza Garaialde, 2016).

Los efectos generados por la *Vespa velutina* pueden ser clasificados en tres niveles diferentes. Desde el punto de vista ecológico, valorando el impacto que se genera hacia la biodiversidad; el impacto económico que engloba el daño a la apicultura y el malestar social, y por último, los posibles impactos para la salud.

- Impacto ecológico:

El avispón asiático lleva a cabo la acción depredadora ante colmenas y otros insectos. Esto conlleva un impacto directo hacia la entomofauna rápidamente reconocible; además de un efecto indirecto hacia la biodiversidad en la flora, puesto se está reduciendo la población polinizadora. Esto último, está relacionado con el estrés que la *Vespa velutina* genera en las colmenas de abejas (*Apis mellifera*); puesto esperan de espaldas al colmenar a que regresen las abejas recolectoras para atacarlas y que sirvan de aporte de proteínas a sus larvas. Tal acto, da lugar a que las abejas no abandonen la colmena y formen un muro de protección en la piquera como se muestra en la *figura 6*, lo que influye a que se reduzca el acopio de alimento por parte de las abejas, llegando a producir el colapso de estas en invierno.

Finalmente, recordar que además de los aspectos ecológicos ya mencionados, la *Vespa velutina* puede estar compitiendo con el avispón europeo autóctono, el cual se considera beneficioso para la agricultura pues ataca a insectos perniciosos; y aunque también cace abejas, no es tan eficaz ni dañino; ya que las *abejas melíferas europeas* no cuentan con una estrategia de defensa eficaz contra la *V. velutina*. Es, por tanto, que posiblemente la *Vespa crabro* se acabe viendo desplazada (Galartza Garaialde, 2016; Monceau y Thiery, 2016; Peña y Puch Pérez, 2015).



FIGURA 6: POSICIÓN QUE TOMA LA APIS MELLIFERA FRENTE AL ATAQUE DE V. VELUTINA.

FUENTE: (Galartza Garaialde, 2016)

○ Impacto socio-económico:

La apicultura ha estado sucesivamente expuesta a diversas amenazas, y con la llegada de la *V. velutina*, tal y como hemos visto, se origina un golpe adicional a esta industria, es más, varios autores señalan la clara relación existente entre el éxito de colonización de este insecto con la presencia de colmenas de abejas. En 2010, según la unión nacional de apicultores franceses, se calcula que aproximadamente un 30% de las colmenas en el sureste de Francia fueron destruidas. Es necesario considerar el tiempo y el dinero que los apicultores destinan a combatir la plaga mediante trampas, atrayentes o la reposición y alimentación de colmenas por falta de néctar, entre otros gastos.

Debemos contabilizar otros muchos daños que se generan por parte de este avispon, como sus efectos sobre la agricultura. Además de la incidencia remarcada sobre la polinización, muchos productos agrícolas, particularmente frutales cercanos a los nidos, como uvas o manzanas, son devorados según se muestra en la *figura 7*.



FIGURA 7: EJEMPLOS DE ATAQUE DE V. VELUTINA EN CULTIVOS FRUTALES

FUENTE: (Galartza Garaialde, 2016)

Por último, y desde el punto de vista ciudadano, se genera unos costes directos asumidos por las administraciones para el control de la especie, mediante la contratación de empresas privadas para la retirada y destrucción de nidos, puesto que en muchos lugares la contribución de los apicultores a este fin ya no es suficiente (Galartza Garaialde, 2016; Monceau y Thiery, 2016).

- Impacto sobre la salud:

El último nivel a considerar sobre la invasión de este insecto son los problemas sanitarios que pudiera ocasionar.

Como primer aporte, debemos mencionar que el avispon asiático es un insecto que puede realizar varias picaduras e inyectarte su veneno, al contrario que las abejas. A priori, la *Vespa velutina* no es más agresiva hacia las personas que otros himenópteros, sin embargo, esta especie tiende más que otras, a construir sus nidos en zonas donde hay población. Si tenemos en cuenta que reaccionan de forma violenta ante amenazas hacia su nido en distancias inferiores a cinco metros, de igual manera que la *V. crabro*, esto sí puede generar un peligro potencial.

Por último, mencionar que no son muy habituales los ataques, pero se debe tener especial cuidado ante las posibles acometidas en colectivo por parte de estas, ya que varias picaduras de velutina han provocado desde insuficiencias renales hasta neuralgias. Todo esto da lugar a que aumente el miedo a ambos avispones por igual, lo cual también llega a ser un problema, pues al igual que en nuestro país, países como Alemania o Bélgica consideran actualmente a la *Vespa crabro* como especie protegida (Monceau y Thiery, 2016; Peña & Puch Pérez, 2015; de Haro, y otros, 2010).

1.3 Medidas de control contra la Vespa velutina

Muchas técnicas se han usado para contener a véspidos invasores durante experiencias pasadas, además de los ya mencionados enemigos naturales. Sin embargo, hasta la fecha, no hay un método único del tipo *plug-and-play* que permita un control eficiente. A continuación, consideraremos algunas de las opciones más utilizadas actualmente para tal fin según Monceau y Thiery, 2016. Excluimos del presente trabajo la retirada de nidos, otras de las técnicas para el control llevadas a cabo, puesto que se alejan de nuestro interés.

1.3.1 Técnicas de trampeo

El trampeo es, probablemente, el método más usado contra el avispon invasor; en general es utilizado para disminuir la dramática depredación de *Apis mellifera* en las colmenas. (Monceau y Thiery, 2016)

Esta técnica trae consigo alguna que otra controversia, pues a priori no es un sistema del todo selectivo. En la *figura 8*, se muestra la trampa recomendada por la plataforma Stop Velutina de Asturias, siendo la más efectiva hasta el momento.

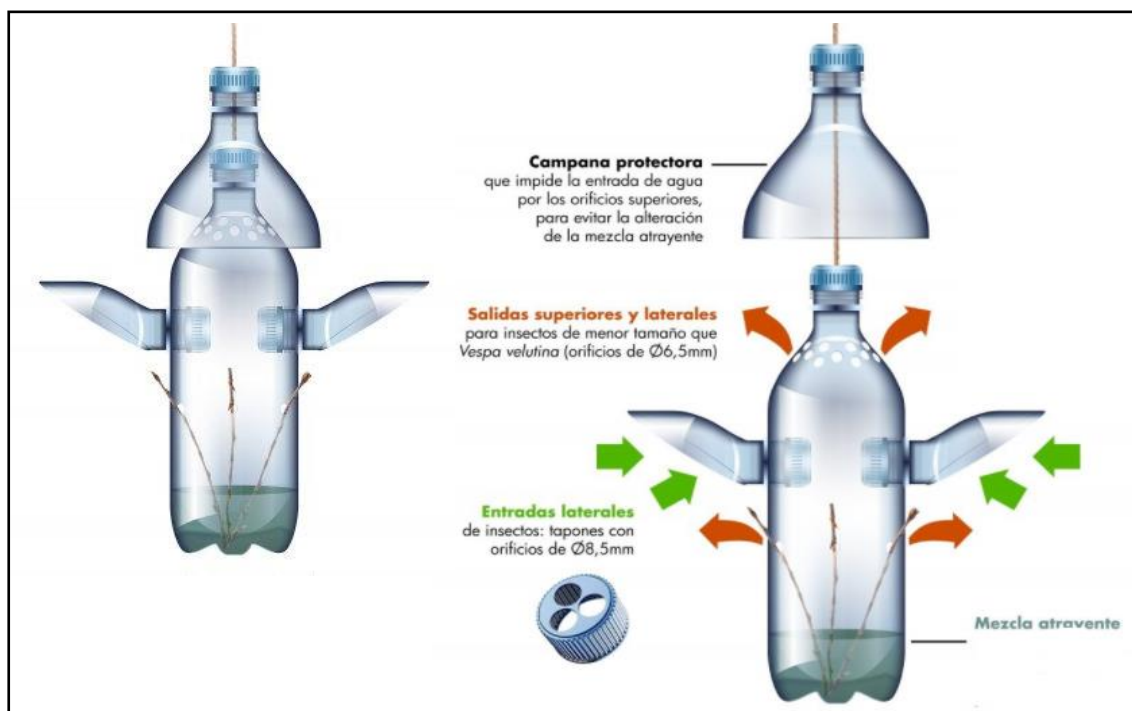


FIGURA 8: MODELO DE TRAMPA SELECTIVA PARA *V. VELUTINA* POR STOP VELUTINA ASTURIAS. FUENTE: (Plataforma Stop Velutina Asturias, 2017-2020)

1.3.2 Atrayentes químicos

Para aumentar el rendimiento de captura y la selectividad del método de trampeo hacia la *Vespa velutina*, pueden utilizarse diferentes atrayentes químicos.

Un ejemplo de los sustratos utilizados son los llamados atrayentes alimentarios, los cuales atraen a gran cantidad de la entomofauna local hacia la trampa. Como se exponen en la ya mencionada *Plataforma Stop Velutina Asturias*, pueden estar compuestos por agua, azúcar, levadura y restos de bebidas fermentadas entre otros aditivos; los cuales son utilizados comúnmente por los apicultores de la zona.

Por otra parte, debemos hacer mención a los atrayentes químicos específicos; los cuales, actualmente se encuentran en desarrollo como es el caso del uso de feromonas según Monceau y Thiery, 2016. Estos químicos pretenden un aumento de la selectividad en la captura, elevando los niveles de *V. velutina* en relación a otros tipos de insectos atrapados. Según estos estudios, podrían utilizarse aromáticos sintéticos como atrayentes sexuales; es el caso del acetato de citronelilo; obtenido a partir del citronelol y el ácido acético en presencia de ácido sulfúrico a 60°C durante 24h (Cappa, y col., 2019).

2. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

Debido a las condiciones climáticas y a la falta de enemigos naturales, además de las zonas mencionadas anteriormente, son muchas las áreas propicias que podrían ocuparse a corto plazo. Por tanto, y con el fin de anticiparse al desarrollo de esta creciente expansión, se debe tratar de frenar el crecimiento de la especie; y, minimizar los perjuicios que genera la *Vespa velutina* a nivel socio-económico, ecológico y sanitario (Monceau & Thiery, 2016; Villemant, y col., 2011)

Por consiguiente, se propone el diseño y optimización de una trampa mediante la tecnología 3D, que en conjunto con el empleo de un atrayente químico para esta especie; mejore la selectividad y ratios de captura de *Vespa velutina*, en comparación con trampas existentes actualmente. Para ello, será necesaria la implementación del modelo en colmenares asturianos, en los cuales se ha observado la gran afección acontecida por este avispon hacia la abeja de miel europea; y el bajo aporte, en base al control específico, que logran los medios existentes actualmente habiendo altos índices de capturas de otros ejemplares de la entomofauna local, como la *Vespa crabro* (Rolea Caragata y Viejo Montesinos, 2020; Grupo de Investigación para la protección de la biodiversidad, 2017).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente documento, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica que permitiese conocer en profundidad aspectos de la *Vespa velutina*. Además, se han obtenido datos experimentales en la provincia de Asturias durante el año 2020, mediante la observación del trampeo en zonas de colmenar.

3.1 Trampeo de *Vespa velutina*

3.1.1 Materiales y herramientas

Por ser objeto del presente trabajo, el modelo de trampa utilizado será desarrollado mediante tecnología 3D a través de fabricación aditiva. Para esto, se utilizará un tipo de impresora cartesiana, marca Anycubic y modelo *4MaxPro*; impresora que posibilita la impresión en tereftalato de polietileno (PET) entre otros materiales. Como programa de diseño se utilizó SolidWorks y Meshmixer; y como capeador para la impresión Simplify3D.

Respecto al atrayente específico fueron utilizados un conjunto de ésteres etílicos y metílicos, entre otros, presentes en larvas de las abejas; además de un atrayente

alimentario, constituido por 500 ml de agua, 200 g de azúcar y 5 gramos de levadura. La reposición de este último era semanal, y con tales componentes, se experimenta una fermentación alcohólica con la que el compuesto liberado mantiene alejadas a las abejas.

Como material de impresión se ha utilizado copoliéster de polietilentereftalato glicol más conocido como PETG, el cual, en comparación con el PET, posee mejores características de transparencia y cambios menores en relación a la resistencia o flexibilidad; con unas propiedades de impresión y resistencia química semejantes (Ramos Espinosa & Lombana Gómez, 2019; Rodríguez Tejonero, 2014).

3.1.2 Diseño y optimización de la trampa

El proceso de diseño y optimización de nuestra trampa para *Vespa velutina*, se ha llevado a cabo mediante una metodología iterativa. En esta, se han sucedido tres etapas diferenciadas de manera repetitiva, contrastándose los distintos resultados en la etapa final y regresando al inicio del bucle si no fueron satisfactorios.

La primera etapa llevada a cabo es la fase de diseño, en la cual se parte del modelo mencionado en “técnicas de trampeo”, referente al punto 1.3.1 del presente documento, para el diseño de un prototipo inicial. Posteriormente se realizan las modificaciones oportunas, en base al análisis de los resultados obtenidos en las experiencias realizadas in-situ, para satisfacer así las problemáticas acontecidas.

Como segunda etapa, contamos con la experiencia de campo mediante la colaboración de agentes externos, desarrollada en una pequeña población asturiana llamada Niao (43° 25' 52.9" N; 5° 25' 08.8" W). Lugar donde se lleva a cabo una lucha activa contra la *Vespa velutina* para proteger los colmenares de la zona. La experiencia de trampeo se desempeña mediante el uso de cinco de nuestros diseños, en los que en cuatro, se utiliza diferentes atrayentes químicos específicos para determinar la eficacia de cada uno en base al grado de selectividad y el ratio de capturas, en comparativa con un quinto en el que se ha utilizado únicamente el atrayente alimentario (Tabla 1). Por otra parte, y para proceder a un testeo contrastado entre el diseño y la trampa “casera”, existen asociadas otras cinco trampas del modelo propuesto por la plataforma Stop Velutina, las cuales utilizan únicamente atrayente alimentario. El periodo experimental abarca desde el 8 de agosto de 2020 hasta el 9 de septiembre de 2020, época que coincide con la finalización en la construcción de los nidos secundarios. Se realizaron

recuentos de capturas de *Vespa velutina*, *Vespa crabro* y avispa pequeña común; además de grabaciones en video del desarrollo del trampeo.



FIGURA 9: PROTOTIPO DE TRAMPA SELECTIVA PARA V. VELUTINA EN COLMENARES DE NIAO.

FUENTE: PROPIA

En la etapa final, se contrastan los resultados de trampeo obtenidos en las experiencias de campo, estudiando si el posicionamiento del atrayente específico en el diseño es efectivo según su relación con el atrayente alimentario, y observándose si este ha producido un aumento en las capturas. Además, en base a la mejora del prototipo, se realiza el visionado de las grabaciones durante partes del periodo de trampeo con el fin de obtener evidencias de como optimizar el diseño.

TABLA 1: NOMENCLATURA DEL PROTOTIPO Y ATRAYENTES UTILIZADO.

Nomenclatura del modelo	Atrayente químico específico asociado
T1.D	EAG volátiles
T2.D	Nonan-2-ona
T3.D (Control)	n/a
T4.D	Ésteres metílicos
T5.D	Ésteres etílicos

4. RESULTADOS.

4.1 Evolución del diseño del prototipo y su optimización.

Partiendo del modelo propuesto por *plataforma Stop-velutina*, pensamos en un diseño que combinara la estructura de esta, con algunos componentes indispensables como la posibilidad de poder introducir de forma separada el atrayente alimentario y el atrayente químico específico. Además, se presta especial atención a otros factores como el diámetro de aperturas en la entrada para el insecto, así como la protección ante las inclemencias meteorológicas.

4.1.1 Primer prototipo.

El primer prototipo realizado, se constituye mediante el ensamblaje de tres piezas diferenciadas. Una parte superior, como se muestra en la *figura 10*, cuya función es proteger de la lluvia, además de ser sujeción para el depósito de los diferentes atrayentes químicos. En la parte inferior existen cuatro salientes para lograr una unión por ajuste con la parte media del diseño.

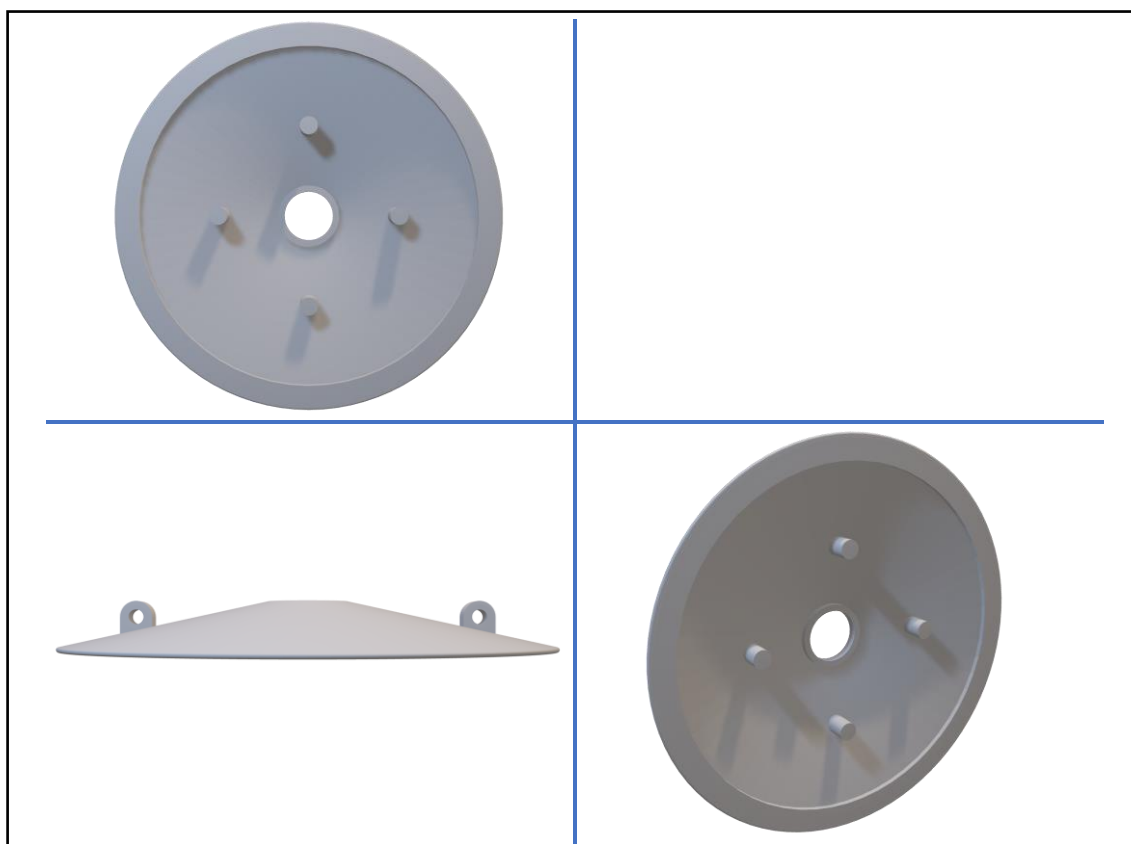


FIGURA 10: TRAMPA VESPA VELUTINA. PRIMER PROTOTIPO. PARTE SUPERIOR.

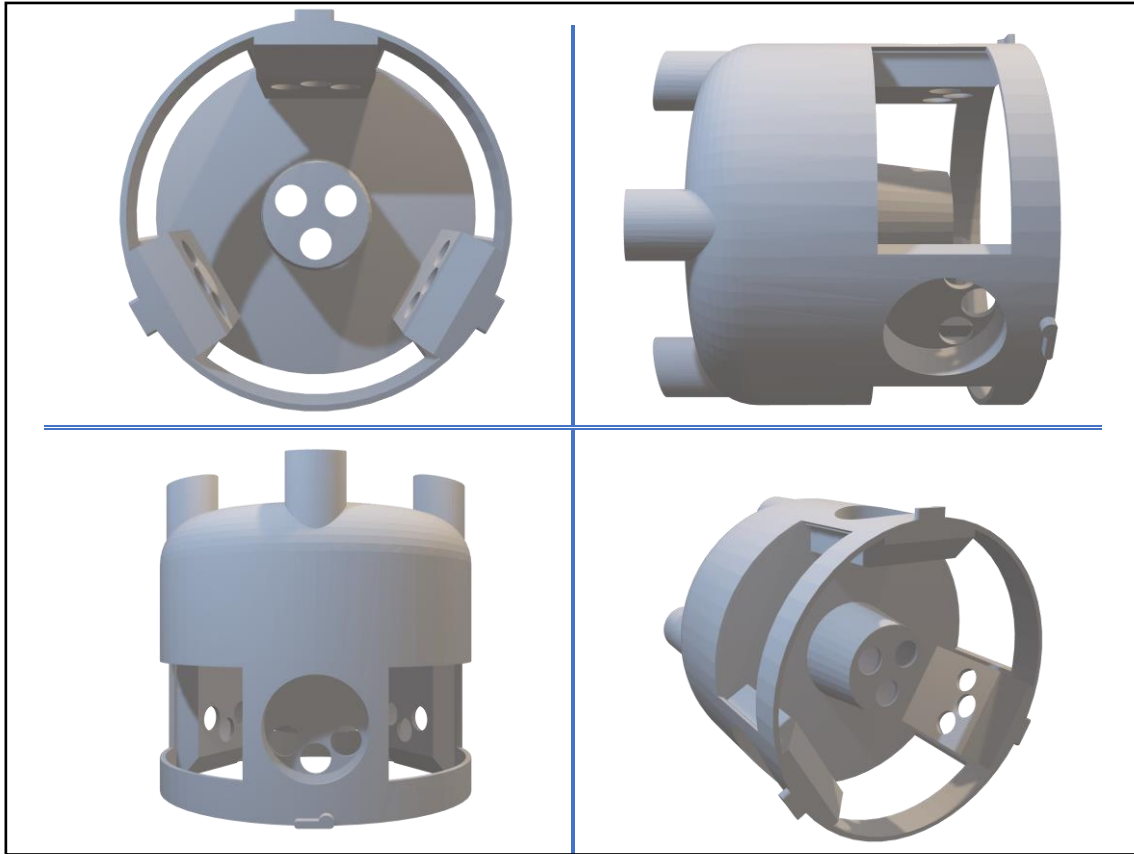


FIGURA 11: TRAMPA VESPA VELUTINA. PRIMER PROTOTIPO. PARTE INTERMEDIA.

En la figura 11 se muestra la parte intermedia. Esta contiene tres zonas de entrada laterales, con tres orificios de 8,5 mm de diámetro cada uno, medida destinada a limitar la entrada de insectos mayores a la Vespa Velutina. Además, en la parte superior de tal pieza se encuentra una entrada cónica, en la cual se situará el depósito con el atrayente químico específico. Las aperturas rectangulares serán cubiertas con papel acetato, para mejorar así la visibilidad del interior durante el periodo de prueba, por la imposibilidad de obtener una pieza transparente mediante la tecnología impresión 3D con PET. Por último, mencionar la disposición de tres acoples en la parte inferior, logrando una unión mecánica con la parte inferior del prototipo.

Para finalizar, en la figura 12 se presenta la parte inferior, la cual servirá de reserva del atrayente alimenticio. Esta posee dos aperturas circulares de 6 mm de diámetro, para posibilitar la salida de insectos de pequeño tamaño, y también un acople en la parte alta mediante giro con la pieza media.

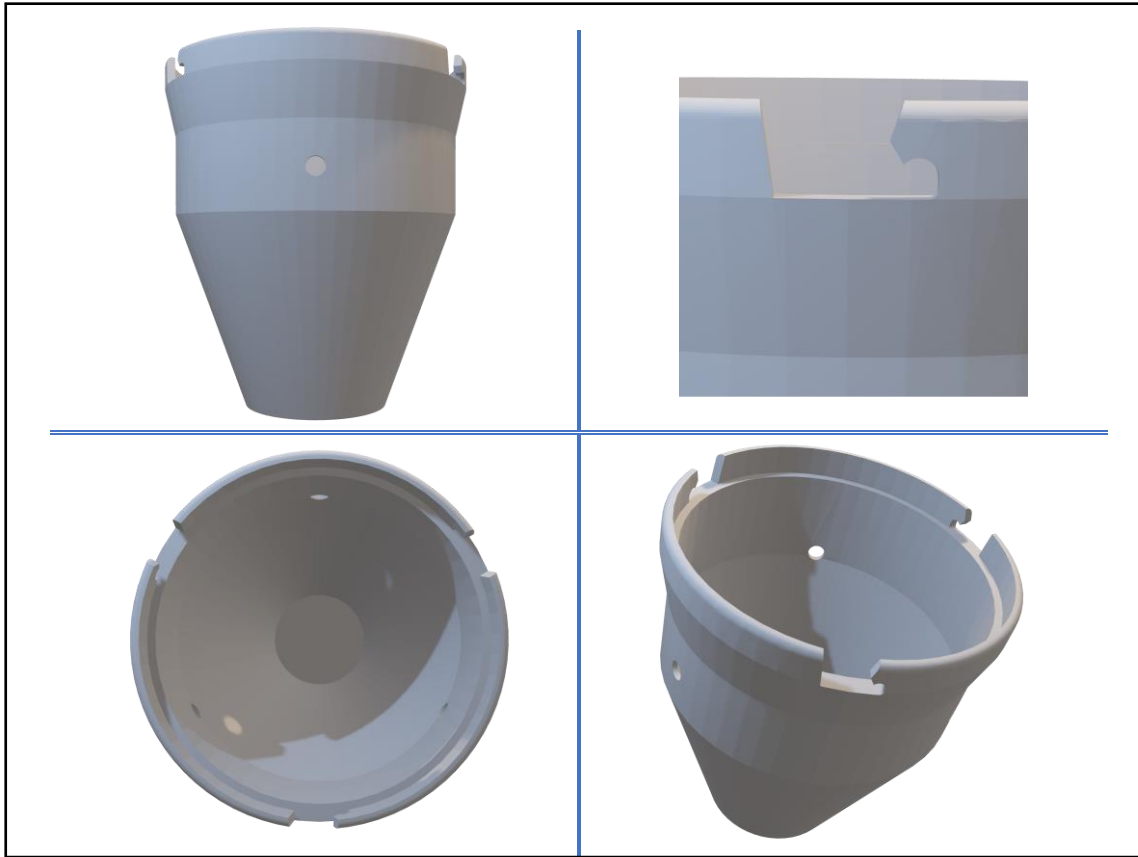


FIGURA 12: TRAMPA VESPA VELUTINA. PRIMER PROTOTIPO. PARTE INFERIOR.

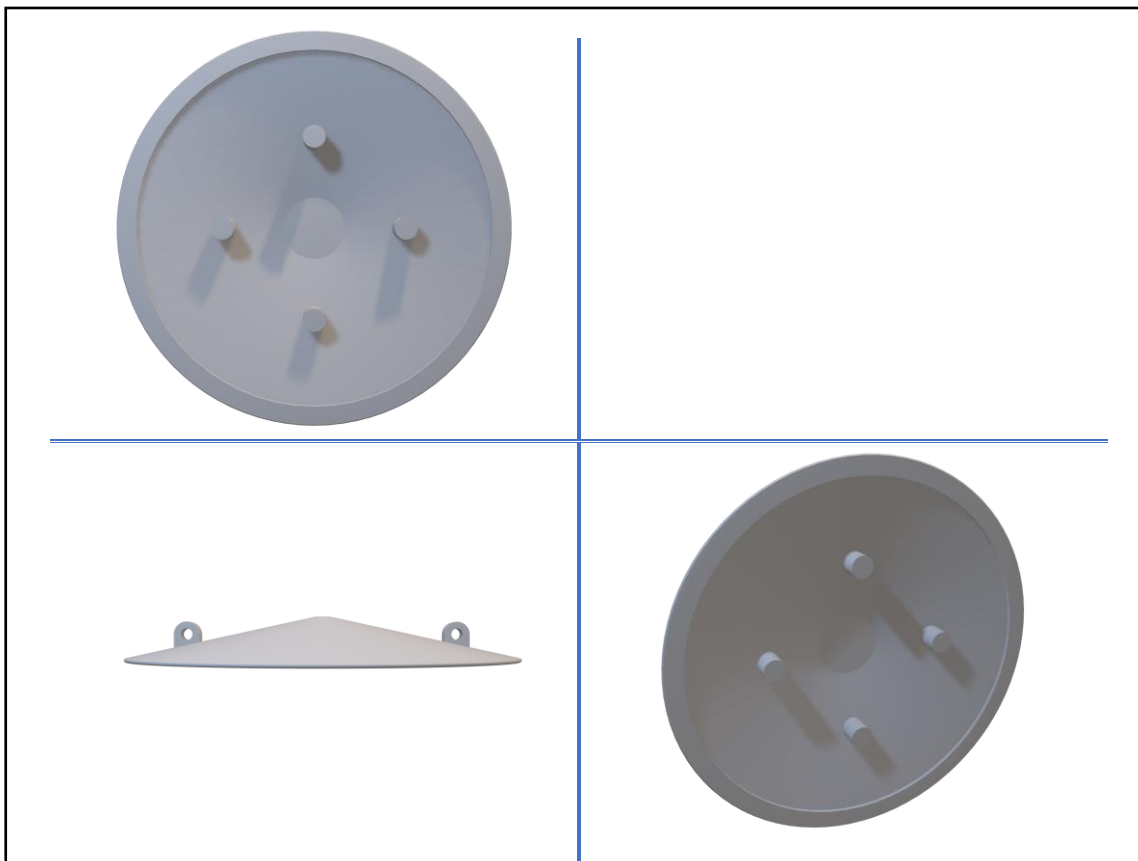


FIGURA 13: TRAMPA VESPA VELUTINA. SEGUNDO PROTOTIPO. PARTE SUPERIOR.

4.1.2 Segundo prototipo.

Para este segundo prototipo se realizaron diversas modificaciones tras el periodo de experimentación, con el objetivo de intentar satisfacer alguna que otra problemática acontecida, como, por ejemplo, la aparición de filtraciones exteriores, así como la nula entrada de *V. Velutina* a través de los orificios superiores, y sí por los laterales.

Respecto a la parte superior, tal y como se muestra en la figura 13, los cambios no son demasiado significativos. Únicamente se aumenta un 10% el diámetro de la pieza y eliminamos la apertura circular para el depósito del atrayente químico específico, pues se cree conveniente el cambio en el posicionamiento de este.

En relación a la parte intermedia del diseño se han realizado numerosos cambios; siendo el más importante el descarte del cono superior y la colocación, en su lugar, del depósito para el atrayente químico específico. Además, para mejorar la difusión de los componentes atractivos, se realizaron aperturas en el abovedado de la pieza con diámetros de 6 mm.

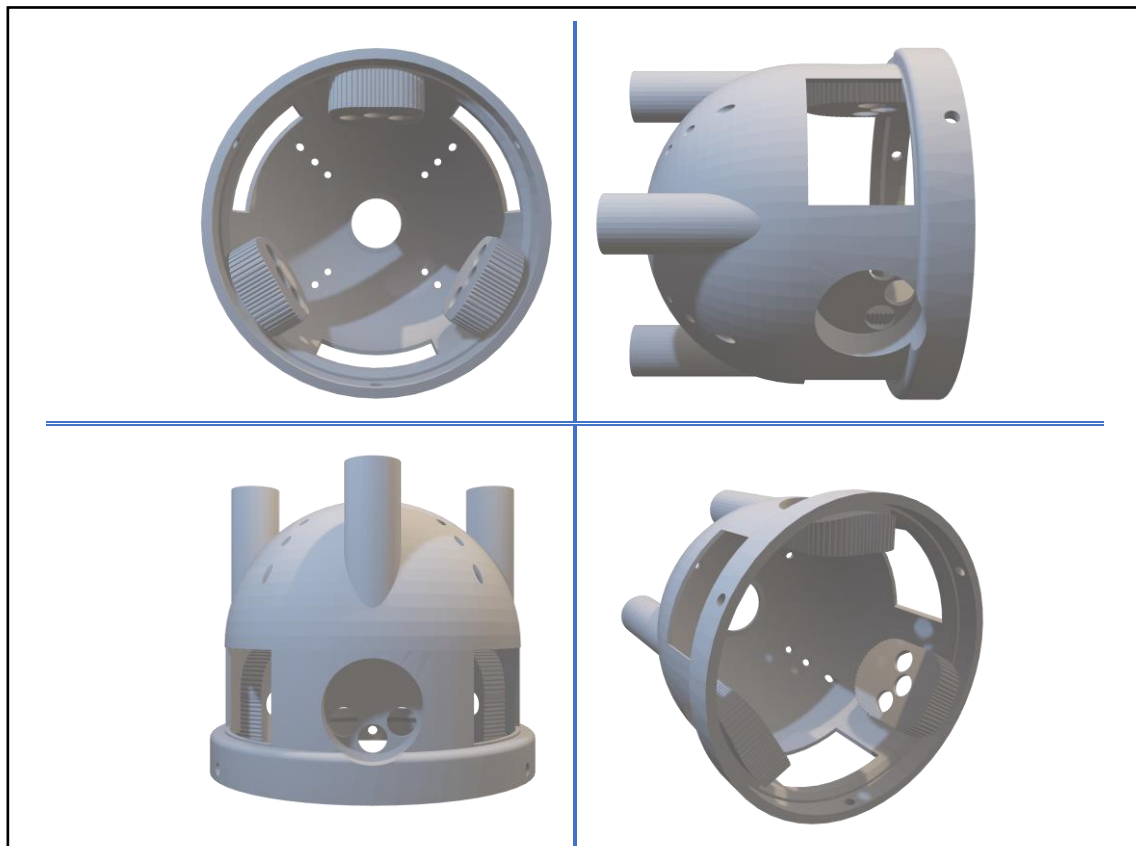


FIGURA 14: TRAMPA VESPA VELUTINA. SEGUNDO PROTOTIPO. PARTE INTERMEDIA.

Con el objetivo de limitar el escape de *Velutina*, se agregaron una serie de muescas en torno a las entradas; y también, se introdujeron modificaciones en la parte baja del prototipo. De esta manera, se reduce la probabilidad de entrada de agua de lluvia, y a su vez se simplifica el sistema de acople con la parte inferior, el cual pasa a ser mecánico mediante la inserción de tres tornillos cortos de M6.

La pieza inferior mostrada en la *figura 15*, no presenta apenas cambios relevantes, ya que se mantiene la forma de vasija que albergará el atrayente alimenticio, así como las aperturas para la salida de insectos pequeños. Aunque como se ha comentado, esta se modifica para que encaje interiormente en la fracción media del prototipo.

Mencionar, en relación a este segundo diseño, que no se ha llevado a cabo fase experimental; habiendo sido únicamente desarrollado para la mejora del primer modelo. Los resultados obtenidos en las pruebas de campo con el prototipo inicial fueron suficientes, y por tanto, únicamente nos hemos centrado en la corrección de las problemáticas acontecidas.

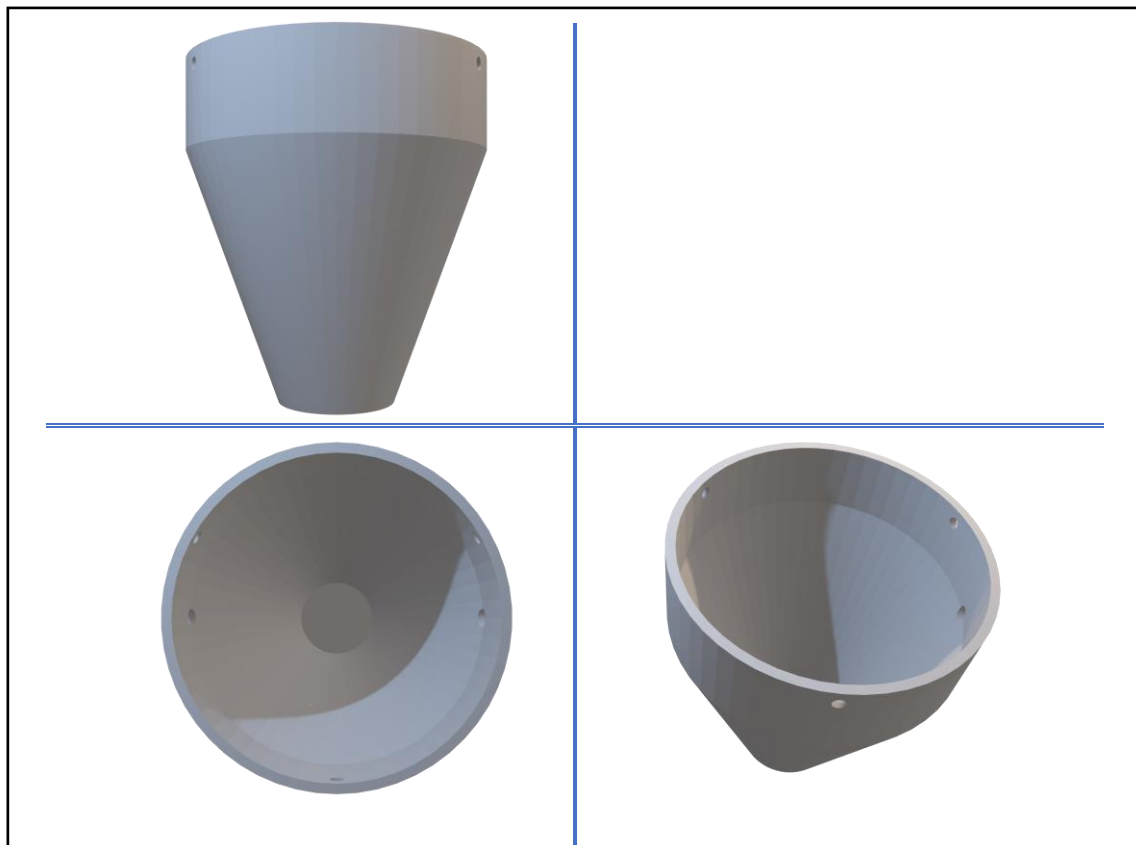


FIGURA 15: TRAMPA VESPA VELUTINA. SEGUNDO PROTOTIPO. PARTE INFERIOR.

4.2 Análisis de los resultados del trapeo de *Vespa velutina*.

Respecto a los resultados de campo del prototipo uno, en el trapeo llevado a cabo para *Vespa Velutina*, se expresa a continuación la caza acontecida por las diferentes trampas asociadas.

Es importante destacar, inicialmente, las capturas en conjunto de *Vespa velutina* para los diferentes modelos, tal y como mostramos en la *figura 16*, lo cual determina el punto de partida para el análisis de trapeo.

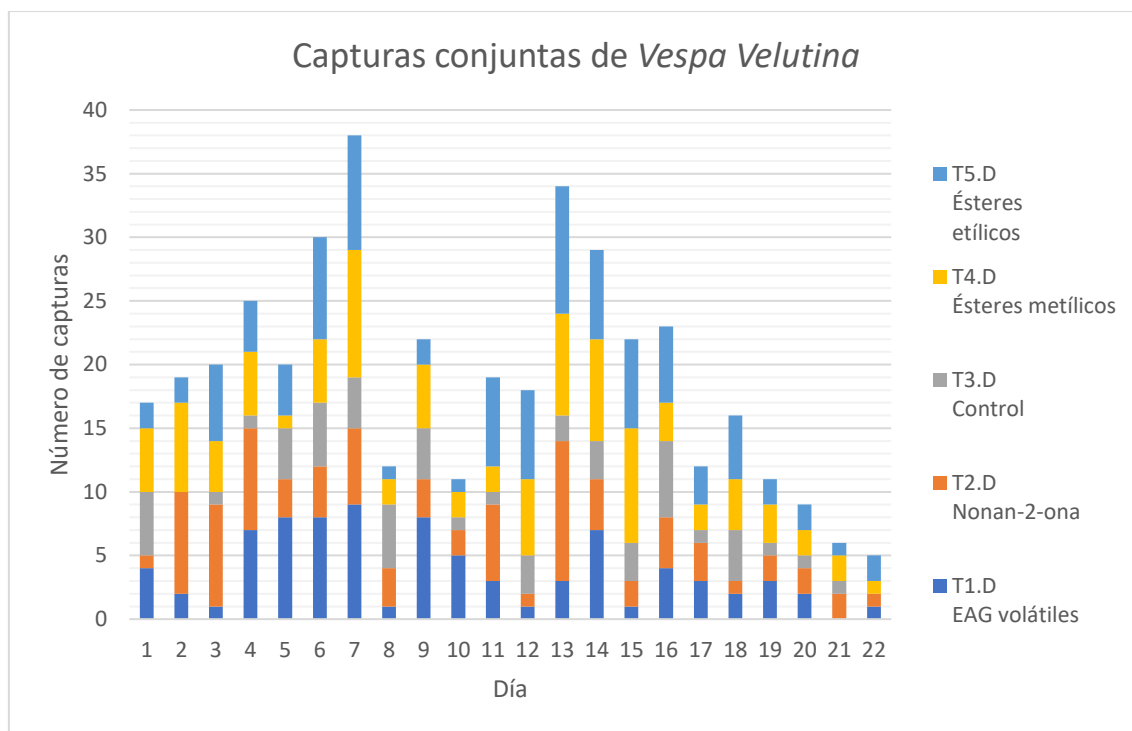


FIGURA 16: CONJUNTO DE CAPTURAS TOTALES DE *VESPA VELUTINA* CON PROTOTIPO.

En la figura 17 se muestra una gráfica comparativa de capturas según el atrayente, a partir de esta estudiaremos la importancia cualitativa de cada atrayente químico en las capturas respecto al control.

A continuación, desde la *figura 18* hasta la *figura 22*, se presentan las capturas totales de *Vespa Velutina* en los diferentes días, con referencia a las parejas de modelos utilizados (Diseño/Casera). Con estos datos, podremos estudiar en términos cuantitativos la ratio de capturas y, por tanto, como varía según la presencia de cada tipo de atrayente específico.

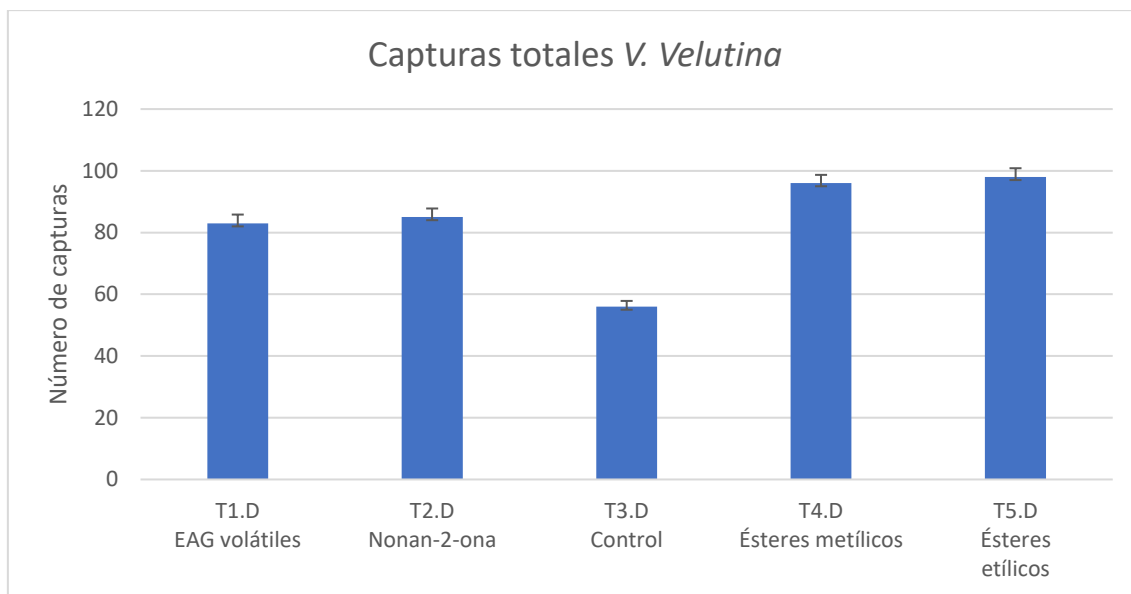


FIGURA 17: COMPARATIVA DE CAPTURAS DE VESPA VELUTINA SEGÚN EL ATRAYENTE QUÍMICO UTILIZADO.

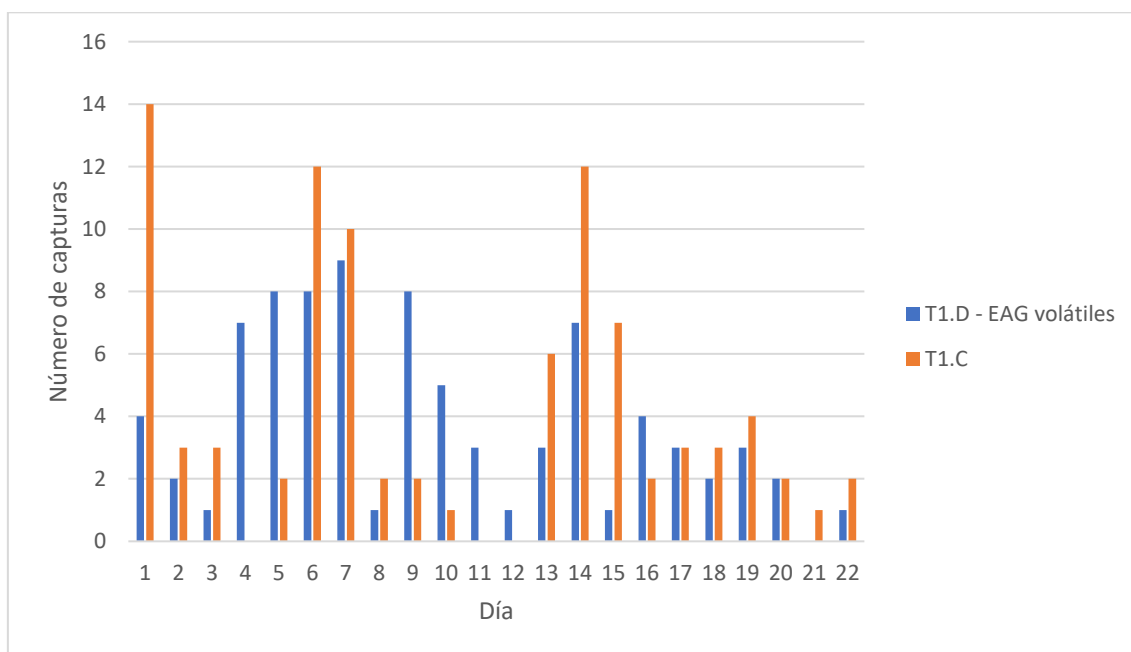


FIGURA 18: CAPTURAS DE *V. VELUTINA* ENTRE DISEÑO Y TRAMPA CASERA. MODELO 1.

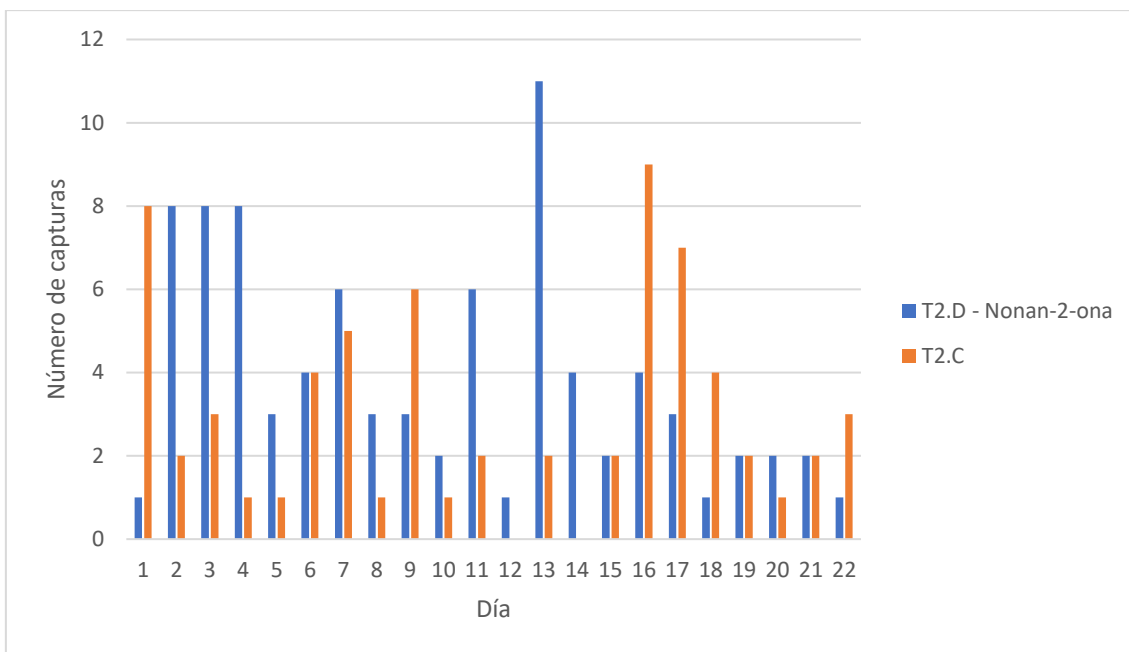


FIGURA 19: CAPTURAS DE *V. VELUTINA* ENTRE DISEÑO Y TRAMPA CASERA. MODELO 2.

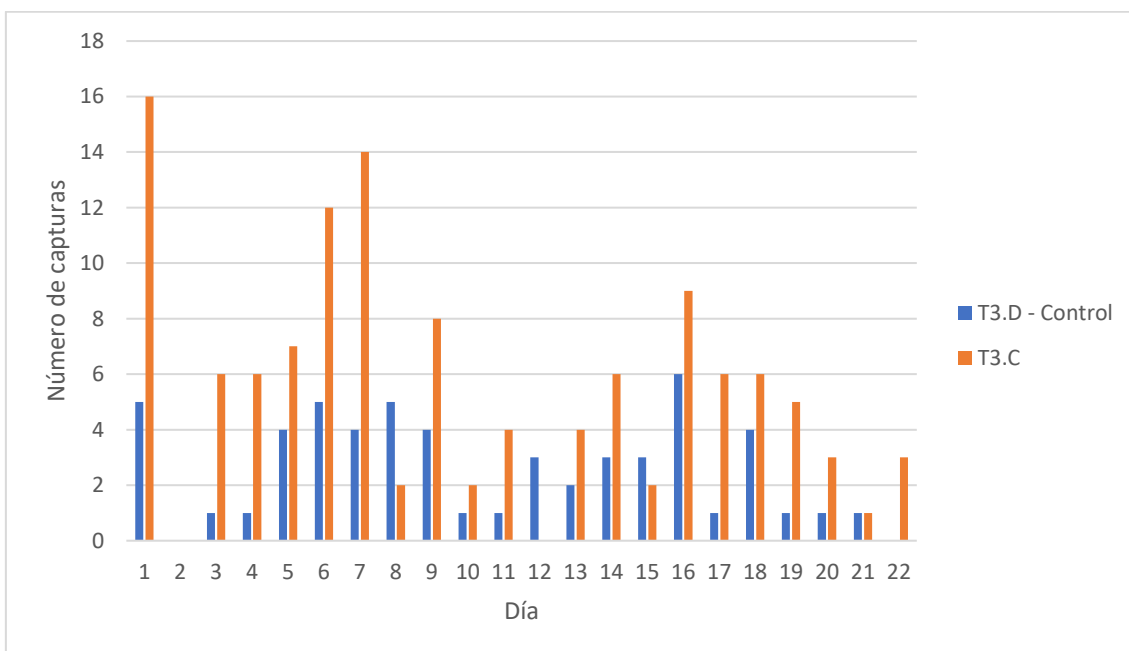


FIGURA 20: CAPTURAS DE *V. VELUTINA* ENTRE DISEÑO Y TRAMPA CASERA. MODELO 3 – CONTROL.

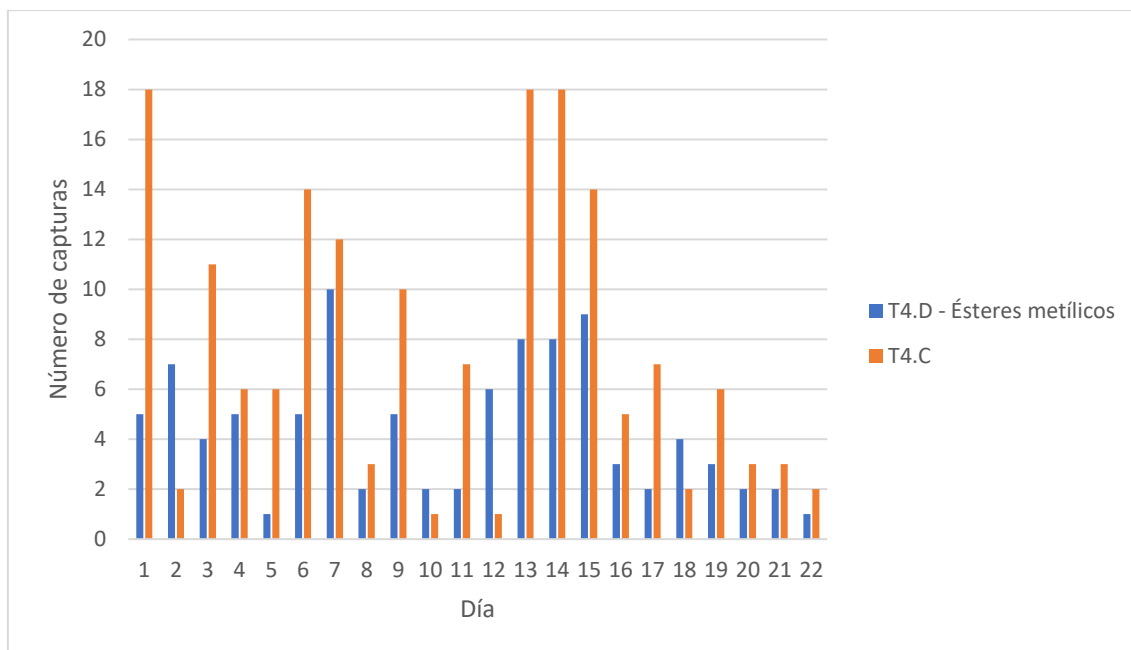


FIGURA 21: CAPTURAS DE V. VELUTINA ENTRE DISEÑO Y TRAMPA CASERA. MODELO 4.

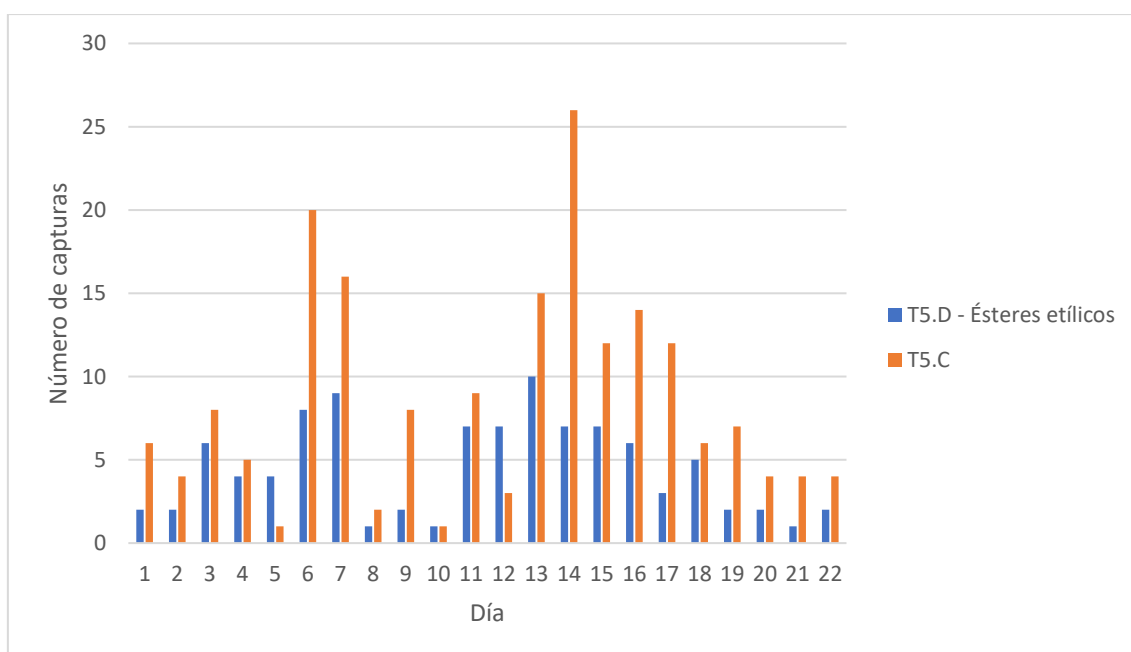


FIGURA 22: CAPTURAS DE V. VELUTINA ENTRE DISEÑO Y TRAMPA CASERA. MODELO 5.

En la experiencia de campo, se ha contabilizado la captura de *Vespa Crabro* y *Vespa Germanica* (avispa común), tanto en el trapeo con trampa casera como con el uso del diseño. A partir de los resultados que se muestran en las figuras 23 y 24, podremos determinar la especificidad de captura.

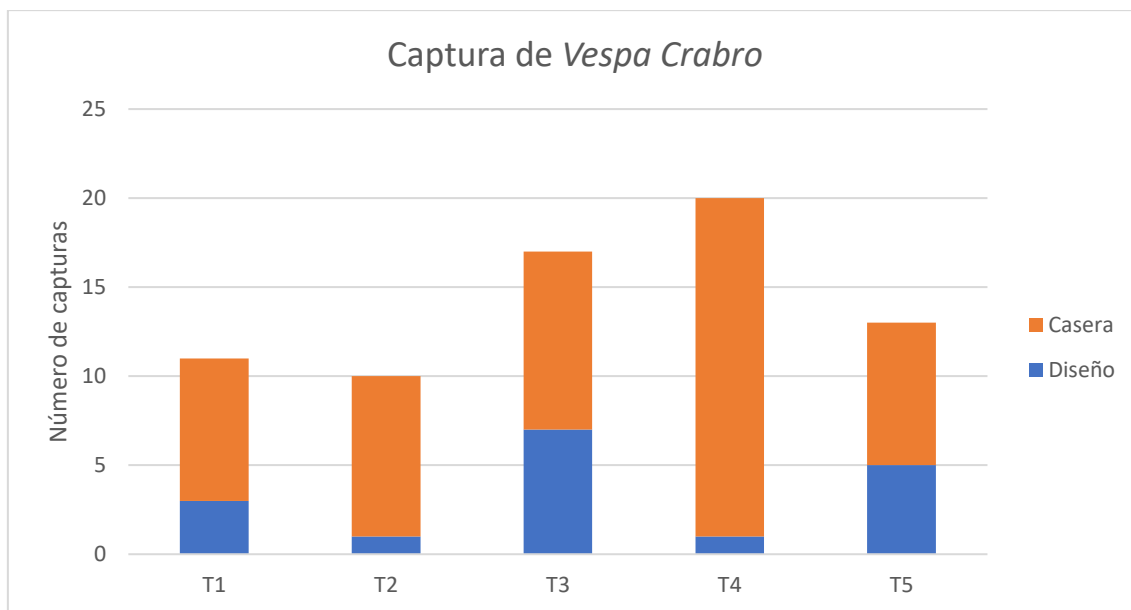


FIGURA 23: COMPARATIVA ENTRE DISEÑO Y TRAMPA CASERA EN LA CAPTURA TOTAL DE *VESPA CRABRO*.

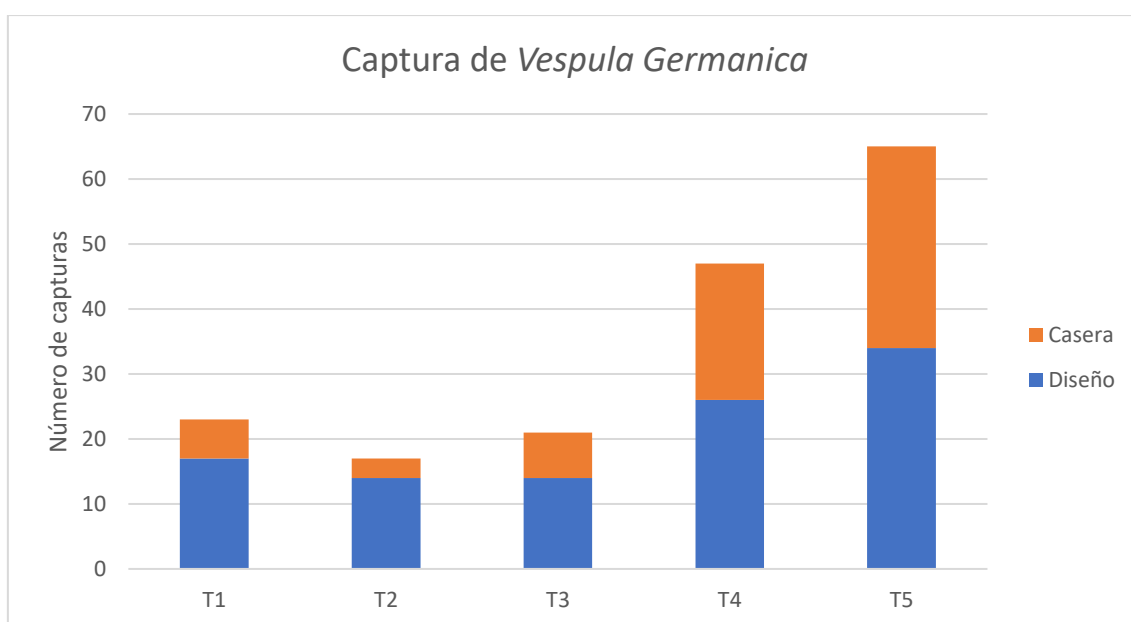


FIGURA 24: COMPARATIVA ENTRE DISEÑO Y TRAMPA CASERA EN LA CAPTURA TOTAL DE *VESPULA GERMANICA*.

5. DISCUSIÓN

Uno de los objetivos del presente trabajo, está relacionado con la mejora de la ratio de captura. En el registro mediante video en las diversas experiencias, se ha denotado que existe un escape superior del 60%, dado el recuento final del día en las diferentes trampas diseño. Aun así, tal y como se muestra en la *figura 16*, son numerosas las capturas, mostrándose entre los diferentes modelos una variación

significativa, en lo referente al número de capturas efectivas. Esta cuestión, nos invita a comenzar el análisis sobre la posible efectividad de los atrayentes químicos específicos. Del estudio de la *figura 17*, y aunque no sea totalmente representativo, se observa que todos los diseños que usan atrayente químico específico poseen un mayor número de capturas que el modelo control.

Independientemente del atrayente químico utilizado, existe un aumento significativo en la cantidad de capturas. De esta manera, nos encontramos en condiciones de proceder al estudio de la ratio, entre nuestro prototipo y la trampa casera, mediante la evaluación de las *figuras 18, 19, 20, 21 y 22*; y extrayendo la información recopilada en la *tabla 2*.

TABLA 2: COMPARATIVA ENTRE PORCENTAJES DE CAPTURAS DE *VESPA VELUTINA*.

	T1 - EAG Volátiles	T2 - Nonan- 2-ona	T3 - Control	T4Ésteres Metílicos	T5 - Ésteres Etílicos
<i>Casera</i>	91	66	122	169	187
<i>Diseño</i>	83	85	56	96	98
<i>Capturas Totales</i>	174	151	178	265	285
<i>Captura del diseño</i>	48%	56%	31%	36%	34%

Es importante establecer como eje central de la comparativa, los datos expresados en la columna intermedia (T3) de la *tabla 2*, la cual hace referencia al control. Los modelos T4.D y T5.D poseen ratios de capturas efectivas muy cercanos a este; sin embargo, se iguala o incluso se superan las capturas efectivas en comparación con la trampa casera en los modelos T1.D y T2.D respectivamente.

De tal forma, concluimos que en términos de efectividad en la capturan, los modelos más óptimos son los que usan como atrayente químico específico EAG volátiles o Nonan-2-ona, tal y como se muestra en la *figura 25*. Aún así, no debemos olvidar el elevado nivel de fugas originado por la opacidad del material tras la impresión, hecho que únicamente subsanaríamos en el momento que el prototipo fuera fabricado mediante un proceso de inyección. Esto, abre la puerta al desarrollo de un nuevo prototipo para su fabricación por este distinto método de fabricación; aunque basándonos en tales resultados decidimos proponer cambios y generar el prototipo dos, el cual es mencionado en el punto 4.1.2.

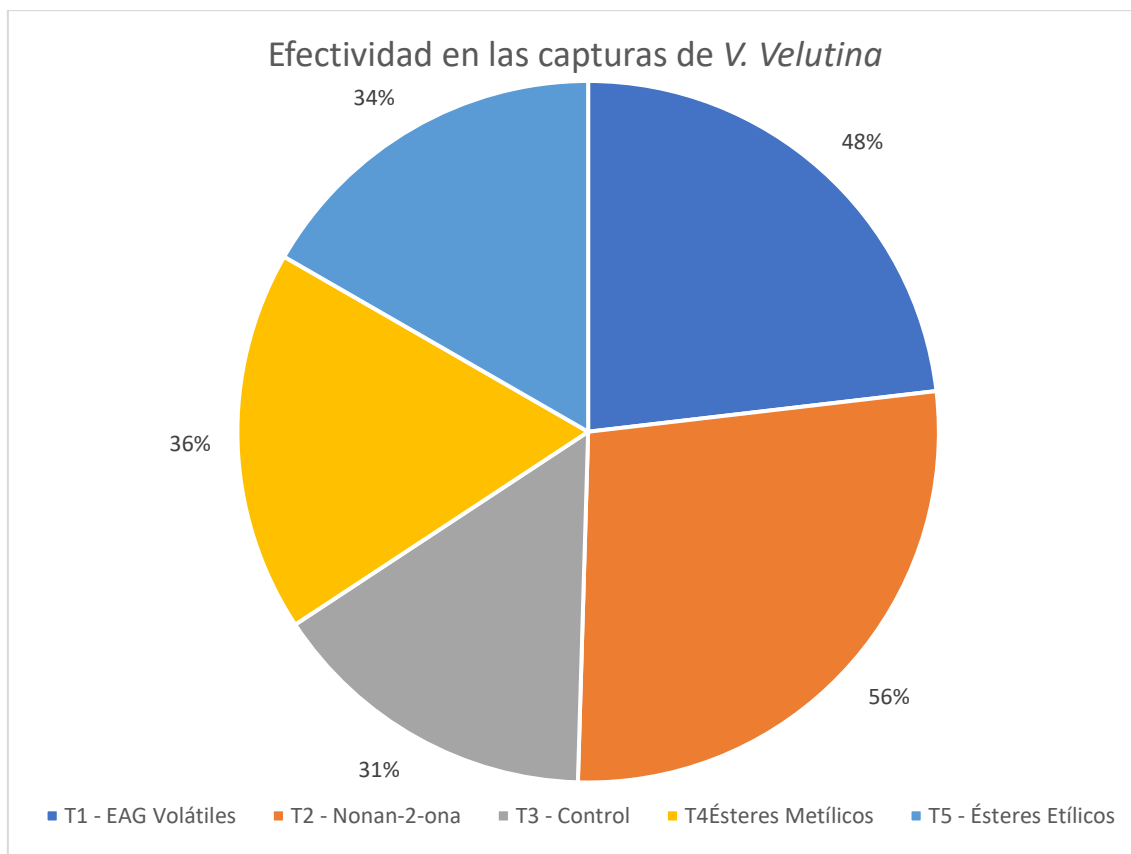


FIGURA 25: MUESTRA DE LA EFECTIVIDAD DE CAPTURA DE *V. VELUTINA*.

Otro de los objetivos versaba sobre la especificidad del trampeo con nuestro primer prototipo; hecho que estudiamos mediante las *tablas 3 y 4*, extraídas de los datos presentes en las *figuras 23 y 24*.

TABLA 3: CAPTURAS DE *VESPA CRABRO*.

<i>Crabro</i>	Diseño	Casera	Capturas por diseño
T1	3	8	27%
T2	1	9	10%
T3	7	10	41%
T4	1	19	5%
T5	5	8	38%

En relación a la *Vespa Crabro*, especie protegida de la entomofauna local, es útil remarcar como no solo se produce una disminución de la captura por el uso del diseño como obtenemos representado en el modelo de control; sino que los atrayentes químicos específicos influyen significativamente en la reducción de la captura de estas; destacando el uso de Nonan-2-ona y ésteres metílicos, cuyos niveles de especificidad son muy interesantes, al capturar un 90% menos de *V. Crabro* que la trampa casera.

TABLA 4: CAPTURAS DE *VESPULA GERMANICA*.

<i>Germanica</i>	Diseño	Casera	Capturas por diseño
T1	17	6	74%
T2	14	3	82%
T3	14	7	67%
T4	26	21	55%
T5	34	31	52%

Con respecto a la avispa común (*Vespula Germanica*), los niveles de captura son generalmente muy superiores; sin embargo, debemos destacar que no es una especie protegida debido a la abundancia con la que se encuentra, asumiéndose como un efecto colateral. Aún así, remarcamos que se mantiene una correlación entre el atrayente y el número de capturas únicamente para los compuestos EAG-volátiles y Nonan-2-ona, capturando cerca del 80% de esta en comparación con la trampa casera; el resto no presenta diferencias significativas encontrándose muy cercano al modelo de control.

6. CONCLUSIONES

Tras el diseño del prototipo, su aplicación en campo y el análisis de los resultados obtenidos; se ha llegado a determinar el gran potencial de este. A pesar de producirse la fuga de aproximadamente el 60% de la *Vespa Velutina* atrapada, queda patente lo crucial que es la existencia de zonas para compuestos volátiles en el modelo, así como la conveniencia de buenas características en la emisión de estos. En términos del desarrollo tecnológico, es conveniente prestar atención a las posibles entradas de agua de lluvia en el modelo, así como otros efectos ambientales, que ya se han solventado en el prototipo dos.

En referencia a los compuestos volátiles utilizados como atrayentes específicos, mencionar la sinergia mostrada en conjunto con el prototipo. Conseguimos para casos, como el Nonan-2-ona, una captura considerable de *Velutina* además de la disminución significativa en la captación de *Vespa Crabro*. Sin embargo, también otros compuestos utilizados denotan una influencia positiva en la captura, como por ejemplo los EAG-volátiles, aunque no de forma tan significativa.

Considerando los anteriores aspectos, esto puede ser objeto y punto de partida para el desarrollo de un modelo mediante la tecnología de inyección. De tal forma que este nuevo modelo aúne todas las ventajas mencionadas, además de reducir enormemente la salida de este avispon al exterior, pues se conseguiría la transparencia de las paredes; efecto inalcanzable para la tecnología de impresión 3D.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Cappa, F., Cini, A., Pepiciello, I., Petrocelli, I., Inghilesi, A., Anfora, G., Cervo, R. (2019). Female volatiles as sex attractants in the invasive population of *Vespa velutina nigrithorax*. *Elsevier-Journal of Insect Physiology*, 119.
- de Haro, L., Labadie, M., Chanseau, P., Cabot, C., Blanc-Brisset, I., Penouil, F., y National coordination committee for Toxicovigilance. (2010). Toxicon - Medical consequences of the Asian black hornet (*Vespa velutina*) invasion in Southwestern France. *Elsevier*, 650-652.
- Galartza Garaialde, E. (2016). *Manual para la gestión de la Avispa asiática (Vespa velutina)*. Vitoria-Gasteiz: Gobierno Vasco. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial.
- Grupo de Investigación para la protección de la biodiversidad. (2017). *Informe de resultados de trampeo de avispa asiática (vespa velutina nigrithorax)*. A Coruña: Grupo Quimera.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). *Estrategia de gestión, control y posible erradicación del avispón asiático o avispa negra en España*. Madrid: Gobierno de España.
- Monceau, K., y Thiery, D. (2016). *Vespa velutina: Current situation and perspectives. Avversità delle api e nuove minacce da insetti alieni per l'apicoltura italiana: Aethina tumida e vespa velutina* (págs. 137-142). Firenze: Atti Academia Nazionale Italiana di Entomologia.
- Peña, S., y Puch Pérez, R. (2015). *Estrategia de gestión de la plaga de Vespa velutina en las merindades*. Villarcayo: Ayto. De Villarcayo de Merindad de Castilla la Vieja.
- Plataforma Stop Velutina Asturias. (2017-2020). ¿Cómo actuar? Trampeo. *StopVelutina*. Link: <https://stopvelutina.es/como-actuar/trampeo/>. Recuperado el 18/05/2020.
- Ramos Espinosa, G., & Lombana Gómez, G. A. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de extrusión de filamento para impresora 3D a partir de botellas recicladas*. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Rodríguez Tejonero, M. I. (2014). *Material de acondicionamiento primario de medicamentos*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Rolea Caragata, C., y Viiejo Montesinos, J. (2020). Datos ambientales preliminares del avispón asiático en Asturias, España. *Boletín de la Real Sociedad española de Historia Natural*, 114, 19-35.

- Villemant, C., Barbet-Massin, M., Perrard, A., Muller, F., Gargominy, O., Jiguet, F., y Rome, Q. (2011). Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrithorax* across Europe and other continents whit niche models. *ELSEVIER-Biological Conservation* (144), 2142-2150.