



## Trabajo Fin de Grado

**Titulación: Grado en Ciencias Ambientales**

Geolocalización de palmeras (*Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud y *P. dactilifera* L.) y seguimiento de la plaga del picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) en Zaragoza y alrededores.

Geolocation of palm trees (*Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud and *P. dactilifera* L.) and monitoring of the red weevil pest (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) in Zaragoza and surroundings areas.

Autor

**DAVID GASIÓN SANCHO**

Directores

Juan Barriuso Vargas  
Jesús Guerrero Iturbe

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Año 2021



## Agradecimientos.

Querría expresar mi reconocimiento y agradecimiento a todas aquellas personas y entidades que en mayor o menor medida han contribuido en la realización de este Trabajo Fin de Grado.

En primer lugar, mi más sincero agradecimiento al Ayuntamiento de Zaragoza y a la Universidad de Zaragoza por brindarme la oportunidad de realizar prácticas tanto curriculares como extracurriculares, permitiéndome así realizar las tareas de trabajo de campo necesarias para la elaboración de este TFG, y colaborar en la Cátedra Bosques Urbanos de la Universidad de Zaragoza.

En segundo lugar, a los técnicos del Ayuntamiento de Zaragoza Ana, Ángel y Fernando, así como al técnico del Ayuntamiento de Cuarte Carlos, por brindarme su ayuda, colaboración y entera disponibilidad para realizar los seguimientos de muestreos en campo, tarea imprescindible para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradecer a mis directores Juan Barriuso Vargas y Jesús Guerrero Iturbe, por todos sus conocimientos, esfuerzos y dedicación que me han prestado en este proceso de aprendizaje.

## Resumen

*Phoenix canariensis*, y *P. dactylifera* son dos especies de palmeras arecáceas con un gran valor ornamental, encontrándose tanto en jardines particulares como formando parte del paisaje urbano en las ciudades.

Estas palmeras se han visto afectadas por un insecto de origen tropical, muy dañino y causante de la muerte de ejemplares en todo el arco mediterráneo y concretamente en nuestro país. Se trata de *Rhynchophorus ferrugineus*, un coleóptero curculiónido, conocido comúnmente como picudo rojo de la palmera que llegó a España debido a la importación de palmeras sin un debido control fitosanitario.

El Ayuntamiento de Zaragoza contaba con la necesidad de elaborar una estrategia de control integral en la ciudad que hiciese frente a la plaga, por lo que se elaboró este trabajo. Resultaba imprescindible conocer la cantidad y localización del total de ejemplares del género *Phoenix* que alberga el término municipal y alrededores, por lo que se geolocalizaron a partir de ortofotos PNOA. Posteriormente se diseñaron 5 anillos perimetrales que englobasen los principales grupos de palmeras. Finalmente, se desplegó una red de trampeo de la plaga con el propósito de reducir la población del insecto y conocer su periodo de actividad en la zona de estudio.

Los resultados mostraron un total de 4.847 individuos del género *Phoenix* geolocalizados a partir del método utilizado cuya validación en cinco parques públicos, demostró una eficacia del 100 % en la detección de palmeras pertenecientes al género, y del 89,3 % localizando la totalidad de ejemplares existentes en la actualidad. En cuanto al trampeo que se realizó, se logró un total de 3.435 capturas y se comprobó el vuelo del insecto durante todo el ciclo biológico del mismo durante un año.

## Palabras clave

Feromonas, kairomonas, Coleoptera Curculionidae, ortofoto, trampeo masivo, paisaje urbano.

## **Abstract**

*Phoenix canariensis* and *Phoenix dactylifera* are two species of palm trees with a great ornamental value. There are usually grown in particular backyards or public parks inside the cities. Unfortunately, the appearance of an invasive and very damaging tropical insect is causing the death of many specimens around all the Mediterranean Arc including Spain. The insect is called *Rhynchophorus ferrugineus*, a curculionidae coleopterous known as red palm weevil that came to Spain from imported palm trees.

The main aim of this project is to design a complete and efficient strategy to control the dissemination of the red palm weevil in the city of Zaragoza. In order to know the number and location of all the *Phoenix* specimens, these were geolocalized using high resolution orthoimages from the PNOA project. In addition, 5 annular traps were installed with the aim of reducing the population of the plague and understanding its activity periods throughout a whole year.

A total of 4.847 *Phoenix* trees were geolocalized and the mapping methodology that was validated in five public parks, showed an accuracy of 100 and 89.3 % for *phoenix* detection and locating the totality of specimens, respectively. The traps captured 3.435 coleoptera specimens during the monitoring period and evidenced its activity throughout the entire year.

## **Key words**

Pheromones, kairomones, Coleoptera Curculionidae, orthophoto, mass trapping, urban landscape.

## ÍNDICE

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | INTRODUCCIÓN .....   | 7  |
| 1.1. | Justificación y antecedentes .....                                     | 7  |
| 1.2. | El picudo rojo, <i>Rhynchophorus ferrugineus</i> (Olivier, 1790).....  | 9  |
| ■    | Taxonomía.....   | 9  |
| ■    | Origen y distribución de la plaga .....                                | 10 |
| ■    | Descripción morfológica y ciclo biológico.....                         | 12 |
| 1.3. | Las palmeras: <i>Phoenix canariensis</i> y <i>P. dactylifera</i> ..... | 16 |
| 1.4. | Síntomas y daños .....   | 19 |
| 1.5. | Medidas de control .....   | 22 |
| 2.   | OBJETIVOS .....  | 27 |
| 3.   | MATERIAL Y MÉTODOS .....   | 28 |
| 3.1. | Descripción del área de estudio .....                                  | 28 |
| 3.2. | Geolocalización de ejemplares <i>Phoenix</i> .....                     | 29 |
| ■    | Validación del método.....   | 30 |
| 3.3. | Diseño de anillos perimetrales y red de trámpeo .....                  | 32 |
| 3.4. | Trámpeo .....  | 35 |
| ■    | Muestreos y capturas .....   | 35 |
| ■    | Modelo densidad de vuelo.....  | 37 |
| ■    | Feromonas y kairomonas.....  | 37 |
| 3.5. | Tratamiento de datos y análisis estadístico .....                      | 38 |
| 4.   | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 39 |
| 4.1. | Geolocalización de ejemplares <i>Phoenix</i> .....                     | 39 |
| ■    | Eficacia del método .....  | 42 |
| ■    | Ventajas y limitaciones del método .....                               | 43 |
| 4.2. | Anillos perimetrales y red de trámpeo .....                            | 44 |
| 4.3. | Captura de ejemplares .....  | 48 |
| ■    | Modelo densidad de vuelo.....  | 58 |
| 4.4. | Ánalysis estadístico .....   | 60 |
| 5.   | CONCLUSIONES .....   | 69 |
| 6.   | BIBLIOGRAFÍA .....   | 70 |
| 7.   | ANEXOS .....   | 75 |

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Justificación y antecedentes

Las palmeras en España son árboles que todos estamos acostumbrados a ver tanto en el paisaje urbano como en nuestros jardines privados, incluso sin pensar en los grandes palmerales que existen en las Islas Canarias y en la península, ya que son muy utilizadas para decorar calles, avenidas, parques y jardines de cualquier ciudad.

De entre casi 3.000 especies que contiene la familia Arecaceae, a la que pertenecen las palmeras, las del género *Phoenix* son muy utilizadas en jardinería. En concreto, dos especies tienen un gran valor ornamental, *Phoenix canariensis*, endémica de las Islas Canarias y *P. dactylifera*, originaria del suroeste de Asia o norte de África (Dolores, 2013; Sánchez, 2020).

A lo largo de los últimos 20 o 25 años, se han visto afectadas por una plaga causada por el picudo rojo de la palmera *Rhynchophorus ferrugineus*, un coleóptero de la familia Curculionidae muy dañino y causante de la muerte de un gran número de ejemplares en toda España. Se trata de un insecto de origen tropical, originario del Sureste Asiático y Polinesia que ha visto favorecida su expansión hacia países europeos por la importación de palmeras ornamentales, principalmente procedentes de Egipto, sin contar con el debido control fitosanitario (Barranco et al. 1995, 1996a).

En España se detectó por primera vez en Motril y Almuñécar (Granada) en el año 1993 (Barranco et al. 1995, 1996a), apareciendo en Aragón en el año 2009 (Gobierno de Aragón 2010).

*R. ferrugineus* es un organismo que la UE ha considerado como una plaga de cuarentena durante varios años, por ello se tomaron medidas de emergencia mediante la Decisión Comunitaria 2007/365/CE modificada posteriormente por la Decisión 2010/467/UE, para evitar su introducción y propagación. Además, esta decisión establece la obligación de establecer zonas demarcadas por parte de los Estados Miembros, así como la obligación de elaborar y poner en marcha un Plan de Acción en dichas zonas. Fruto de esta decisión se elabora para la Comunidad Autónoma de Aragón la Resolución, de 28 de agosto de 2017, de la Dirección General de Alimentación y Fomento Agroalimentario, por la que se establecen zonas demarcadas y se adoptan diversas medidas fitosanitarias para la erradicación y control del organismo nocivo, *R. ferrugineus*, en el territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón.

El primer foco de picudo rojo detectado en Aragón, se dio en el año 2009 en el barrio de Santa Isabel de Zaragoza, este barrio se decretó como zona demarcada y se adoptaron medidas fitosanitarias para erradicar y controlar el organismo. Posteriormente en noviembre de 2010, se declara la existencia de otro foco de picudo rojo esta vez en el término municipal de Ricla (Zaragoza) (Gobierno de Aragón, 2010). En consonancia y cumpliendo con la legislación vigente, se aprobó un Plan de Acción Específico para las zonas demarcadas en el que se detallan las distintas líneas de acción para la erradicación de la plaga, así como para impedir su propagación.

A lo largo de los últimos años, se han puesto en marcha distintos planes de lucha integrada en las palmeras de titularidad pública de la ciudad de Zaragoza, con el objetivo de controlar la plaga que alberga la ciudad. Si bien es cierto que estas medidas son efectivas, resultan ser insuficientes pues se siguen perdiendo ejemplares relevantes por su singularidad en el conjunto del paisaje urbano. En el año 2019, con la colaboración de la UZ, se ensayó una red de trampas como método de lucha integrada, resultando ser altamente efectivo en cuanto al número de capturas y seguimiento de la plaga.

Para el control de la plaga del picudo rojo, resulta imprescindible conocer la cantidad y distribución espacial de las palmeras, tanto las que se encuentran en el núcleo urbano, como aquellas que se encuentran distribuidas por el resto del término municipal de Zaragoza. Además, es fundamental saber si se trata de individuos de titularidad pública o privada. Una información de la que no se disponía hasta el momento en el que se elabora este trabajo.

De la necesidad de contar con una estrategia global para la totalidad de ejemplares del género *Phoenix* del término municipal, surge el presente trabajo de fin de grado. Este TFG se elabora en relación al convenio de cooperación educativa de 2017 suscrito entre la Universidad de Zaragoza y el Ayuntamiento de Zaragoza en noviembre de 2021, cuyo objetivo principal es el del control de dos plagas urbanas, la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* y el picudo rojo de las palmeras *Rhynchophorus ferrugineus*. Gracias a esta cooperación, se realizan también las prácticas curriculares del Grado en Ciencias Ambientales. Posteriormente, y al mismo tiempo que se va desarrollando este TFG, surge la oportunidad de colaborar en la Cátedra Bosques Urbanos de la Universidad de Zaragoza cuyo logo se muestra en la figura 1, mediante un contrato en prácticas universitarias extracurriculares.



Figura 1. Logo de la Cátedra Bosques Urbanos de la UZ- Ayuntamiento de Zaragoza

Con este TFG se pretende mejorar el bienestar de los ciudadanos, manteniendo el paisaje urbano de forma sostenible. El ciudadano vive en núcleos de población que si se degradan pierden su función de bienestar humano. Los servicios ecosistémicos, es decir la ecología urbana, si pierde algunas de sus especies pierde resiliencia contra cualquier cambio ambiental y sobre todo en el cambio climático global. Por eso los ODS aplicables en este TFG son:

- ODS nº 3: Salud y bienestar
- ODS nº 11: Ciudades y comunidades sostenibles
- ODS nº 15: Vida de ecosistemas terrestres

## 1.2. El picudo rojo, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790)

### ▪ Taxonomía.

*Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790), comúnmente conocido como Picudo rojo de las palmeras, es un insecto del orden de los coleópteros perteneciente a la familia de Curculionidae. En la siguiente tabla (Tabla 1), aparece la clasificación taxonómica del Picudo rojo.

Tabla 1. Clasificación taxonómica.

|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| Reino:        | Animalia                              |
| Clase:        | Insecta o Hexapoda                    |
| Orden:        | Coleoptera                            |
| Familia:      | Curculionidae                         |
| Subfamilia:   | Dryophthorinae                        |
| Género:       | <i>Rhynchophorus</i>                  |
| Especie:      | <i>R. ferrugineus</i> (Olivier, 1790) |
| Nombre común: | Picudo rojo de las palmeras           |

- Origen y distribución de la plaga

Diversos autores coinciden en señalar el origen de este insecto en las regiones tropicales del Sureste Asiático y La Polinesia (Barranco et al. 1995). Este coleóptero comenzó su expansión en los países del sur de Asia, Irán y Península Arábiga, atacando fundamentalmente a palmeras datileras. En torno a 1992 apareció en el continente africano, concretamente en Egipto, desde donde inicia su expansión hacia los países europeos como España, Portugal, Francia e Italia (Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, 2012). En las figuras 2 y 3 se pueden observar la distribución y densidad de población del *Rhynchophorus ferrugineus* en el mundo. En ellas se observa su amplia distribución en los continentes europeo, asiático y africano con Grecia, Egipto, Arabia Saudí e India como los países más afectados. La llegada de este coleóptero a nuestro país se cita en 1993 en Motril y Almuñecar (Granada), debido a la importación de palmeras desde Egipto sin el adecuado control fitosanitario (Barranco et al. 1995, 1996a). Posteriormente, la plaga se expande por gran parte del litoral mediterráneo de Valencia y Andalucía, debido al uso masivo de estas palmeras importadas para el ajardinamiento de las nuevas urbanizaciones desde el año 2000 (Cabello, 2006). Actualmente, se encuentra ampliamente repartido por todo el litoral mediterráneo y localmente en el valle del Ebro como en el entorno de la ciudad de Zaragoza (Figura 4) (Cobos, 2010).

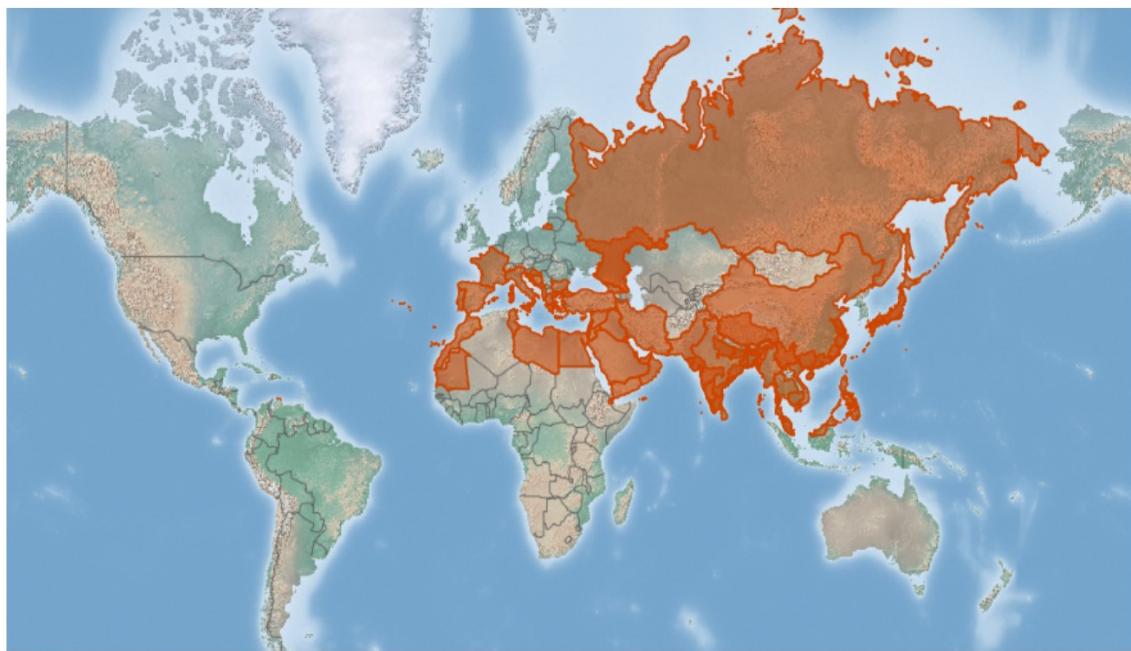


Figura 2: Distribución de *R. ferrugineus* en el mundo (CABI, 2020).

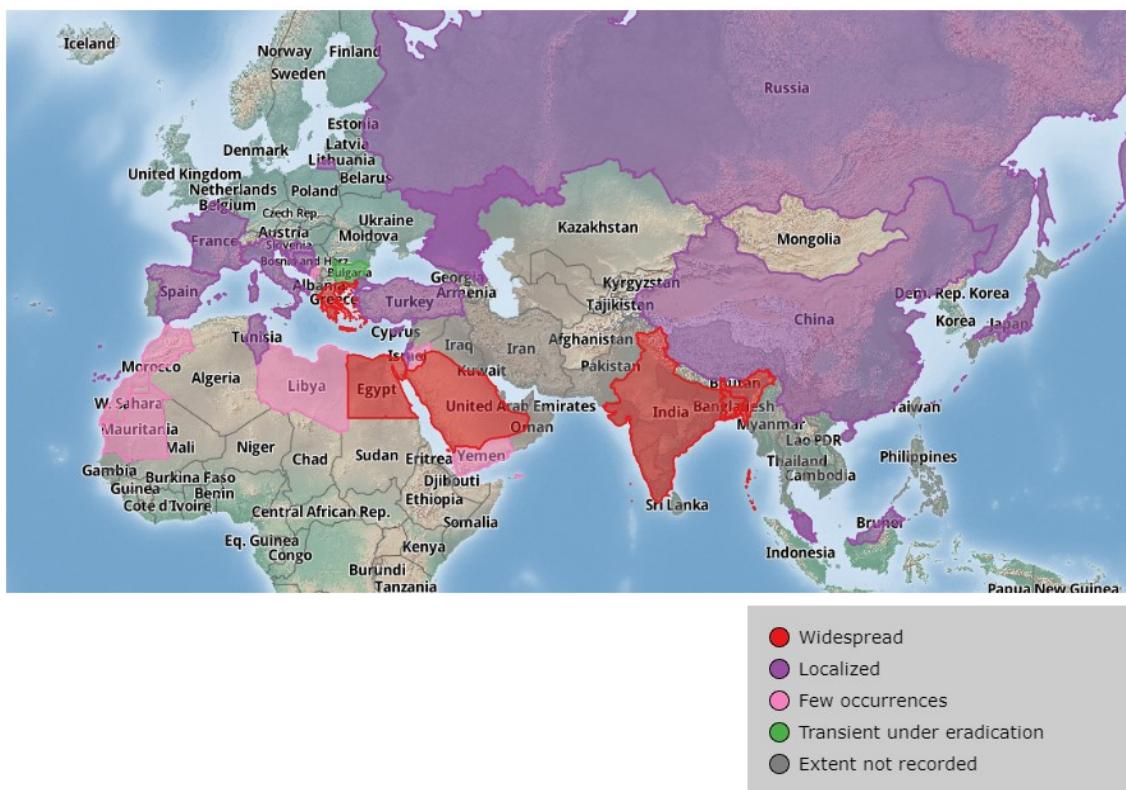


Figura 3: Grado de distribución de *R. ferrugineus* en el mundo (CABI, 2020).

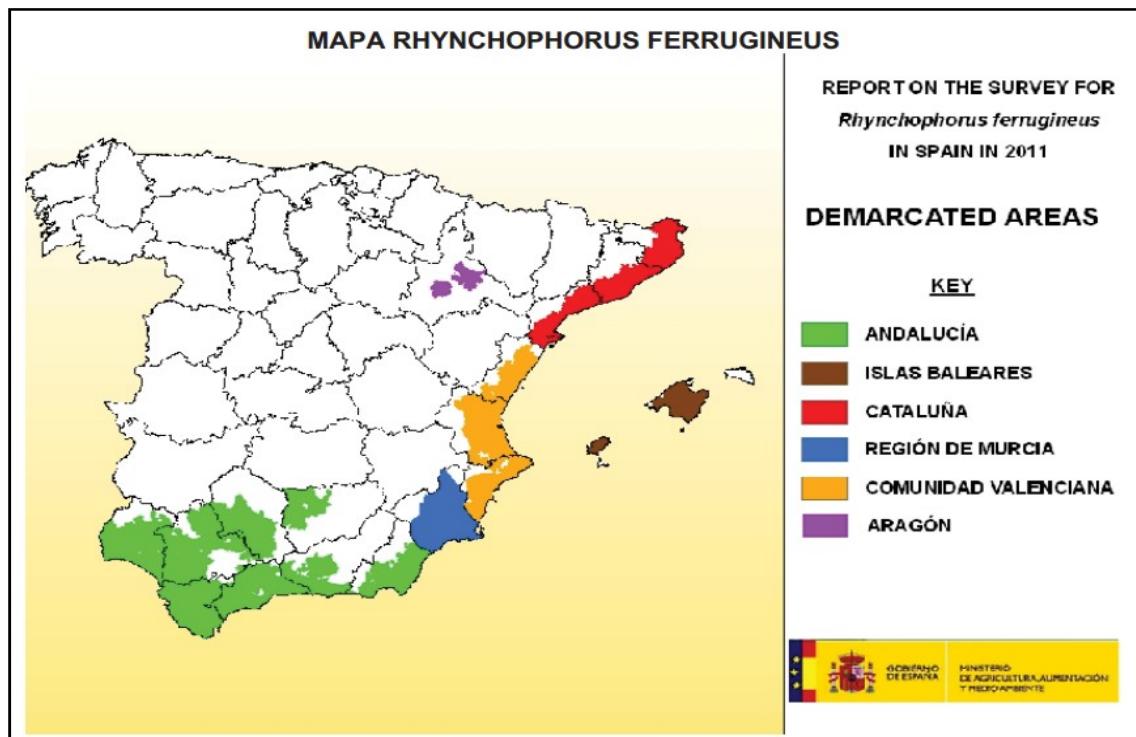


Figura 4: Distribución de *R. ferrugineus* en España (Infojardín, 2011).

- Descripción morfológica y ciclo biológico.

El picudo rojo, tal y como se puede apreciar en la figura 5, es un insecto de gran tamaño, con una longitud de entre 25 y 50 mm, deprimido dorsalmente y con un color marrón oxidado, cuerpo alargado-oval, color pardo-negruzco con patas del mismo color (Lepesme, 1947). Presenta una morfología similar a la de otros coleópteros de la misma familia. Posee una cápsulacefálica prolongada en un rostro alargado, muy prominente y curvado hacia abajo de color negruzco o pardo-rojizo (Viado y Bigornia, 1949).



Figura 5. Ejemplar adulto de Picudo rojo.

*R. ferrugineus* presenta dimorfismo sexual (Figura 6), los machos de esta especie poseen un cepillo de setas sobre la parte superior del pico, característica que no poseen las hembras. Otro aspecto distintivo es el extremo distal del abdomen, en forma de punta en las hembras y redondeado en machos (Morlans, 2014-15).

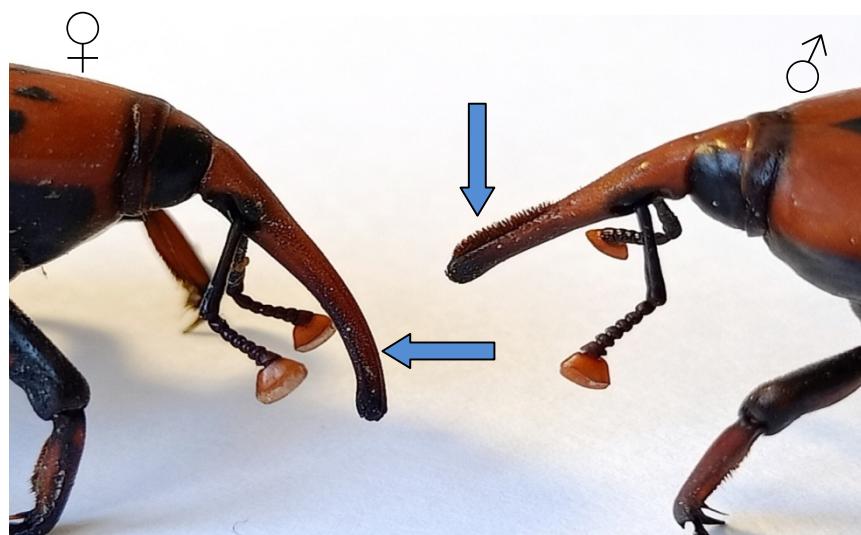


Figura 6. Dimorfismo sexual en adultos de Picudo rojo.

*R. ferrugineus* es un insecto que realiza un ciclo de metamorfosis completa, necesitando entre tres y cuatro meses de duración en función de las condiciones ambientales de la zona (Morlans, 2014-15). En general, para la península Ibérica, se completa un único ciclo reproductivo (una generación) en aquellas zonas con 15 °C de temperatura media anual, y dos o más ciclos reproductivos (más de dos generaciones) para las zonas que presenten temperaturas medias anuales por encima de los 19 grados centígrados (Dembilio y Jacas, 2010). Además en aquellos ejemplares con un nivel de infestación alto, se producen procesos de fermentación que permiten alcanzar los 30 °C en el interior de la palmera, lo que permite la supervivencia de la especie en zonas donde se dan temperaturas inferiores a 0 °C en invierno (Cabello, 2011).

El inicio del ciclo biológico del picudo en la Comunidad Autónoma de Aragón y, en consecuencia, en la ciudad de Zaragoza (Figura 7), se produce tras el apareamiento, en el momento en el que una hembra fecundada llega a una palmera sana. En ese momento, se produce la puesta de 300 a 500 huevos entre las heridas y orificios de las partes más blandas de la palmera, como es la corona, de una forma aislada y protegidos por los tejidos vegetales (Gobierno de Aragón, 2010). Transcurridos de 2 a 4 días se produce la eclosión de esos huevos dando lugar a las larvas, siendo estas muy dañinas para la palmera al alimentarse de fibras de meristemo primario. Estas larvas, realizan una serie de galerías en su interior de hasta un metro de longitud con la deposición y acumulación de heces, lo que provoca una fermentación en el interior del hospedante. El periodo larvario se completa en un rango de tiempo que oscila entre 1 y 3 meses, dependiendo de la temperatura, seguido de una fase de pupa, con una duración de 15 a 30 días. Cuando finaliza la metamorfosis, los adultos con un periodo de vida de 45 a 90 días, permanecerán en la palmera hasta que la fuente de alimento no pueda garantizar la subsistencia de la colonia (CAGPA, 2011; Morlans, 2014-15). Los adultos de *R. ferrugineus* tienen hábitos sedentarios diurnos, tienden a desplazarse por el suelo y colonizar ejemplares cercanos, pero también pueden realizar vuelos de largas distancias, viéndose atraídos por feromonas sexuales de agregación que emiten individuos de su especie (machos en este caso) y por kairomonas, sustancias volátiles emitidas por las palmeras y detectadas por esta especie para su alimentación y propagación (Gobierno de Aragón, 2010), de este modo se producirá la llegada de hembras ya fecundadas a nuevas palmeras, que serán colonizadas por el insecto, y donde se iniciará de nuevo el ciclo biológico.

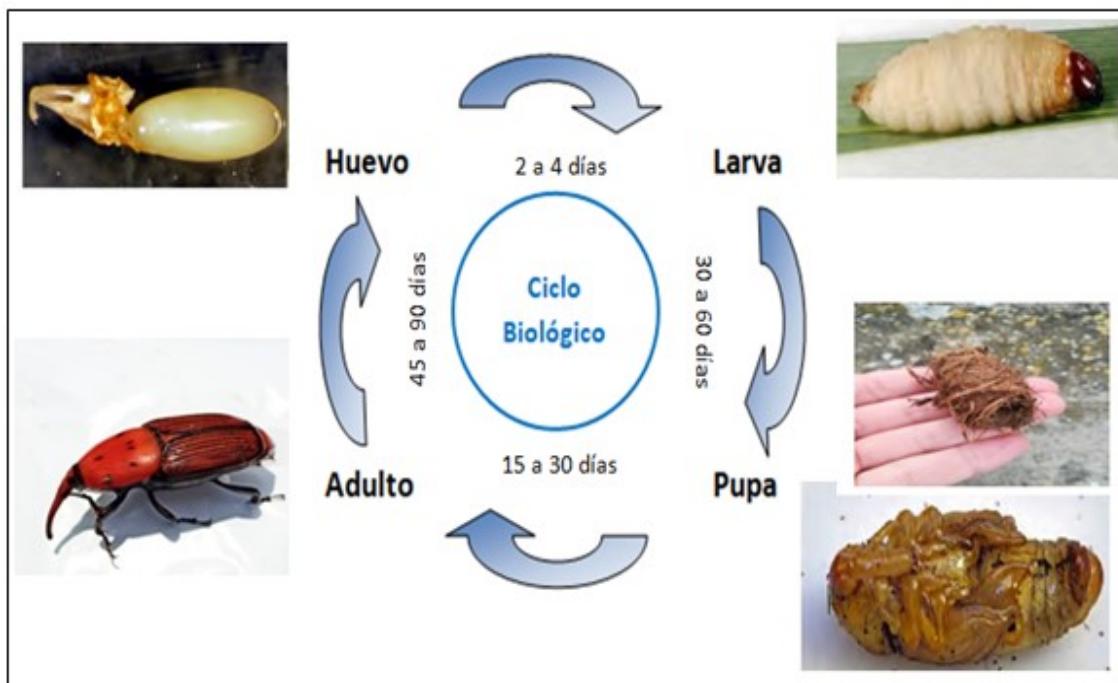


Figura 7. Ciclo biológico de Picudo rojo. Cabello (2011). Elaboración propia.

Los cuatro estadios de desarrollo que presenta el picudo rojo (Figura 8) son los siguientes:

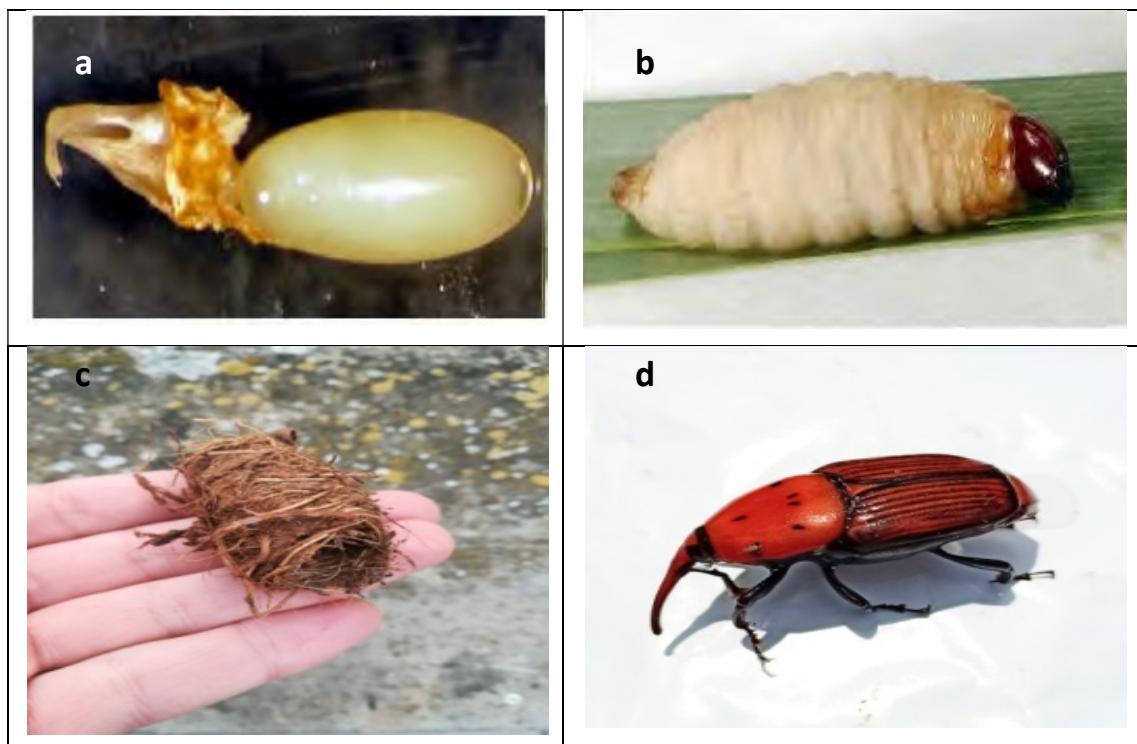


Figura 8. Estadios de desarrollo del picudo rojo de las palmeras. (a) Huevo, Cabello (2011). (b) Larva, Cabello (2011). (c) Capullo - pupa. (d) Adulto.

### Huevo

El estado de huevo presenta una apariencia alargada-oval, lisa y de un color blanquecino-amarillento. Tiene una longitud media de 2,96 mm y 0,98 mm de ancho (Wattanapongsiri, 1966), (Figura 8.a).

### Larva

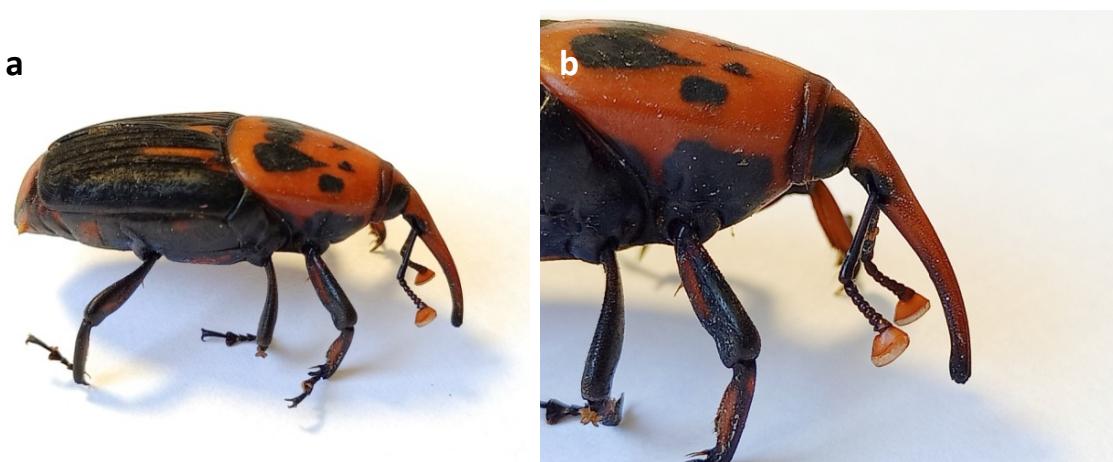
Tras la eclosión, las larvas son de color blanco, adquiriendo un color amarillento conforme pasa el tiempo. Son alargadas, tienen 13 segmentos, ápodas y con una cabeza de color rojo/marrón oscuro muy dura con unas mandíbulas cónicas muy fuertes. Alcanzan los 5 cm de largo y los 2 cm de ancho (Menon y Pandalai, 1960), (Figura 8.b).

### Pupa

Una vez que la larva ha alcanzado su máximo estadio de desarrollo, fabrica un capullo en cuyo interior se protege la pupa y se produce la metamorfosis, para ello entrelaza fibras de la palmera huésped. La pupa presenta unos apéndices libres, puede moverse en el interior del capullo, y deposita la última muda dentro del mismo. La pupa presenta una longitud de 33,5 a 40 mm y una anchura de 18,5 a 16 mm (Martín y Cabello, 2005), (Figura 8.c).

### Adulto

Una vez completado el desarrollo dentro del capullo, los adultos (Figura 8.d) emergen y permanecen unos días endureciendo su tegumento. Posteriormente si la palmera hospedante dispone de material vegetal que asegure la supervivencia del insecto, permanecerá unos días en ella, de lo contrario colonizará un nuevo ejemplar (Gobierno de Aragón 2010). En la figura 9 se puede apreciar ambos sexos de picudo rojo adulto, con detalle de la parte delantera.



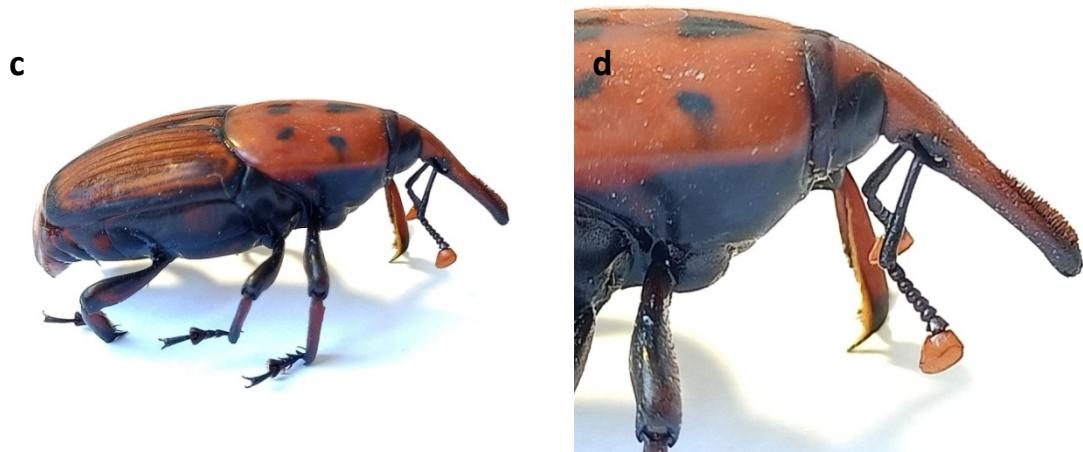


Figura 9. Ejemplares de adulto de Picudo rojo. (a) Hembra. (b) Detalle pico hembra. (c) Macho. (d) Detalle pico macho.

### 1.3. Las palmeras: *Phoenix canariensis* y *P. dactylifera*

Tal y como establece la DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 25 de mayo de 2007 por la que se adoptan medidas de emergencia para evitar la introducción y propagación en la Comunidad de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), se entiende por “plantas sensibles: las plantas, excepto los frutos y semillas, que tengan un diámetro del tallo en la base superior a 5 cm, de *Areca catechu*, *Arenga pinnata*, *Borassus flabellifer*, *Calamus merillii*, *Caryota maxima*, *Caryota cumingii*, *Chamaerops humillis*, *Cocos nucifera*, *Corypha gebanga*, *Corypha elata*, *Elaeis guineensis*, *Livistona decipiens*, *Metroxylon sagu*, *Oreodoxa regia*, *Phoenix canariensis*, *Phoenix dactylifera*, *Phoenix theophrasti*, *Phoenix sylvestris*, *Sabal umbraculifera*, *Trachycarpus fortunei* y *Washingtonia* spp.” (Decisión 25 de mayo de 2007).

En función de la bibliografía consultada, el género *Phoenix* es el más susceptible de ser atacado por el picudo rojo. Particularmente dos especies de este género, *Phoenix canariensis* (Figura 10) y *P. dactylifera* (Figura 11) son las más afectadas por la plaga (MAPA, 2020).

#### ▪ *Phoenix canariensis* Hort. ex Chabaud

Conocida comúnmente como palmera canaria, es una especie endémica de las Islas Canarias donde forma parte de su paisaje, desarrollándose de forma espontánea en valles y barrancos. También es muy común encontrarla en grandes zonas ajardinadas tanto públicas como privadas, calles y avenidas dado su gran valor ornamental. Cabe destacar el valor económico que tienen las palmeras en el archipiélago, en sectores como el agrícola y el ganadero, incluso en la artesanía donde se utiliza para elaborar cestas y otros objetos típicos,

así como para la obtención de guarapo y miel, ambos productos muypreciados en el sector culinario (Martín y González, 2011).

La facilidad que tiene esta palmera para adaptarse al clima mediterráneo, es lo que ha permitido que esta especie se distribuya por muchas de las ciudades de la península. En la ciudad de Zaragoza, es uno de los árboles de mayor belleza, siendo la palmera más común de uso ornamental, se encuentra decorando calles, parques y jardines, y destaca por su porte y frondosidad, así como el gran tamaño de sus hojas (Elduque et al, 2012).



Figura 10. Ejemplar de *Phoenix canariensis* situado en la Calle José Martínez Ruiz nº 9 – 11 de Zaragoza.

*P. canariensis*, es una especie dioica, longeva (superara dos o tres siglos de edad). Crecimiento de 1 m anual en ejemplares cultivados o 7,5 m en ejemplares silvestres. Presenta un estípite sin ramificar, es decir, un único tronco sin corteza de color pardo con aspecto columnar, diámetro de 70-80 cm. Altura 12-15 m, llegando a superar los 20 m. La copa es frondosa, grande y de un color verde intenso. Corona formada por 70-100 hojas de 6-7 m, pinnadas constituidas por foliolos. Los frutos son bayas carnosas que se disponen en racimos y tienen un color amarillento-anaranjado (Naranjo et al, 2009).

- *Phoenix dactylifera* L.

Se conoce como palmera datilera y aunque también se utilizan de manera ornamental por la geografía de nuestro país, la mayor extensión de palmeras de esta especie se encuentra en la Comunidad Valenciana donde se encuentra el Palmeral de Orihuela y el Palmeral de Elche. Es este último, situado al sur de la provincia de Alicante con más de 180.000 palmeras censadas en 1998 y una superficie de 441,2 ha (Gracia, 2006), el de mayor valor ecológico cuyo origen se remonta a la época de los musulmanes. En este palmeral se puede distinguir un palmeral rural, formado por explotaciones dispersas a lo largo del campo de Elche, cuya extensión alcanza las 264 ha y un palmeral histórico, formado por 90 huertos contiguos inmersos en la trama urbana de la ciudad con una superficie de 177,2 ha y de las cuales 144,2 ha fueron declaradas como Patrimonio de la Humanidad en el año 2000 por la UNESCO (Ortiz y Gracia, 2011).

Aunque esta especie prefiere un clima más suave que el que se da en Zaragoza, se puede encontrar algún ejemplar de palmera datilera en la ciudad, eso sí, en menor cantidad que la palmera canaria. Este tipo de palmera llega a desarrollarse bien en la ciudad, incluso pueden apreciarse sus frutos, pero no logran alcanzar la madurez (Elduque et al, 2012).



Figura 11. Ejemplar de *Phoenix dactylifera* situado en la Paseo María Agustín nº 34 de Zaragoza.

*P. dactylifera* es una palmera dioica de 20-50 m de altura que alcanza los 600 años de vida. Presenta porte erecto y delgado con fronde en forma de corona de hasta 7 m de diámetro y un tronco principal de 30-40 cm de diámetro. Estípite ramificado desarrollando hijuelos desde la base, característica que la diferencia de *P. canariensis*. Hojas de color verde glauco, de 6-7 m, palmeadas y con foliolos lanceolados de 45 cm de longitud. Sus frutos son drupas carnosas comestibles muy dulces, de 40 mm, oblongo-ovoides y de color marrón oscuro. (Dolores, 2013; Conesa et al, 2019; Ceballos et al, 2001).

#### **1.4. Síntomas y daños**

Se considera que el picudo rojo es la plaga más dañina para las palmeras en la actualidad, ya que, por lo general este insecto provoca la muerte del ejemplar afectado. Debido por tanto a la peligrosidad de la plaga, resulta de vital importancia la detección precoz de ejemplares afectados, para poder actuar cuando el grado de infestación es bajo, incrementando entonces las posibilidades de éxito. Una tarea que no resulta ser nada fácil, ya que no se aprecian los primeros síntomas por presencia de este insecto en las palmeras afectadas, hasta pasados unos meses desde su colonización, resultando ser demasiado tarde en muchas ocasiones, por el avanzado estado de infestación en el que se encuentran. El contundente impacto que caracteriza a esta plaga ha ocasionado la pérdida de miles de palmeras en España, poniendo en serio peligro los ecosistemas naturales que conforman las palmeras en nuestro territorio, así como aquellos hábitats donde estas plantas se usan con fines ornamentales. En concreto, sólo en la Comunidad Valenciana se destruyeron más de 20.000 palmeras entre los años 2004 y 2009 (Dembilio y Jacas, 2010), 665 palmeras en las Islas Canarias entre 2006 y 2010 y un total de 49.800 ejemplares entre 1995 y 2010 en todo el país (Cobos, 2010).

Los daños de esta plaga en las palmeras son debidos a la alimentación de las larvas, siendo éste el estadio de desarrollo más dañino. Durante su desarrollo, consumen material vegetal de la parte del estípite y la corona de la palmera afectada, ocasionando graves daños. Cuando el insecto alcanza la fase adulta, se alimenta mediante la absorción de jugos de los tejidos vegetales, por lo que no resultan ser tan dañinos como las larvas (Gobierno de Aragón, 2010).

Aunque se pueden distinguir distintos síntomas en función de la especie de palmera afectada y del estado de infestación, los síntomas más frecuentes de las palmeras canaria y datilera son (Dolores, 2013):

- Orificios en el raquis de las hojas.
- Asimetría en la corona de la palmera.
- Rotura de hojas por su base y caída de las mismas.
- Orificios circulares en los foliolos de las hojas.
- Presencia de capullos entre las hojas.
- Olor ácido característico de la fermentación de las heces en el interior.

### **Síntomas en palmeras**

#### ***P. canariensis***

Los síntomas debido a la infestación por picudo (Figura 12) se reconocen principalmente en la parte superior de la palmera, estípite y corona, iniciándose el ataque del insecto en la zona de las axilas de las palmas. Entre otros, se pueden observar (Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, 2012):

- Aspecto decaído debido al desplazamiento de la yema terminal.
- Marchitamiento y coloración amarilla de las palmas centrales.
- Presencia de mordeduras en el raquis de las palmas, llegando a doblarse y partirse.
- Aspecto de punta de flecha con zonas aserradas de las hojas jóvenes.
- Desprendimiento de palmas afectadas, presentando su base muy descompuesta.
- Aspecto abierto de la palmera, (en forma de paraguas), con el centro hueco.
- Corona descompuesta con presencia de picudo en sus cuatro estadios.

#### ***P. dactylifera***

Aunque los síntomas son similares a los descritos anteriormente, la zona desde la que se inicia el ataque de esta plaga en la palmera canaria, difiere de la palmera datilera. En este caso, los primeros daños se localizan en la base de la palmera, en concreto en la zona donde se insertan los hijuelos característicos de esta especie. Los síntomas característicos son (Dolores, 2013):

- Presencia de ejemplares adultos y pupas entre los hijuelos.
- Palmas de los hijuelos con síntomas semejantes a los descritos para la palmera canaria.
- Exudado espeso y gomoso de color marrón-rojizo en el tronco.
- Desprendimiento de hijuelos comidos por las larvas.



Figura 12. Evolución de daños por Picudo rojo en ejemplares de *Phoenix canariensis* en la ciudad de Zaragoza:  
 (a) Mordeduras en palmas centrales (Parque Pignatelli), (b) Desprendimiento de corona (C/ Villa de Chiprana nº 64),  
 (c) Ejemplar muerto (Paseo Isabel la Católica nº 3), (d) Ejemplar talado (Parque Grande José Antonio Labordeta).

## **1.5. Medidas de control**

Existen distintas técnicas que se pueden aplicar con el fin de prevenir la plaga en las palmeras o de salvar aquellos ejemplares que ya han sido atacados por el picudo rojo. Resulta de vital importancia, establecer y llevar a cabo una estrategia de control integrado, combinando los métodos de prevención y control que se describen a continuación, y garantizando que se involucra a la totalidad de los propietarios de palmeras, sean particulares u organismos públicos (Ávalos, 2012).

### **Tratamiento químico**

El uso de productos fitosanitarios como medida de control químico contra la plaga de picudo, debe ser eficaz, no presentar efectos nocivos en la salud de humanos y animales y no ser perjudiciales para el medio ambiente. En España, los tratamientos fitosanitarios tanto de uso agrícola como de ámbitos no agrarios, están regulados mediante el RD 1311/2012, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios. Todos los productos fitosanitarios utilizados para combatir esta plaga, deben estar inscritos en el Registro oficial del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, y sólo pueden aplicarse para aquellos usos para los que están autorizados (MAPA, 2020). Se pueden consultar en: (<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/registro/productos/forexi.asp?e=0&plagEfecto=634>).

Hay que asegurarse que la aplicación de estos productos se realiza conforme a las indicaciones que aparecen en su etiquetado y cumpliendo con la normativa vigente. Aunque existen diferentes métodos o técnicas, se suelen aplicar sobre el cogollo de la palmera, mojando en abundancia, incluso encharcando la zona para que el producto penetre en las galerías que realiza el insecto. En el caso de la palmera datilera, se aplicará también en su base. Deben usarse con carácter preventivo, ya que estos productos no suelen ser muy eficaces en el control de la plaga en ejemplares muy infestados, pero sí se evita la dispersión de la misma (Dolores, 2013).

Actualmente se dispone de un producto autorizado en nuestro país, con aplicación exclusiva mediante endoterapia (Figura 13). Se trata de BENZOATO DE EMAMECTINA 9,5% [AL] P/V.



Figura 13. (a) Cartel indicativo en palmera tras tratamiento. (b) Aplicación de producto fitosanitario por endoterapia.

### Tratamiento biológico

Con el uso de este tipo de tratamientos, se disminuye notablemente la cantidad de plaguicidas químicos utilizados, cuyo uso está muy extendido para combatir plagas. La posibilidad de aplicar tratamientos con productos biológicos es especialmente interesante cuando se tratan ejemplares en zonas públicas, como parques y jardines de ciudades tal y como se muestra en la figura 14. Estos biopesticidas se basan en microorganismos autorizados, y son seguros para la salud de los humanos, además evitamos así los efectos negativos que presentan los productos químicos para el medio ambiente, enmarcándose así dentro de la política medioambiental europea (Martínez et al, 2011).

Para hacer frente a la plaga de picudo mediante tratamiento biológico, se utilizan nematodos entomopatógenos (NEP) y hongos entomopatógenos. En el caso de los NEP, se produce una asociación simbiótica con bacterias entomopatógenas que son las que provocan la muerte del insecto hospedador. *Steinernema carpocapsae*, muy usado actualmente, es un nematodo entomopatógeno cuya bacteria asociada es *Xenorhabdus nematophila* (Enterobacteraceae), que resulta ser un método muy efectivo como insecticida biológico, (Martínez, 2011). Otros nematodos como el *Heterorhabditis bacteriophora* también presentan gran eficacia frente al control de la plaga, alcanzando valores del 100% en ensayos de laboratorio y del 66.7% en campo para larvas de entre 7 y 30 días de edad (Cabello et al, 2013).

En el caso de los hongos entomopatógenos, lo que se produce en el insecto es la destrucción de sus estructuras internas por las enzimas del hongo. Cuando el insecto se ha infectado, se reduce su alimentación y movilidad hasta morir (Martínez et al, 2011). Se consigue unos porcentajes de mortalidad del insecto del 80 y 85% usando *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*, respectivamente (Shawir et al, 2010), aunque varía en función de concentraciones y autores.



Figura 14. Aplicación de tratamiento. (a) Ducha con cesta elevadora. (b) Ducha con pértiga.

Actualmente se dispone de dos productos autorizados en nuestro país a base del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*, se trata de: BEAUVERIA BASSIANA (cepa 147) 5 x 10E8 UFC/g [MG] P/P y de BEAUVERIA BASSIANA (cepa NPP111B005) 5x10E8 ufc/g [MG] P/P.

### Cirugía vegetal

Esta técnica consiste en eliminar aquellas partes de la palmera que han sido dañadas por el insecto (Figura 15). Siempre que la yema apical de la palmera no se encuentre dañada, se procederá a retirar el material vegetal dañado, de este modo se eliminarán los individuos de la plaga en cualquiera de sus estadios que pueda haber, al mismo tiempo, también se evita la podredumbre de tejidos y proliferación de hongos. Tras el proceso de una cirugía correcta, la palmera puede volver a brotar. Esta labor requiere de personal cualificado, ya que una mala ejecución de la misma puede desencadenar la muerte del ejemplar (Junta de Andalucía, 2012).



Figura 15. Cirugía vegetal. (a) Vista parte superior de la corona. (b) vista ejemplar completo.

### Trampeo

Con el trampeo, se consigue reducir las poblaciones de picudo gracias a las capturas masivas, además sirve para tomar decisiones en función de la presencia o ausencia de capturas en cada momento. Aunque tal y como se muestra en la figura 16 existen diferentes modelos de trampas, de forma general, se puede decir que se trata de unos cubos que se han de enterrar parcialmente en el suelo. En su interior contienen una feromona de agregación emitida por el insecto, principalmente por los machos, kairomonas emitidas por las palmeras (opcional) y agua para que el insecto se ahogue (Junta de Andalucía, 2012).

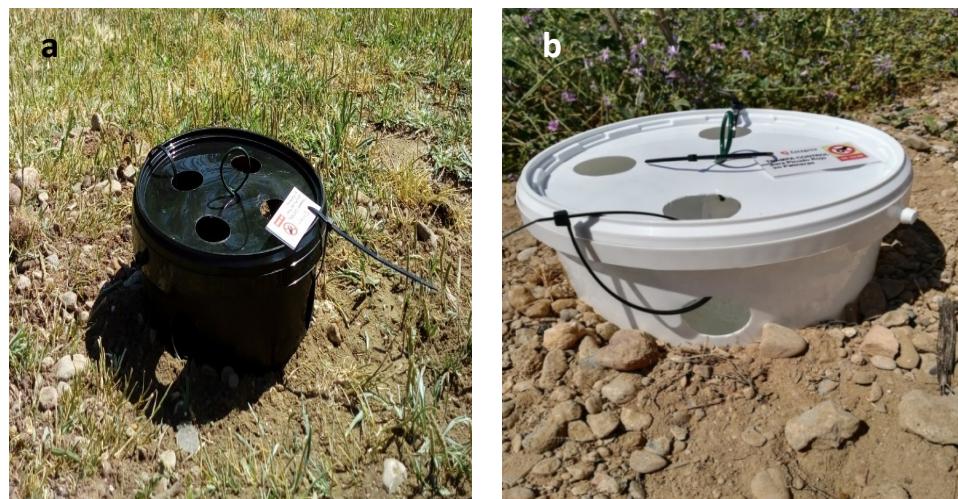


Figura 16. Trampas para picudo rojo. (a) Modelo color negro. (b) Modelo color blanco.

### **Enemigos naturales**

Un estudio realizado sobre la ecología alimentaria del cernícalo común *Falco tinnunculus* en Alicante, reveló los primeros registros de consumo de *R. ferrugineus* por esta ave. Este hallazgo indica que el cernícalo podría usarse como un potencial controlador de la plaga en zonas concretas, aunque sería necesario realizar más estudios (Orihuela-Torres et al, 2017).

### **Medidas culturales**

Uno de los aspectos más importantes es la formación de los ciudadanos, ya que la mayoría de las palmeras de un determinado territorio van a ser de titularidad privada. Es por eso que todo propietario de una palmera debe saber actuar de forma correcta frente a esta plaga. Un punto clave en el cuidado de la palmera es la época de poda, debe realizarse únicamente en invierno, entre diciembre y febrero, cuando se da el periodo de inactividad del picudo. Así mismo, se debe emplear algún tipo de pasta cicatrizante que cubra las heridas de poda y evite la emisión de kairomonas (Gobierno de Aragón, 2010).

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es:

Geolocalización y distinción de titularidad pública/privada de ejemplares del género *Phoenix* y seguimiento del picudo rojo mediante una red de trámpeo. Se prestará especial atención a la diferenciación de ejemplares de *Phoenix canariensis* y *Phoenix dactylifera* frente a otras especies de la familia.

Objetivos secundarios:

- Establecimiento y monitorización de una red de trámpeo en los valles del Ebro, Gállego y Huerva que abarque los términos municipales de Zaragoza, Utebo, Cuarte de Huerva y Cadrete. Recolección y conteo de los ejemplares capturados diferenciando entre machos y hembras.
- Elaboración de curvas de vuelo a partir del número de ejemplares capturados y distribución de las trampas.
- Valoración de las medidas adoptadas en el control de la plaga que permita el diseño y puesta en marcha de una estrategia global de control integrado contra el picudo rojo en la ciudad de Zaragoza.

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del área de estudio

Este estudio se ha desarrollado en la ciudad de Zaragoza y alrededores, en el sector central de la Depresión del Ebro, zonas caracterizadas por un clima mediterráneo con influencia continental (Figura 17). En concreto, el estudio se realiza en el término municipal de Zaragoza y los términos municipales de Utebo, Cuarte de Huerva y Cadrete por su proximidad a la ciudad de Zaragoza. De estos cuatro municipios, el de mayor extensión es el de Zaragoza, alcanzando 973,72 km<sup>2</sup> y albergando una población de 681.877 habitantes. Utebo tiene una extensión de 17,72 km<sup>2</sup> y 18.822 habitantes, Cadrete posee una extensión de 11,86 km<sup>2</sup> y 4.235 habitantes, y por último 8,95 km<sup>2</sup> y 13.450 habitantes Cuarte de Huerva (INE, 2020).

Las características que definen la zona de estudio son las escasas precipitaciones (320 mm anuales) y unas temperaturas medias suaves (15,3 °C), aunque con grandes diferencias entre invierno y verano, registrándose valores próximos a 0 °C, incluso llegando a helar en los meses más fríos, y alcanzando temperaturas muy elevadas en los meses de verano que pueden superar los 40 °C. Otro factor a tener en cuenta en la zona es el viento, con sus dos componentes, el cierzo (Noroeste) y el bochorno (Sureste). Los vientos suelen ser frecuentes e intensos, pudiendo superar los 100 km/h debido a la orografía de la zona de estudio en donde los flujos de aire se canalizan por el valle del Ebro entre el Pirineo en su extremo Norte, y el Sistema Ibérico en el Sur (Cuadrat et al, 2014).

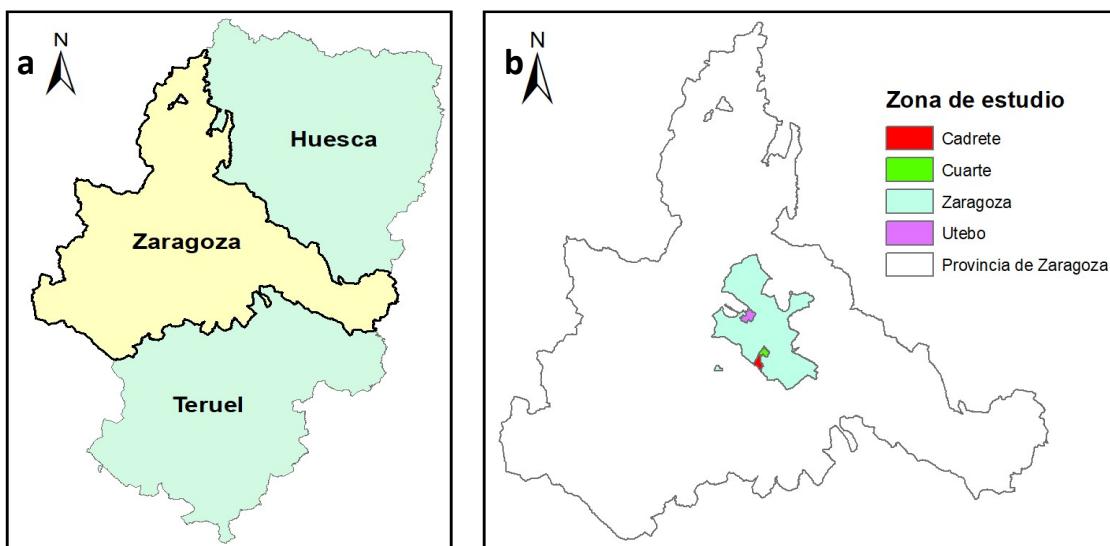


Figura 17. Localización área de estudio. (a) Mapa político Comunidad Autónoma de Aragón. (b) Mapa provincia de Zaragoza con términos municipales de Cadrete (rojo), Cuarte (verde), Zaragoza (azul) y Utebo (morado).

### 3.2. Geolocalización de ejemplares *Phoenix*

El punto de partida desde el cual se desarrolló este TFG, fue el de determinar la cantidad de palmeras que existen en la zona de estudio y distinguir entre su posible titularidad pública/privada.

Para ello, se utilizó el programa de ArcGIS. El primer paso fue la descarga de ortofotos PNOA de máxima actualidad del año 2018 para la zona de estudio desde el Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Las ortofotos poseen una resolución espacial de 25 cm que permitían su impresión con detalle a una escala de 1:500. Los límites territoriales de los municipios estudiados se obtuvieron desde la Web de descargas de IDEARAGÓN (<https://idearagon.aragon.es/descargas.jsp>) con el fin de delimitar la zona de estudio.

Una vez cargada toda la información en el programa ArcGIS, se creó una capa de puntos en formato shapefile que contenía una tabla de atributos asociada con los siguientes campos:

- **Id:** Número de identificación de cada ejemplar.
- **Vida:** Se indica si el individuo está vivo (0) o muerto (1).
- **Género:** Se distinguió entre el género *Phoenix* (1) y otros (0), que englobaba el resto de los géneros presentes (*Brahea*, *Butia*, *Chamaerops*, *Jubaea*, *Trachycarpus*, *Washingtonia*, *Livistona*, *Sabal*, y *Syagrus*).
- **Propiedad:** Se distinguía entre propiedad pública (0) o privada (1) en función de la ubicación de cada individuo.
- **Ubicación:** Se señalaban las zonas en las que se situaban las palmeras, distinguiendo entre centro (1), periferia (2) y barrio rural (0).
- **Coordenada X (UTM):** Geolocalización por coordenada X (UTM) en metros.
- **Coordenada Y (UTM):** Geolocalización por coordenada Y (UTM) en metros.

Con la ayuda de una cuadrícula, que dividía la zona de estudio en celdas de 20.000 m<sup>2</sup>, se fue rastreando la zona y geolocalizando las palmeras de forma visual (Figura 18). Se rastrearon un gran número de espacios con diferentes usos y características, si bien se pueden distinguir entre entorno urbano y entorno rural. En el primero de los casos, se encuentran, jardines privados, calles, avenidas, rotundas, paseos, o parques y jardines públicos entre otros. El entorno rural estaba formado por urbanizaciones aisladas, chalets con jardín, casas de campo, masas forestales, monte de matorral bajo y sobre todo huertos y campos de cultivo.

## GEOLOCALIZACIÓN DE PALMERAS DEL GÉNERO PHOENIX



Figura 18. Ejemplo de geolocalización de palmeras de manera visual a partir de ortofoto.

Posteriormente, se hizo una selección por atributos para el campo “Género”, con el fin de distinguir los individuos del género *Phoenix*, ya que es el más vulnerable de ser infestado por la plaga de picudo. Tras realizar una segunda selección por atributos, esta vez al campo “Propiedad”, se seleccionaron únicamente aquellas palmeras del género mencionado, con indicios de ser de titularidad pública dentro del término municipal de Zaragoza.

### ■ Validación del método

Con el propósito de determinar la eficacia del método utilizado para la geolocalización de palmeras mediante detección visual a partir de ortofotos de máxima actualidad, se realizó una validación in situ identificando todos los individuos de la familia Arecaceae, entre los que se encuentra el género *Phoenix*. Esta validación, se realizó en cinco zonas ajardinadas de la ciudad

de Zaragoza (Tabla 2, Figura 19), en donde hubiera un número significativo de individuos del género *Phoenix* así como de otras especies de árboles.

Tabla 2. Zonas de validación del método para la geolocalización de palmeras, coordenadas geográficas, superficie y dirección para cada una de ellas.

| ZONA  | COORDENADAS X, Y (grados) | SUPERFICIE (m <sup>2</sup> ) | DIRECCIÓN   |
|---|---------------------------|------------------------------|---|
| Parque de la Aljafería<br>Plaza Emilio Alfaro<br>Palacio de la Aljafería (exterior) | -0.89739, 41.65814        | 96.440                       | Avda. Pablo Gargallo - 50003                        |
| Parque La Granja  | -0.8698, 41.63541         | 33.934                       | Camino de Cabaldos - 50013                          |
| Parque del Tío Jorge  | -0.87866, 41.66379        | 151.538                      | C/ Valle de Broto – Fernando Gracia Gazulla - 50015 |
| Parque Grande José Antonio Labordeta  | -0.89578, 41.63301        | 270.466                      | Paseo Isabel la Católica, 75 - 50006                |
| Parque Pignatelli   | -0.88508, 41.63782        | 26.800                       | Pº de Cuellar - 50007                               |

Fuente: Ayuntamiento de Zaragoza (2021). Elaboración propia.

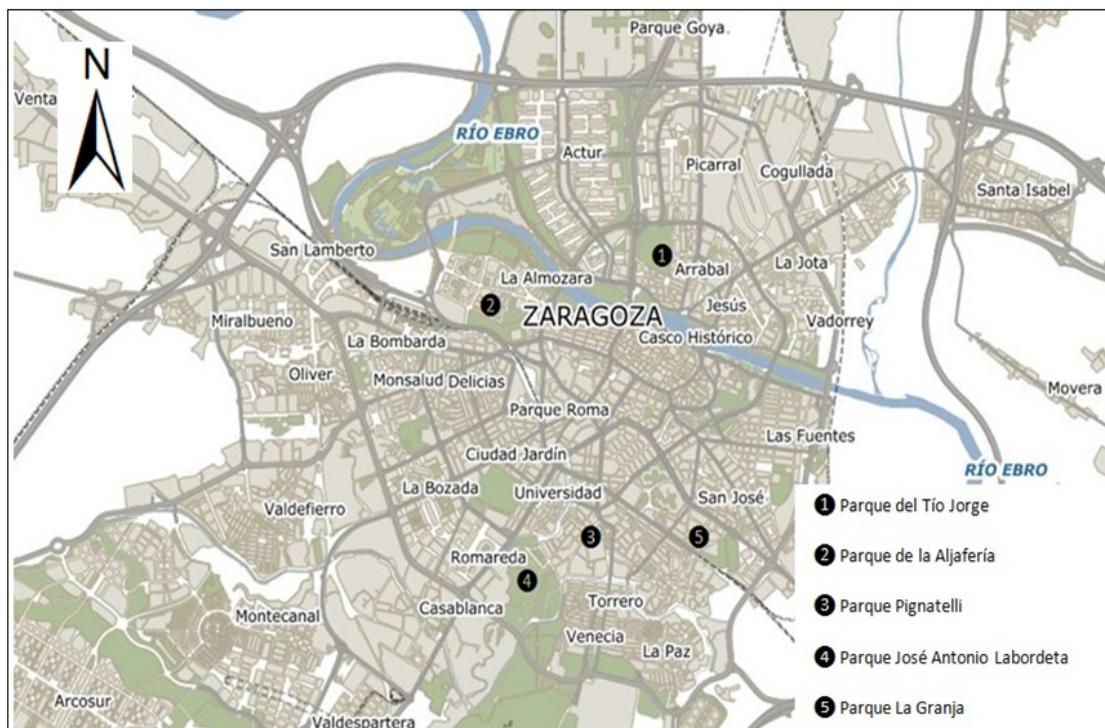


Figura 19. Localización zonas de validación del método. Idezar (2021). Elaboración propia.

En cada una de las zonas de validación, se llenó un estadillo con ocho campos en el que se identificaba el género, su detección y su situación actual (Tabla 3). Cuatro de esos campos referentes a los ejemplares del género *Phoenix* y otros cuatro para el género Otros, donde se incluyen el resto de géneros de la familia de las arecáceas.

Tabla 3. Estadillo de validación del método.

| ZONA:                          |    |                       |    |
|--------------------------------|----|-----------------------|----|
| Género <i>Phoenix</i>          | Nº | Género Otros          | Nº |
| <i>Phoenix</i> identificado    |    | Otros identificado    |    |
| <i>Phoenix</i> talado          |    | Otros talado          |    |
| <i>Phoenix</i> no identificado |    | Otros no identificado |    |
| <i>Phoenix</i> falso           |    | Otros falso           |    |

### 3.3. Diseño de anillos perimetrales y red de trampeo

El siguiente paso consistió en el diseño de una serie de anillos perimetrales que englobasen al conjunto de palmeras del género *Phoenix*. Una vez realizada la geolocalización de todos los individuos (Figura 26), se estableció una distancia mínima de seguridad de 500 metros entre la red de trampeo y los ejemplares de palmeras identificados utilizando la herramienta “Buffer” de ArcGIS. Teniendo en cuenta las distancias mencionadas y la distribución de las palmeras se obtuvieron cinco anillos perimetrales de seguridad. En cada uno de los anillos, se procedió a la instalación teórica de trampas de picudo rojo separadas 800 metros entre ellas siguiendo las indicaciones del proveedor de feromonas y kairomonas, e intentando evitar la zona interior delimitada por los anillos para cumplir con la distancia de seguridad a las palmeras y no causar así un posible efecto negativo sobre ellas, además de datos erróneos en las capturas. A partir de estas premisas, se estimó la cifra teórica de 166 trampas necesarias a instalar, de las que se obtuvieron sus respectivas coordenadas con el mismo programa informático. Los anillos y distribución de trampas fueron:

- **Anillo nº 1:** Engloba la Urbanización el Zorongo, alcanza una superficie de 4,22km<sup>2</sup> y son necesarias 10 trampas.
- **Anillo nº 2:** Superficie de 4,91 km<sup>2</sup>, se sitúa en la zona de Peñaflor. Son necesarias 11 trampas.

- **Anillo nº 3:** Con una superficie total de 14,85 km<sup>2</sup>, engloba los términos municipales de Cuarte de Huerva y Cadrete, para ello, serían necesarias 21 trampas.
- **Anillo nº 4:** Es el anillo de menor superficie 2,23 km<sup>2</sup> ya que únicamente engloba la urbanización Los Cipreses, junto al Aeropuerto de Zaragoza. Serían necesarias 6 trampas.
- **Anillo nº 5:** Se trata del anillo principal que engloba a la ciudad de Zaragoza, para el que se calculó la necesidad de instalar 121 trampas. La superficie que engloba es de 201,54 km<sup>2</sup>.

Debido a la magnitud que teóricamente suponía desplegar una red de trampeo en los cinco anillos diseñados, se decidió llevar a cabo un trampeo masivo únicamente en dos de ellos durante la campaña 2020, el anillo nº 3 y un macroanillo principal formado por la unión del anillo nº 5 con el anillo nº 2 debido a su proximidad. El resto de anillos quedan diseñados para futuras campañas de trampeo de picudo rojo.

En esta red de trampeo se utilizaron trampas de tipo “Pitfall” (Figura 20) que consisten en unos cubos de polipropileno de color blanco, de dimensiones de 22 cm de diámetro y 19 cm de altura, con aberturas tanto laterales como en la tapa. Además, en el centro de la tapa, se instalaron unos ganchos de alambre para poder sujetar los dispensadores de las sustancias atrayentes. En la parte exterior de la tapa, se colocó una etiqueta informativa. Inicialmente la trampa era de color negro cambiándola a blanco para la eficacia de capturas y reducción de la evaporación de agua.

Con este tipo de trampas, el insecto accede al interior de la misma por cualquiera de los orificios y al entrar en contacto con el agua jabonosa ya no puede escapar y muere ahogado.

Para la correcta instalación de la trampa, es necesario realizar un orificio en el suelo con la ayuda de una azada, de un diámetro similar al de la trampa y una profundidad de 15 cm aproximadamente, profundidad suficiente como para que la trampa quede semienterrada justo hasta las aberturas laterales. Posteriormente se llena hasta los orificios de drenaje con aproximadamente dos litros de agua jabonosa, se colocan los difusores de feromonas y kairomonas en los ganchos de alambre y se cierra la tapa con bridales.



Figura 20. Pasos a seguir para la correcta instalación de trampas para picudo rojo.

### 3.4.Trampeo

- Muestreos y capturas

Tras instalar las redes de trámpeo, se procedió a realizar muestreos de forma periódica cada dos o tres semanas. De este modo se realizaron 10 muestreos en el anillo nº 3 y 13 para el macroanillo principal formado por los anillos nº 2 y nº5.

Tabla 4. Periodo muestreos para el año 2020.

| ANILLO                | FECHA INICIO MUESTREO | FECHA FIN MUESTREO |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|
| Nº 3                  | 9 de julio            | 4 de diciembre     |
| MACROANILLO PRINCIPAL | 12 de mayo            | 1 de diciembre.    |

Para los muestreos, se diseñó una hoja de campo con todos los datos necesarios (Anexo 1), donde aparecían el número, nombre y ubicación de las trampas, se anotaban el número de ejemplares capturados en cada una de ellas, realizándose una distinción por dimorfismo sexual entre machos, hembras y no identificados (aquellos ejemplares a los que se les ha desprendido el pico), y se indicaba los días transcurridos desde el muestreo anterior. Además, se añadió un apartado de observaciones, donde se anotaba cualquier incidencia que pudiese afectar a los datos del muestreo.

Las labores a realizar durante los muestreos, además de contar las capturas y diferenciar entre machos y hembras como ya se ha indicado (Figuras 21 y 22), consistían en el rellenado de agua jabonosa de aquellas trampas en las que su nivel había descendido por evaporación, también se realizaba una limpieza de la trampa y se despejaba los alrededores de la misma de posible maleza. En caso de que alguna trampa hubiese sido vandalizada, se procedía a su sustitución por otra nueva.

El tiempo que se invertía en realizar el muestreo del anillo nº 3 era de una jornada, mientras que para completar el muestreo del macroanillo principal se necesitaban cinco días. Para este caso, se procedió a dividir el total de las trampas a revisar en cinco grupos tal y como se muestra en la tabla 5, en función de las zonas en las que se encuentran las trampas y los posibles accesos que podemos utilizar dependiendo del vehículo del que se disponía. Las distintas rutas de acceso a las trampas quedaron grabadas con la finalidad de que cualquier persona del equipo de Parques, Jardines e Infraestructuras Verdes pudiese acceder con

facilidad, para ello, se hizo uso de la aplicación para teléfono móvil “wikiloc”, una aplicación donde se pueden almacenar y compartir rutas al aire libre georreferenciadas y puntos de interés de todo el mundo. La distribución de las cinco jornadas dedicadas al muestreo de este macroanillo principal fue la siguiente:

Tabla 5. Jornadas de muestreos.

| DÍA | TRAMPAS       | UBICACIÓN/ZONA                |
|-----|---------------|-------------------------------|
| 1   | 0-16          | Plaza-Pinar Torrero           |
| 2   | 17-28         | Torrero-Cartuja               |
| 3   | 19-40 y 50-57 | Movera-San Juan de Mozarrifar |
| 4   | 58-76         | Monzalbarba-Garrapinillos     |
| 5   | 41-49         | Guarales                      |

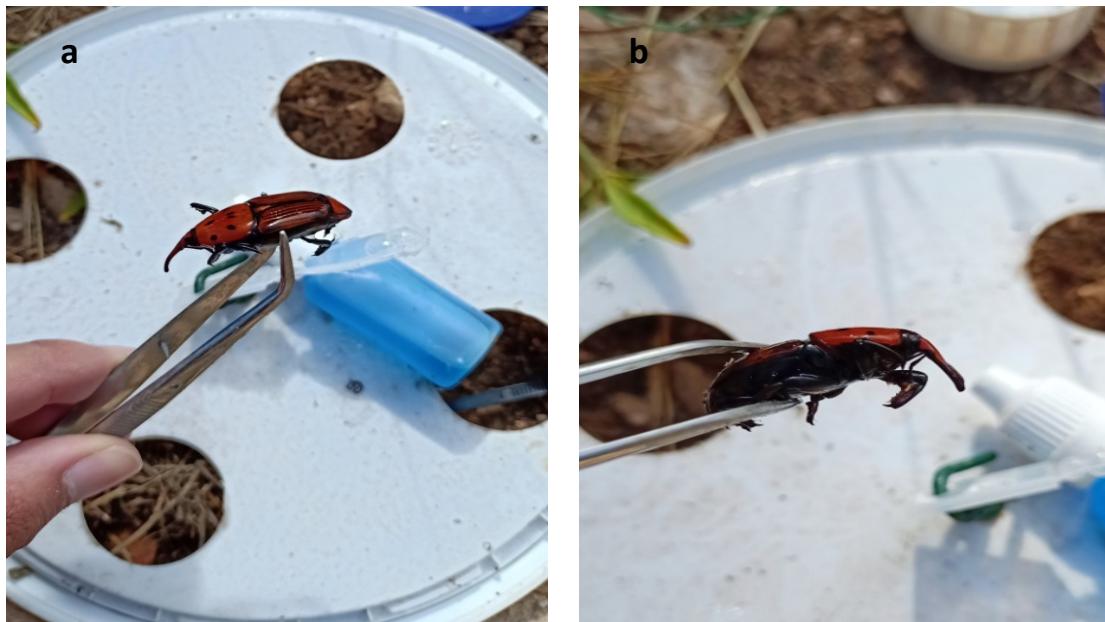


Figura 21. Identificación sexual en adultos de picudo rojo. (a) Hembra. (b) Macho.

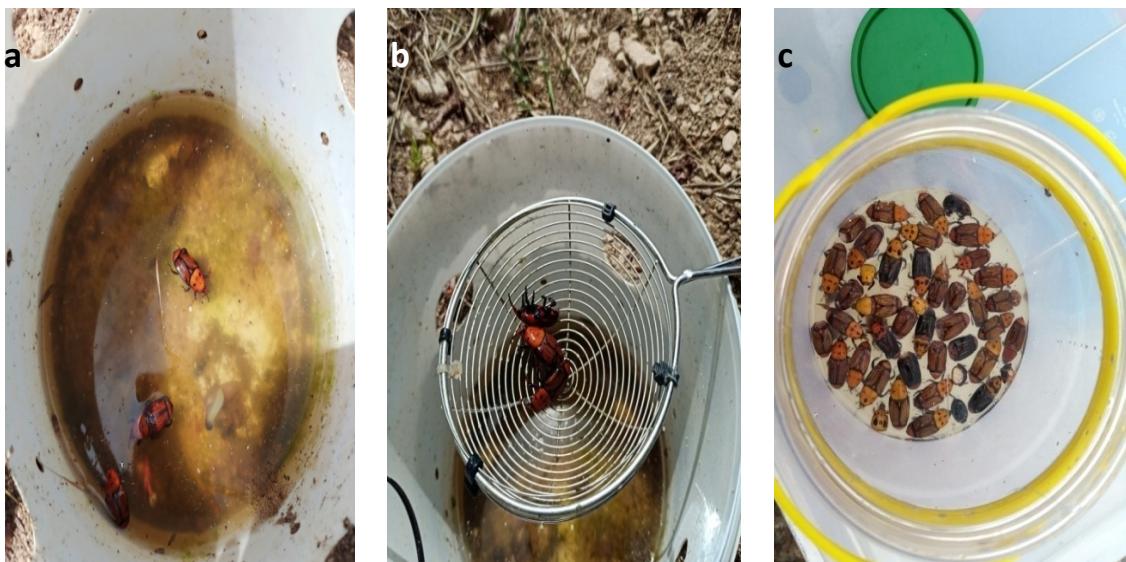


Figura 22. Extracción de capturas de las trampas. (a) Revisión de la trampa. (b) Extracción de capturas. (c) Almacenaje de picudos capturados.

■ **Modelo densidad de vuelo**

El mapa modelo de densidad de vuelo en formato raster se elaboró con los datos recogidos desde el mes de julio a diciembre, periodo de tiempo en el que las redes de tramo del macroanillo principal y anillo nº3 tenían la totalidad de sus trampas colocadas de forma definitiva y durante el mismo número de días. Aquellas trampas que fueron objeto de vandalismo y contenían un registro discontinuo de capturas como es el caso de la trampa nº 63 del macroanillo principal fueron excluidas en la elaboración del modelo con el fin de evitar errores de cálculo. Para su elaboración se emplearon las herramientas de ArcGIS IDW y Krigging con un tamaño de celda de 500, 1000 y 2000 m siendo el más representativo el obtenido a 500 m con la herramienta IDW (Figura 41). En el resto de los modelos, la interpolación generada omitía alguno de los puntos de captura o daba un peso excesivo a las zonas del aeropuerto y terrenos militares en las que se carecía de trampas.

■ **Feromonas y kairomonas**

Durante esta campaña de muestreo y captura masiva de picudo, se utilizaron feromonas y kairomonas proporcionadas por la empresa Ao Midori Biocontrol S.L. (Figura 23). Las feromonas de agregación que se han utilizado tienen la capacidad de atraer tanto a machos como a hembras, lo que las diferencia de las feromonas sexuales habituales femeninas, que únicamente atraen a los machos. Están compuestas en mayor medida por ferruginol (fenol natural y meroterpeno de fórmula química  $C_{20}H_{30}O$ ). Estas feromonas las usan los individuos de picudo para agruparse y formar colonias y aunque pueden producirlas tanto machos como

hembras, es el macho quien lo hace en mayor proporción. El uso combinado de feromona con kairomona (la cual emite un olor característico del hospedante a base normalmente de etil-acetato y etanol), hace que se potencie el efecto de atracción del insecto, siendo superior incluso que mediante el uso de atrayentes muy utilizados como dátiles, melaza o la caña de azúcar según señala la empresa Ao Midori Biocontrol (2021) (Vacas et al, 2017).

Siguiendo con las indicaciones aportadas por la empresa mencionada, se almacenaban las mismas en un frigorífico, con el fin de garantizar una temperatura por debajo de los 10 °C y se procedía al cambio de aquellas colocadas en las trampas cada 60 días aproximadamente.



Figura 23. Pack feromona y kairomona.

### 3.5.Tratamiento de datos y análisis estadístico

Para el tratamiento estadístico de los datos recolectados se empleó el programa estadístico SPSS 21.0 para Windows mediante el cual se aplicó un análisis estadístico de análisis de la varianza (ANOVA de un factor) del número de picudos capturados, con el fin de comprobar si existían diferencias significativas entre muestreos y entre trampas. Con los resultados estadísticamente significativos se realizó el test de Duncan de separación de medias. Este análisis se aplicó tanto en el macroanillo principal como en el anillo nº 3.

Se empleó el Test de Kolmogorov – Smirnov (K – S de 1 muestra) para verificar la normalidad de la distribución y el Parámetro de Levene para comparar la homogeneidad de varianzas. Finalmente, en aquellos casos que no se cumpliese la homogeneidad de varianzas se aplicaría la prueba de Kruskall – Wallis para calcular la ANOVA.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Geolocalización de ejemplares *Phoenix*

El punto de partida de este trabajo, como ya se ha indicado en el apartado de material y métodos, fue el de determinar la cantidad de palmeras que se encuentran en la zona de estudio, a partir de ortofotos utilizando el programa ArcGIS. Los resultados muestran un total de 6161 individuos geolocalizados pertenecientes a la familia Arecaceae, de los cuales 4847 pertenecen al género *Phoenix* y 1314 al resto de géneros denominado como “Otros” (mapa geolocalización género Otros en Anexo 2), tal y como se muestra a continuación (Figura 24).

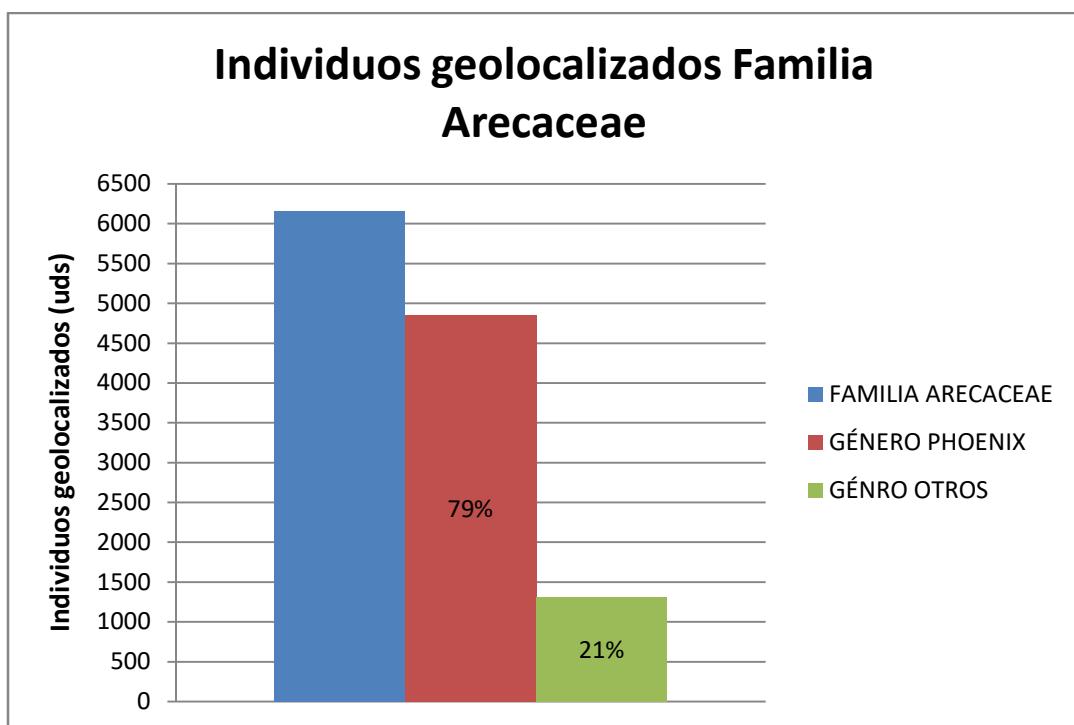


Figura 24. Proporción individuos de titularidad pública pertenecientes al género *Phoenix*.

Prestando atención en los individuos del género *Phoenix*, debido a que es el más vulnerable a esta plaga, se seleccionaron aquellos que por las características de su ubicación pudieran ser de titularidad pública, es decir, pertenecientes al Ayuntamiento de Zaragoza. Esta distinción se hace con el propósito de conocer el porcentaje que corresponde a estas palmeras respecto del total del área de estudio, para saber la influencia que pudieran tener las medidas de control integrado contra la plaga que se aplican por parte del Ayuntamiento de Zaragoza con relación al total existentes, y al contrario, saber qué proporción de individuos de titularidad privada podrían no estar tratados adecuadamente frente a la plaga y por lo tanto que pudieran estar afectando de forma negativa. Tal y como se muestra en la (Figura 25), de

4847 que pertenecen al género *Phoenix*, se seleccionaron 477 como individuos de posible titularidad pública representando únicamente el 9% del total. Estas cifras nos indican que las medidas aplicadas por parte del Ayuntamiento con el propósito de proteger a las palmeras de dominio público que se distribuyen por la ciudad y los distintos barrios rurales, podrían no ser suficientes dado el gran número de ejemplares de titularidad privada que no están correctamente tratados frente a la plaga.

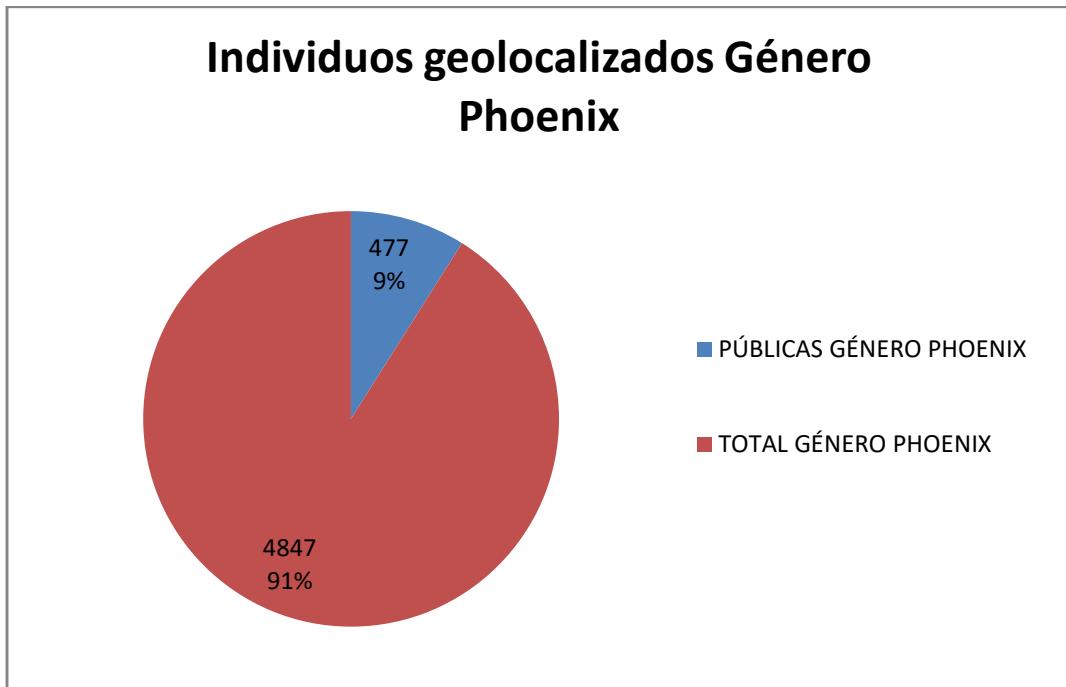


Figura 25. Proporción individuos de titularidad pública pertenecientes al género *Phoenix*.

A continuación, se muestran los mapas de geolocalización de ejemplares *Phoenix* (Figura 26), y geolocalización de ejemplares *Phoenix* públicos (Figura 27).

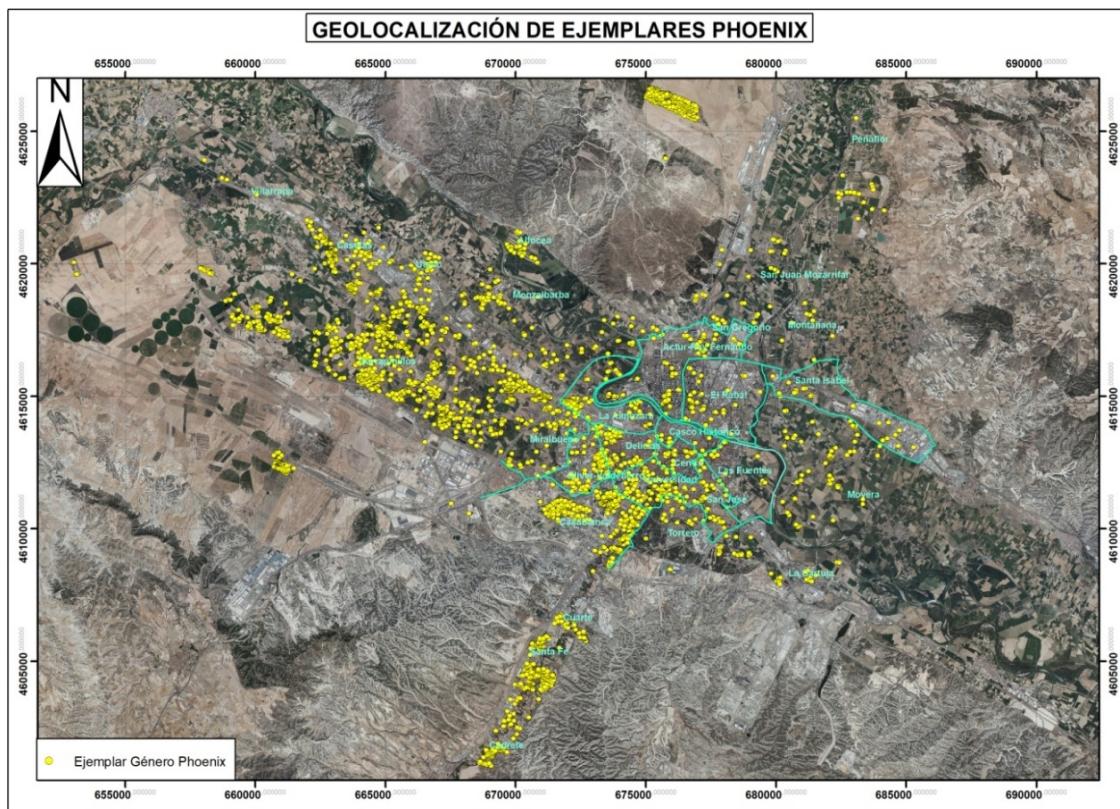


Figura 26. Mapa geolocalización de ejemplares del Género *Phoenix* totales en los términos municipales de Zaragoza, Utebo, Cuarte y Cadrete.

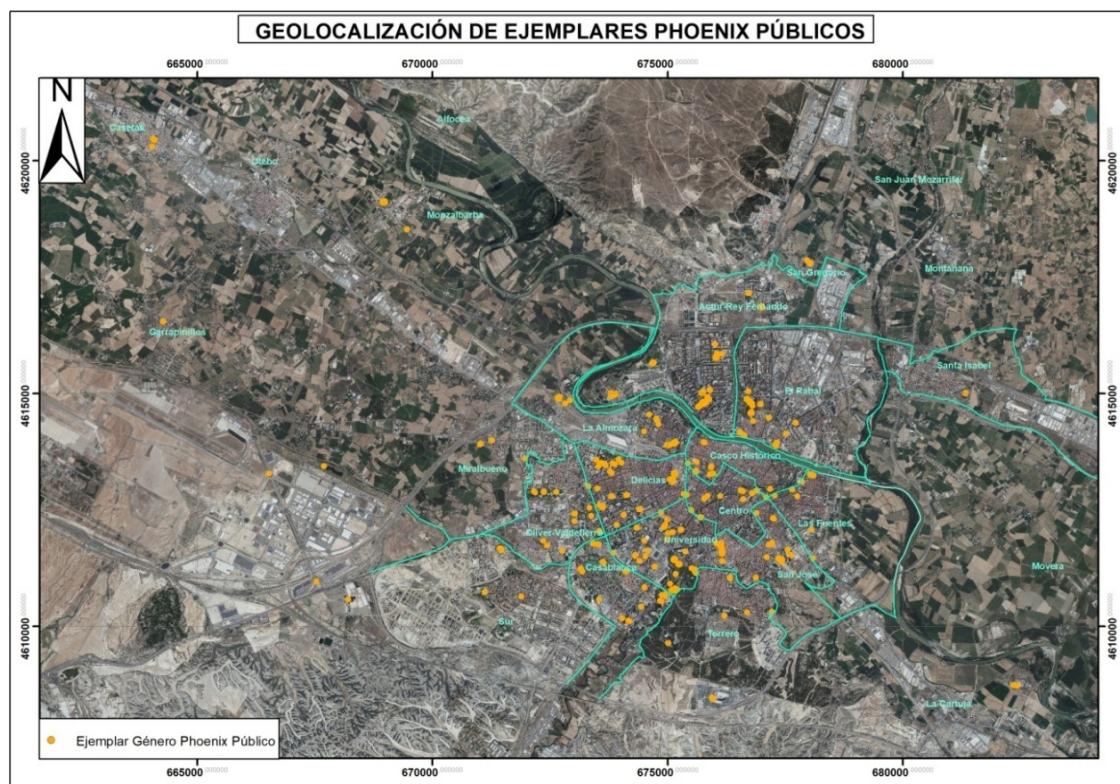


Figura 27. Mapa geolocalización ejemplares del Género *Phoenix* de posible titularidad pública en los términos municipales de Zaragoza, Utebo, Cuarte y Cadrete.

- Eficacia del método

Los resultados de validación del método utilizado para la geolocalización de palmeras mediante detección visual a partir de ortofotos de máxima actualidad, tras realizar una comprobación *in situ* y contrastar los datos obtenidos mediante el programa ArcGIS con la realidad, tanto para el género *Phoenix* (Tabla 6), como para el género Otros (Tabla 7) se detallan a continuación (Anexo 3):

Tabla 6. Validación del método para el género *Phoenix*.

| ZONA                                | GÉNERO PHOENIX |           |                 |          |
|-------------------------------------|----------------|-----------|-----------------|----------|
|                                     | IDENTIFICADO   | TALADO    | NO IDENTIFICADO | FALSO    |
| Aljafería                           | 12             | 2         | 0               | 0        |
| Parque Tío Jorge                    | 20             | 6         | 6               | 0        |
| Parque La Granja                    | 24             | 8         | 0               | 0        |
| Parque Pignatelli                   | 45             | 2         | 3               | 0        |
| Parque Grande José Antoio Labordeta | 49             | 4         | 9               | 0        |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>150</b>     | <b>22</b> | <b>18</b>       | <b>0</b> |

Los datos de la tabla anterior muestran que todos los individuos catalogados como pertenecientes al género *Phoenix* lo eran, por lo que se demuestra una eficacia del 100 % en este aspecto.

También se muestran 18 ejemplares que no se logran detectar mediante el método utilizado, lo que indica que la eficacia para la detección de la totalidad de palmeras de una zona en concreto es de un 89,3 %. Las causas fundamentales por las que no se detecta un ejemplar se deben a las características propias de las ortofotos, pues al estar hechas desde el aire se muestran los elementos más superficiales, siendo indetectables aquellos que como las palmeras, se encuentren por debajo de otros elementos más altos como pueden ser otros árboles. Otra de las causas por la que resulta difícil identificar la totalidad de los individuos del género es debido a que en ocasiones éstos se encuentran muy próximos a las fachadas de edificios altos, dificultándose así su detección por la sombra que éstos proyectan sobre los elementos cercanos.

Por último, hay que tener en cuenta que existe un desfase de 3 años entre la fecha del conteo visual a partir de las ortofotos del 2018 y la comprobación en campo llevada a cabo en el 2021. Durante ese periodo, pueden haberse plantado o eliminado ejemplares que introducen un error en el conteo no adjudicable a la metodología aplicada. En este sentido, las

comprobaciones in situ demuestran que se han eliminado 22 de un total de 190 ejemplares en los últimos tres años. Estos datos evidencian una tasa de mortalidad de en torno al 7-8 %.

Tabla 7. Validación del método para el género Otros.

| ZONA                                | GÉNERO OTROS |          |                 |          |
|-------------------------------------|--------------|----------|-----------------|----------|
|                                     | IDENTIFICADO | TALADO   | NO IDENTIFICADO | FALSO    |
| Aljafería                           | 58           | 0        | 1               | 2        |
| Parque Tío Jorge                    | 4            | 0        | 10              | 0        |
| Parque La Granja                    | 30           | 0        | 6               | 3        |
| Parque Pignatelli                   | 7            | 0        | 2               | 0        |
| Parque Grande José Antoio Labordeta | 31           | 0        | 47              | 0        |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>130</b>   | <b>0</b> | <b>66</b>       | <b>5</b> |

Para el resto de los géneros de la familia Arecaceae, el método muestra una menor eficacia (Tabla 7). La relación entre identificados y falsos identificados permite estimar una tasa de éxito del 95,15 %, lo que significa que en tan solo un 5 % de las ocasiones, los individuos identificados como del género Otros no lo eran. Sin embargo, considerando el total de individuos, la tasa de acierto disminuye considerablemente hasta el 66,3 % dado que muchos individuos no son detectados.

Este descenso en la eficacia de individuos de otros géneros pertenecientes a la misma familia de palmeras, es debido a la morfología menos característica que presentan, así como su disposición en el terreno, ya que tienden a presentarse en pequeñas agrupaciones que dificultan su numeración.

Si consideramos los 8.277 árboles presentes en dichas zonas ajardinadas según la última consulta en Arbomap, la no detección de tan solo 18 ejemplares del género *Phoenix* y 66 de otros géneros de la familia de las arecáceas, representa un error del 0,2 % (99,8 % de acierto) y del 0,8 % (99,2 % de acierto) respectivamente. Según Galve et al. (2009), una tasa de acierto del 75 % se considera como buena y por encima del 90 % excelente. Los datos mostrados con tasas de éxito por encima del 90 % evidencian la eficacia del método.

- Ventajas y limitaciones del método

La cartografía realizada y los mapas de validación demuestran que la metodología de detección visual con ortofotos gratuitas es eficaz en la geolocalización de ejemplares tanto del género *Phoenix* como de otros géneros de la familia de las arecáceas con altas tasas de acierto. La rapidez con la que se realiza en comparación al muestreo in situ, calle por calle, podría

suponer un ahorro considerable en las arcas de los organismos públicos, además permite geolocalizar ejemplares situados en terrenos privados a los que no se tendría acceso. Así mismo, el uso de ortofotos seriadas de diferentes años permitiría realizar estudios temporales que aportarían información relevante sobre la evolución y dispersión de la plaga de picudo rojo con el tiempo a partir de la identificación y situación espacio-temporal de las palmeras que van muriendo a causa de la plaga. En este sentido los mapas de validación han demostrado que en los últimos 3 años un 7 % de las palmeras había fallecido y tuvieron que ser taladas para impedir la diseminación de la plaga. Suponiendo que esta tasa se mantuviera constante, y en ausencia de medidas preventivas, toda la población de palmeras del municipio podría desaparecer en tan solo 12-13 años. La geolocalización de las palmeras muertas permitiría observar las zonas calientes en las que sería más aconsejable actuar con mayor celeridad.

En cuanto a los inconvenientes, cabe mencionar la dificultad que entraña la geolocalización de aquellas palmeras situadas en lugares con densidad de arbolado, zonas de sombra o con edificios próximos. Es en estas zonas donde se ha observado un ligero descenso en la eficacia de detección del método, si bien, se mantiene en tasas muy elevadas. No obstante, posiblemente la mayor limitación reside en que únicamente se puede hacer una distinción por morfología entre palmeras del género *Phoenix* y otros géneros, sin que sea posible distinguir entre estos últimos ni entre las especies del género *Phoenix*.

En tercer lugar existe un desfase entre la ortofoto de máxima actualidad y el momento actual, por lo que el número de ejemplares geolocalizados puede variar de los que existen realmente. Y finalmente, el método no permite distinguir entre individuos de titularidad pública o privada únicamente con la información aportada por las ortofotos y sería imprescindible contrastar con otras fuentes como las catastrales.

A pesar de las limitaciones, la alta tasa de éxito alcanzada con las palmeras del género *Phoenix* gracias a su peculiar e inconfundible morfología, abre las puertas al uso de esta metodología en la distinción de otras especies cuya disposición geométrica les hiciera distinguibles desde una vista aérea cenital.

#### **4.2. Anillos perimetrales y red de trampeo**

Una vez geolocalizados los individuos del género *Phoenix* se procedió a la elaboración de los anillos perimetrales que delimitan la distancia mínima de seguridad a las palmeras a la hora

de establecer la red de trámpeo. Como se puede ver en el siguiente mapa (Figura 28), se elaboraron un total de cinco anillos que englobaban los distintos grupos de palmeras de las zonas de estudio.

Debido a la magnitud y dispersión de las redes de trámpeo, estimando una media de monitoreo de entre 15 y 20 trampas por jornada, y teniendo en cuenta los recursos técnicos y humanos con los que se disponía para la campaña de monitoreo 2020, se tomó la decisión de desplegar una red de trámpeo únicamente en tres de los anillos, aunque se modificaron resultando ser dos finalmente. Para ello, se asume la gestión del anillo nº 5 que se une por su proximidad con el anillo nº 2 formando así un macroanillo principal, por parte del Ayuntamiento de Zaragoza y la Universidad de Zaragoza, y se cuenta con la colaboración del Ayuntamiento de Cuarte de Huerva para la gestión del anillo nº 3. El resto de anillos (anillo 1 y 4, Urbanizaciones del Zorongo y Los Cipreses), quedan diseñados para futuros estudios o campañas de captura masiva de picudo rojo.

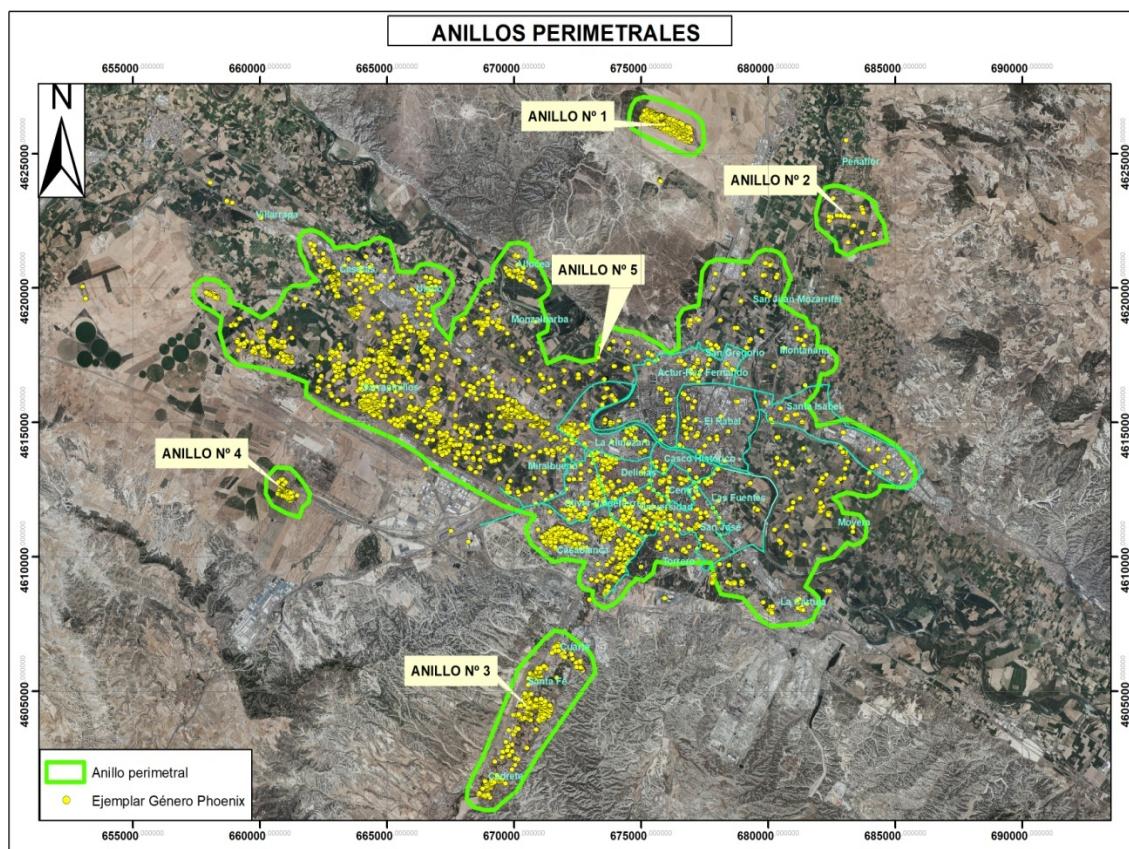


Figura 28. Mapa de anillos perimetrales.

El número de trampas que finalmente se instalan en los anillos mencionados (Figuras 29 y 30), también se vio modificado, reduciéndose en ambos casos debido a dificultades en las vías

de acceso como fueron la zona militar, zonas exclusivas del aeropuerto o fincas privadas con accesos restringidos.

Finalmente se instalaron un total de 77 trampas en el macroanillo principal, del que se hizo cargo de su instalación y muestreo el equipo de Parques, Jardines e Infraestructuras Verdes, al que me uno yo como alumno en prácticas de la Universidad de Zaragoza. En el anillo nº 3, se instalaron un total de 18 trampas, y su instalación y posteriores muestreos recayó en uno de los técnicos del Ayuntamiento de Cuarte.

El periodo de tiempo entre muestreos, se incrementó a tres semanas para el caso del macroanillo principal a partir del mes de octubre, cuando se notó un descenso acusado en el número de ejemplares capturados y la evaporación del agua de las trampas no era tan notable.

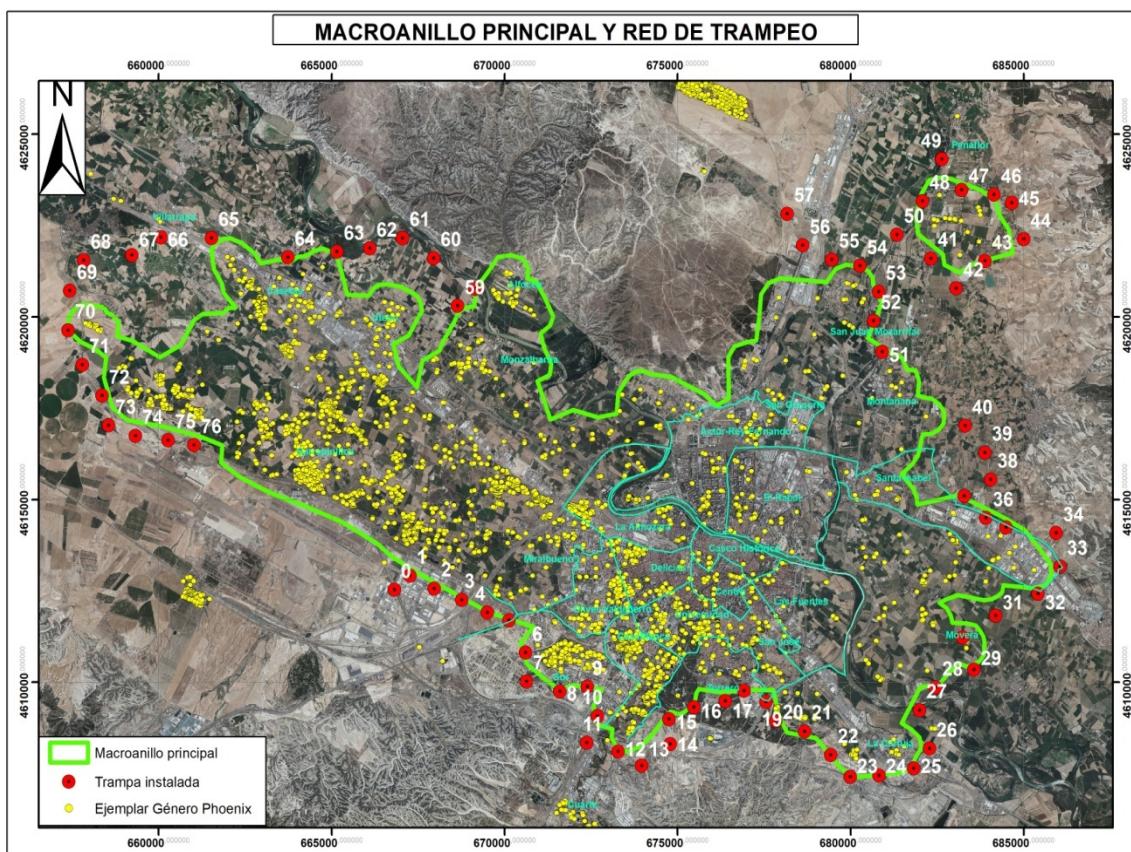


Figura 29. Mapa de distribución de trampas del macroanillo principal en los valles del río Ebro y río Gállego (Términos municipales de Zaragoza y Utebo).

Prestando atención a la red de tramo del macroanillo principal, hay que destacar un aspecto importante, y es que se presentan dos zonas en las que el acceso está restringido y por lo tanto no es posible instalar trampas, produciéndose así dos grandes vacíos de donde no se pudo obtener datos de capturas. Una de esas zonas se sitúa al norte del macroanillo coincidiendo con terrenos militares, se corresponde con la zona comprendida entre la trampa

nº 57 y la nº 58. La segunda de las zonas se sitúa al suroeste y se trata del aeropuerto de Zaragoza, delimitada por las trampas nº 76 y nº 0.

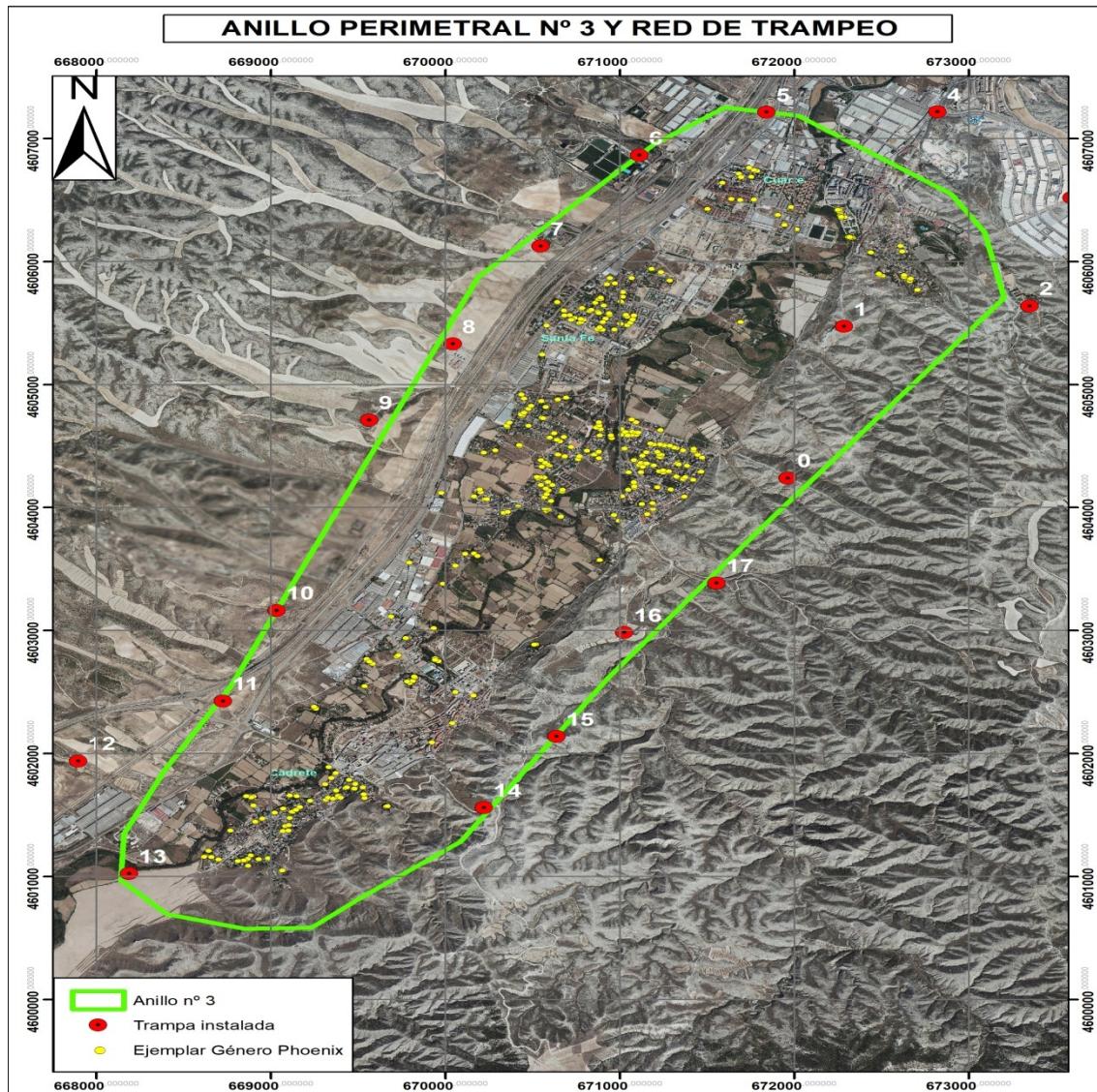


Figura 30. Mapa de distribución de trampas en el anillo nº3 en el valle del río Huerva (términos municipales de Cuarte de Huerva y Cadrete).

La red de trámpero diseñada para el anillo nº 3 se instaló entre los días 25 y 29 de junio. Por otro lado, las 77 trampas que forman la red de trámpero del macroanillo principal, se instalaron en su mayoría a finales de abril principios de mayo, pero debido a diferentes factores, no quedó finalmente cerrada por completo hasta finales de junio. Se procedió a la retirada de las trampas el día del último muestreo, los días uno y cuatro de diciembre para el macroanillo principal y el Anillo nº 3 respectivamente.

#### **4.3. Captura de ejemplares**

Mediante el trámpero masivo, se pretende por un lado reducir las poblaciones de picudo rojo y por otro lado, obtener información acerca del grado de actividad y de infestación de la plaga, para posteriormente tomar decisiones adecuadas que permitan ser más efectivos en los tratamientos a aplicar. Durante la campaña de trámpero que se llevó a cabo en este trabajo se lograron capturar un total de 3435 ejemplares de *R. ferrugineus*.

Concretamente del trámpero que se realizó en el macroanillo principal (Término municipal de Zaragoza y Utebo), se lograron capturar un total de 3022 ejemplares de picudo rojo, de los cuales 1760 fueron hembras, 1158 machos y 104 no se pudieron identificar. Para el caso del anillo nº 3 (Términos municipales de Cuarte de Huerva y Cadrete) se consiguió capturar un total de 413, de los cuales 239 fueron hembras, 139 machos y 35 quedaron sin identificar.

Los datos que se exponen a continuación y por lo tanto la interpretación que se realiza de los mismos se ven levemente afectados por el vandalismo de algunas trampas. Esta incidencia se observa de una manera más acusada en la red de trampas del anillo nº 3 debido al menor número de puntos de recogida de datos y en donde la ausencia temporal de una de las trampas puede afectar de forma más significativa en el total de capturas del muestreo.

Las figuras 31 y 32 muestran el total de capturas para cada muestreo en relación con la temperatura media que se registró durante esos períodos de tiempo. Atendiendo a la bibliografía consultada, la intensidad de vuelos del insecto se incrementa con la temperatura con máximos a los 35 °C y desciende progresivamente para temperaturas decrecientes hasta desaparecer en los meses más fríos (Weissling et al, 1994).

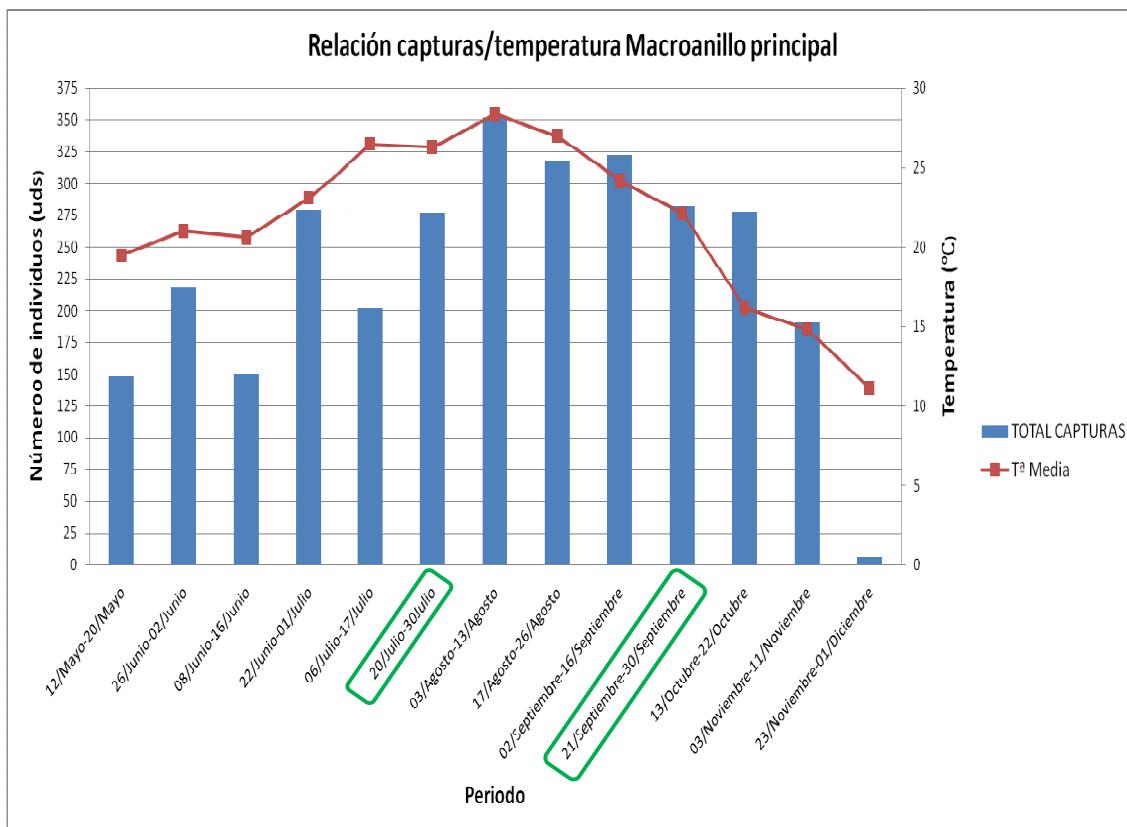


Figura 31. Relación de capturas frente a temperatura en el Macroanillo principal.

En el caso del macroanillo principal (Figura 31), como cabía esperar, existe una relación positiva entre el número de capturas y la temperatura, siendo los meses más cálidos los que registran la mayor actividad de vuelo del insecto. No obstante, existen ciertas anomalías derivadas de la metodología del muestreo puesto que el total de las trampas no quedaron instaladas finalmente hasta finales de julio y que a partir del mes de octubre, el intervalo de tiempo entre muestreos se incrementó a tres semanas en vez de dos.

Durante el muestreo del 6 al 17 de julio y el muestreo del 20 al 30 de julio pese a que las temperaturas registradas presentaban una tendencia ascendente, el número de capturas no alcanzaron los valores esperados y el número de ejemplares capturados decreció. Esta anomalía se debió a que durante ese periodo se alcanzó el final de la vida útil de las feromonas y kairomonas perdiendo así eficacia. Tras proceder a su sustitución por otras nuevas se recuperó la tendencia creciente alcanzándose el máximo de capturas durante la primera quincena de agosto.

Alcanzado ese pico de temperatura y capturas a primeros de agosto, se produce un descenso de las temperaturas y también de capturas de forma general, aunque también aparecen excepciones. En concreto durante los muestreos del 2 al 16 de septiembre hubo un

pequeño repunte debido a que el intervalo de tiempo con respecto al muestreo anterior fue mayor debido al periodo vacacional de los técnicos del Ayuntamiento de Zaragoza. También se registra una anomalía en el muestreo del 13 al 22 de octubre asociado al segundo cambio de feromonas y kairomonas que se realizó en el muestreo anterior y que por lo tanto estaban con la máxima eficacia.

Por último, destacar que por debajo de los 11°C las capturas prácticamente son nulas.

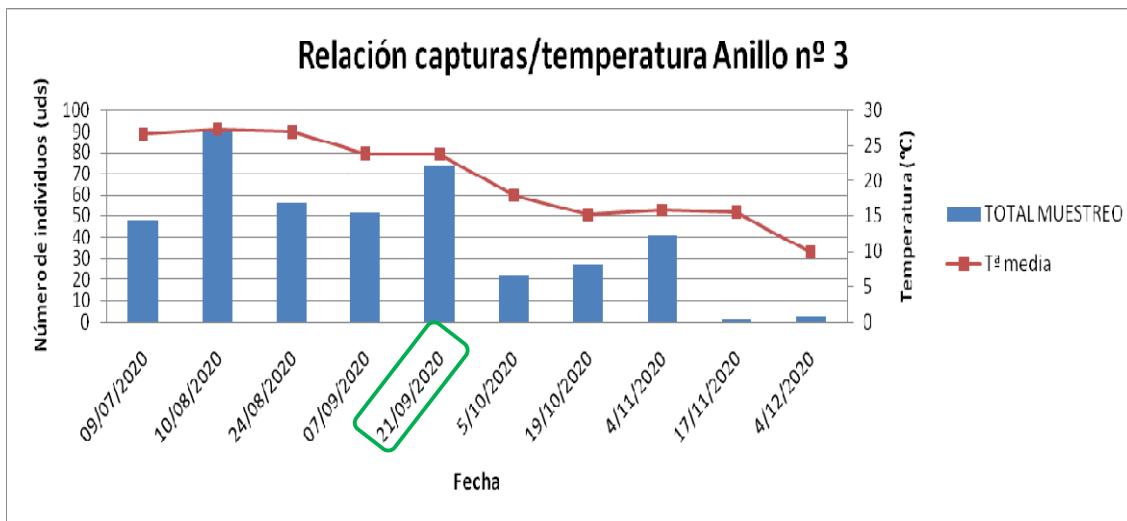


Figura 32. Relación de capturas frente a temperatura en el Anillo nº 3.

El gráfico obtenido para el caso de la red de trámpeo del anillo nº3 (Figura 32) muestra una tendencia de capturas similar a la observada en el macroanillo principal, con el máximo de capturas a primeros del mes de agosto coincidiendo con los valores de temperatura más altos.

En lo referente a las anomalías, la más destacada ocurre en el muestreo del 21 de septiembre, cuando se logra capturar la segunda cifra más alta de todo el periodo de trámpeo. Este es un dato sorprendente si tenemos en cuenta que la efectividad de las feromonas y kairomonas se encontraba en mínimos. El siguiente muestreo, con las feromonas y kairomonas repuestas y en su máxima efectividad, se produce un acusado descenso de capturas. Las variaciones de temperatura que se registraron en esos periodos podrían explicar estas anomalías, con máximos de capturas con temperaturas altas y mínimos con bajas. De ser cierta esta hipótesis, la temperatura y no la presencia de hormonas sería el factor crítico, lo que permitiría espaciar el recambio de las feromonas y kairomonas con el consiguiente ahorro. Un patrón semejante se reconoce en octubre y primera semana de Noviembre con capturas crecientes que parecen estar relacionados con picos de temperatura altas para ese periodo de entorno a 15°C. Finalmente, a diferencia de lo ocurrido en la red de trámpeo del macroanillo

principal, en este caso ya prácticamente no se consiguen capturas en el mes de noviembre, posiblemente debido a la menor densidad de palmeras infestadas.

A continuación se muestra la proporción de machos y hembras que se capturaron en las redes de trampas del macroanillo principal (Figura 33) y anillo nº 3 (Figura 34).

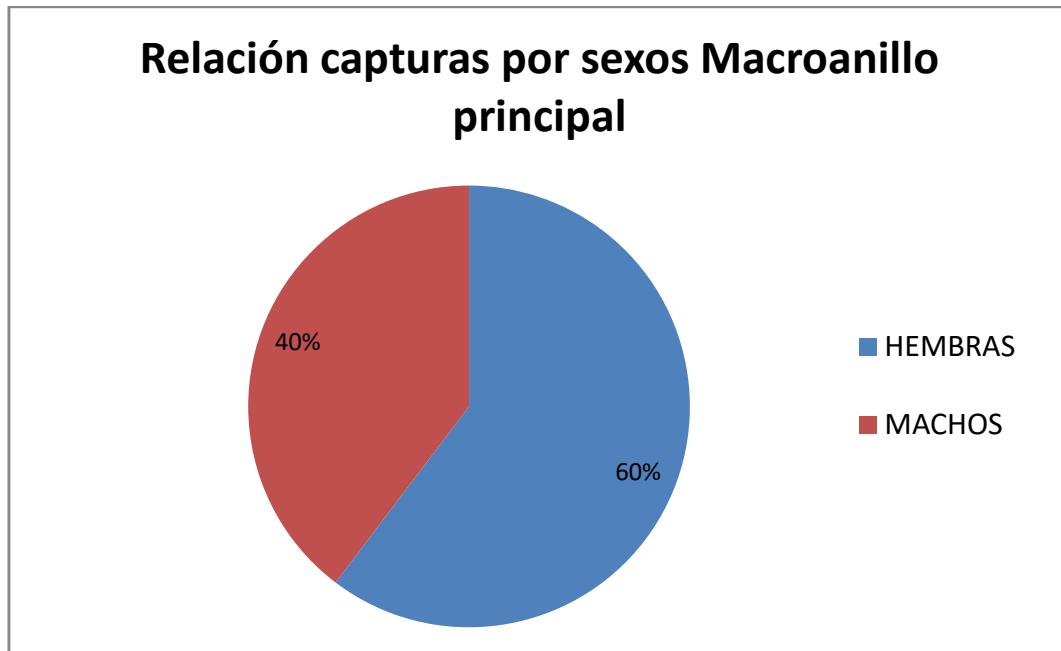


Figura 33. Proporción de capturas por sexos en el Macroanillo principal.

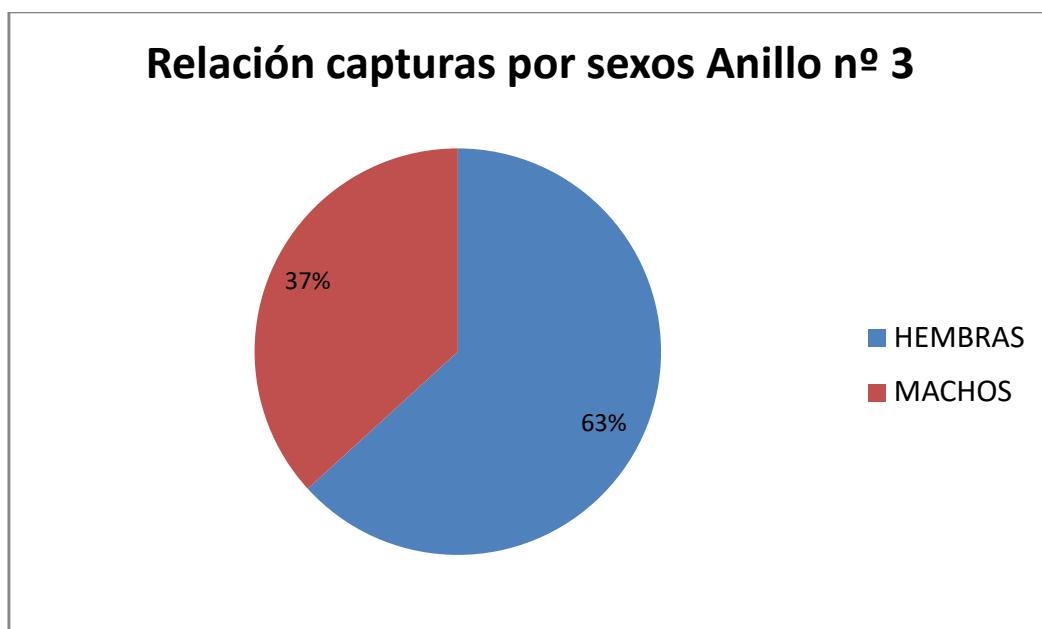


Figura 34. Proporción de capturas por sexos en el Anillo nº 3.

Comparando las proporciones de machos y hembras que se lograron capturar en las dos redes de tramo, macroanillo principal (Figura 33) y anillo nº 3 (Figura 34) podemos ver que se dan unas cifras muy similares siendo superiores las capturas de hembras en ambas. Son resultados esperados debido a la cercanía entre ambas.

En las dos figuras siguientes, se muestran las tendencias que han tenido durante el periodo de muestreo, las capturas tanto de hembras como de machos en la red de trampas del macroanillo principal (Figura 35) y en la del anillo nº 3 (Figura 36).

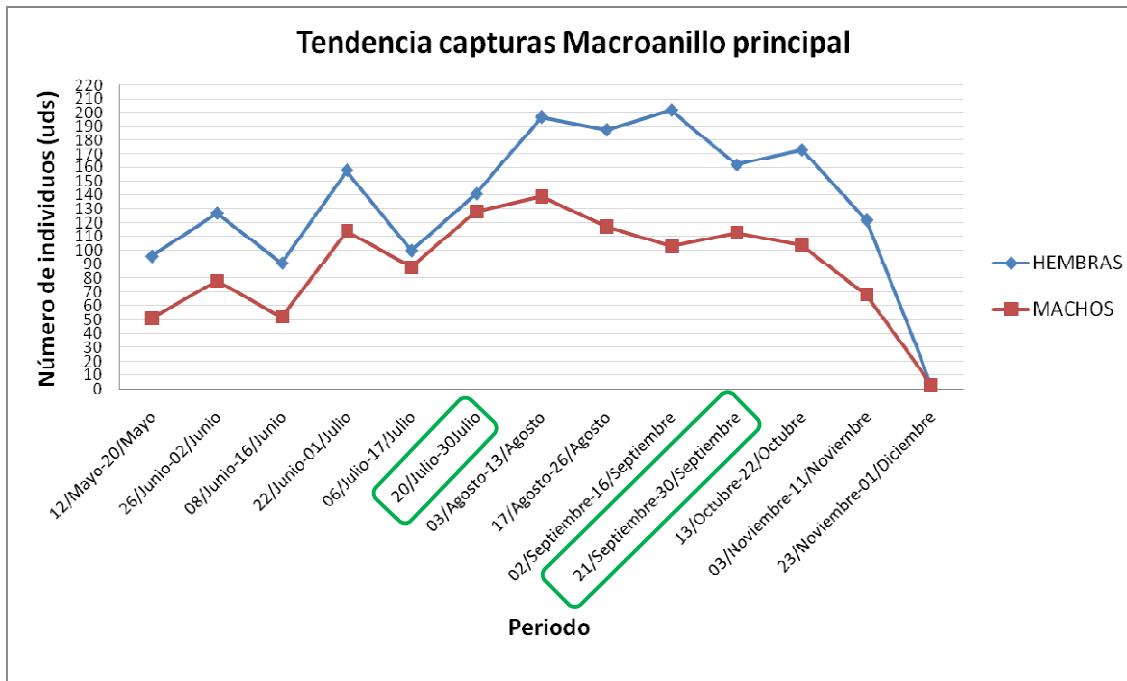


Figura 35. Tendencia de capturas por sexos en Macroanillo principal.

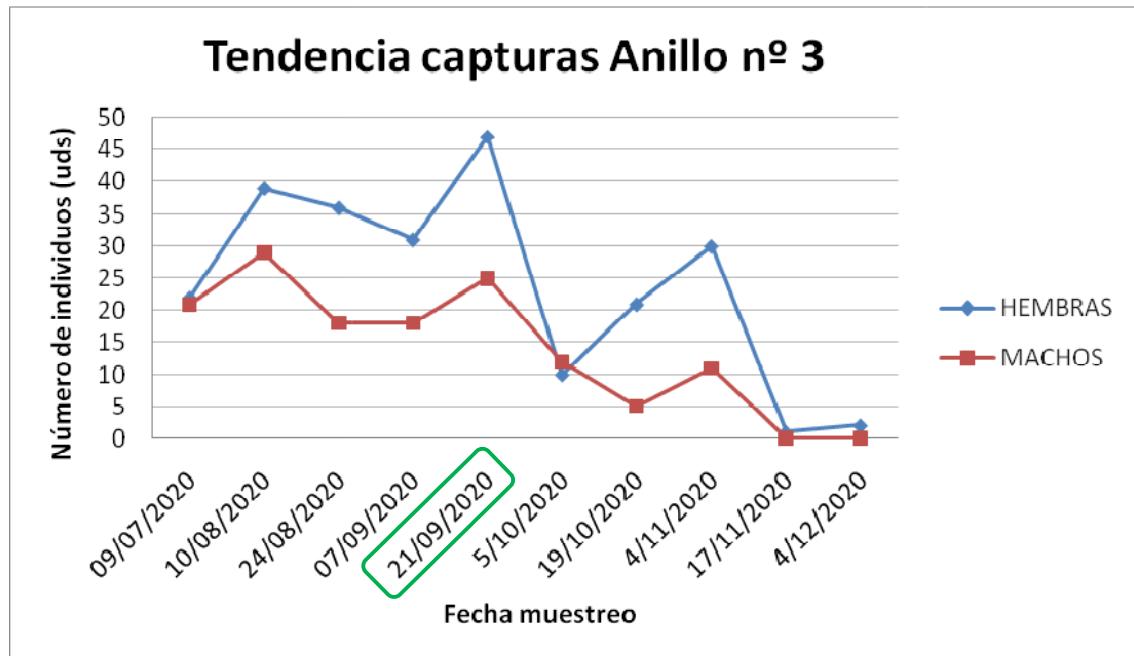


Figura 36. Tendencia de capturas por sexos en Anillo nº 3.

Como se puede apreciar en las dos figuras anteriores, las tendencias de capturas no siguen ningún patrón claramente definido a lo largo de los períodos de muestreo. Si bien es cierto que en líneas generales y como ya se ha comentado anteriormente, en ambos casos se da una mayor tendencia a capturar hembras. Aun así, podemos observar que en el caso del macroanillo principal sí se describe un dibujo similar en las líneas de tendencia para los dos sexos, estando por encima en todo momento la representación de las hembras, es decir no se producen grandes picos al alza o a la baja. Por el contrario, en el caso del anillo nº 3 no se aprecia una correlación entre la tendencia de hembras y machos, pudiéndose observar grandes picos tanto al alza como a la baja en el caso de las hembras.

El periodo en el que las líneas de tendencia de capturas se encontraron más próximas entre sí para el caso del macroanillo principal fue durante el mes de julio, coincidiendo con el último muestreo previo al cambio de feromonas y kairomonas. Esta observación nos indica que aunque las dos sustancias que se han usado en este trámpeo masivo están diseñadas para atraer tanto a machos como a hembras, en cuanto su eficacia baja, desciende en mayor proporción la captura de hembras que la de machos. Por lo tanto, se demuestra que las sustancias mencionadas, atraen en mayor proporción a las hembras de este insecto. En el caso del anillo nº 3, descartando los dos últimos muestreos correspondientes a noviembre y diciembre donde no se consiguen capturar apenas individuos, es en el muestreo del cinco de octubre donde se juntan ambas líneas de tendencia. Como ya se ha comentado anteriormente,

a pesar de ser el primer muestreo tras la renovación de feromonas y kairomonas se captura una cifra muy baja de picudos, y de nuevo como ocurre en el caso del macroanillo principal, el descenso de capturas es más notable en las hembras que en los machos aunque en esta ocasión la causa no es la misma, sino que podría deberse a que se produjo el primer descenso de temperatura, en torno a 6 °C con respecto al anterior.

Cabe señalar que el máximo de capturas por muestreo que se registran en el anillo nº 3 apenas superan los 50 individuos, frente a las más de 350 que se llegan a capturar en un muestreo del macroanillo principal, por lo que la interpretación de los datos puede ser poco precisa y representativa para el primer caso por el tamaño de la muestra analizada.

Las figuras 37 y 38 muestran, el total de capturas, las capturas por sexos, los individuos no identificados y la línea de tendencia durante todo el periodo de muestreo en el macroanillo principal y en el anillo nº 3, respectivamente. La línea de tendencia de capturas del macroanillo principal dibuja una forma clara de parábola con su máximo coincidiendo con el mes de agosto y cuyo principio y final tendría un valor de cero en enero y diciembre si se realizara un muestreo durante los doce meses del año. En el caso del anillo nº3 la línea de tendencia tiene forma de media parábola, empezando en el punto más alto y terminando con valor próximo a cero. Estas características nos indican que los muestreos para esta zona se iniciaron tarde, pues debería de presentar una forma similar a la del macroanillo principal. Estas geometrías evidencian la importancia de realizar muestreos futuros durante los doce meses del año, incluyendo los meses de invierno, para ver con claridad las tendencias de vuelo y determinar los momentos de máxima y mínima actividad del insecto. En este sentido, la Figura 39 muestra el ciclo biológico para *Rhynchophorus ferrugineus* elaborado por el Gobierno de Aragón y en el que se propone el periodo de trámpeo desde el mes de marzo hasta el mes de octubre, sin embargo como se muestra en la figura 40, los datos de capturas confirman la actividad del insecto durante el mes de noviembre. Como demuestran las líneas de tendencia de capturas, con ejemplares capturados en noviembre y diciembre, el plan de trámpeo diseñado por el Gobierno de Aragón no permitiría una erradicación del problema del Picudo y evidencia la necesidad de extender el periodo de trámpeo durante todo el año.

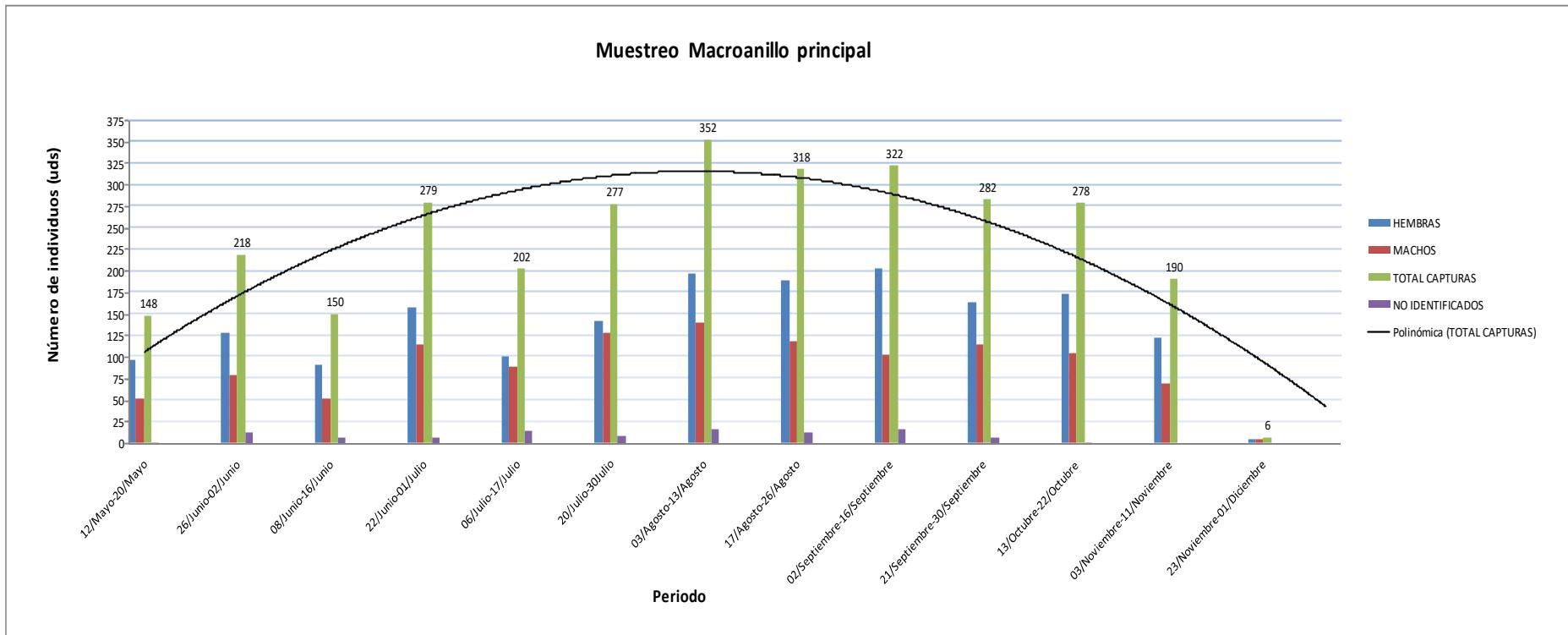


Figura 37. Capturas por muestreo en el Macroanillo principal.

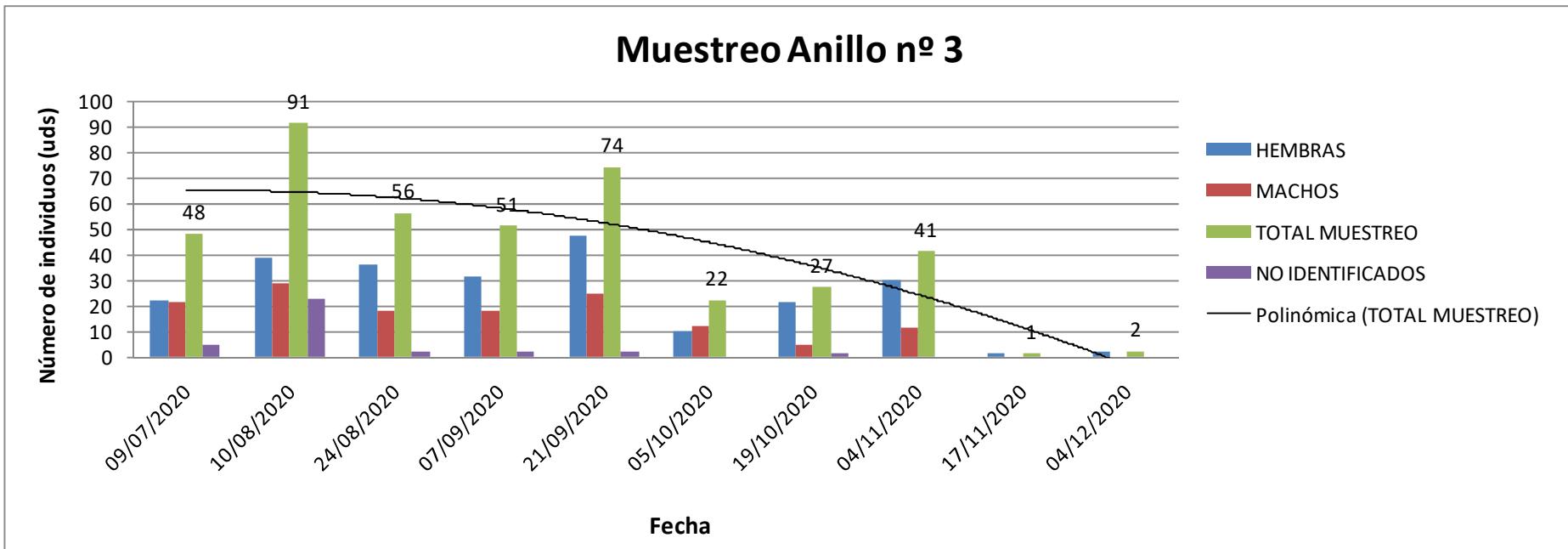


Figura 38. Capturas por muestreo en el Anillo nº3.

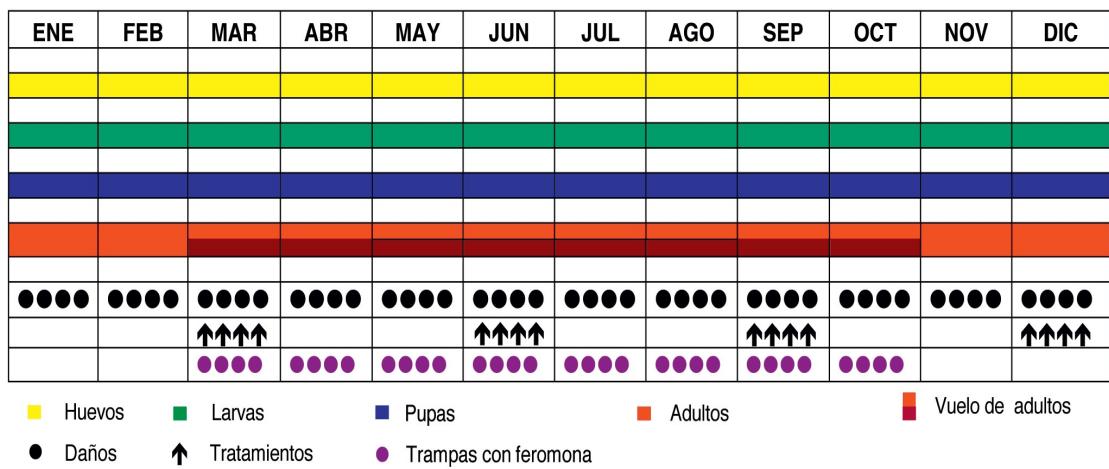


Figura 39. Ciclo biológico para *Rhynchophorus ferrugineus* en Aragón. (Gobierno de Aragón, 2010)



Figura 40. Periodo de trampeo y vuelo para *Rhynchophorus ferrugineus* campaña 2020 en el valle del río Ebro (términos municipales de Zaragoza y Utebo).

- **Modelo densidad de vuelo**

En la figura 41 se muestra un modelo de densidad de vuelo del insecto para la zona de estudio, elaborado a partir de los datos de capturas.

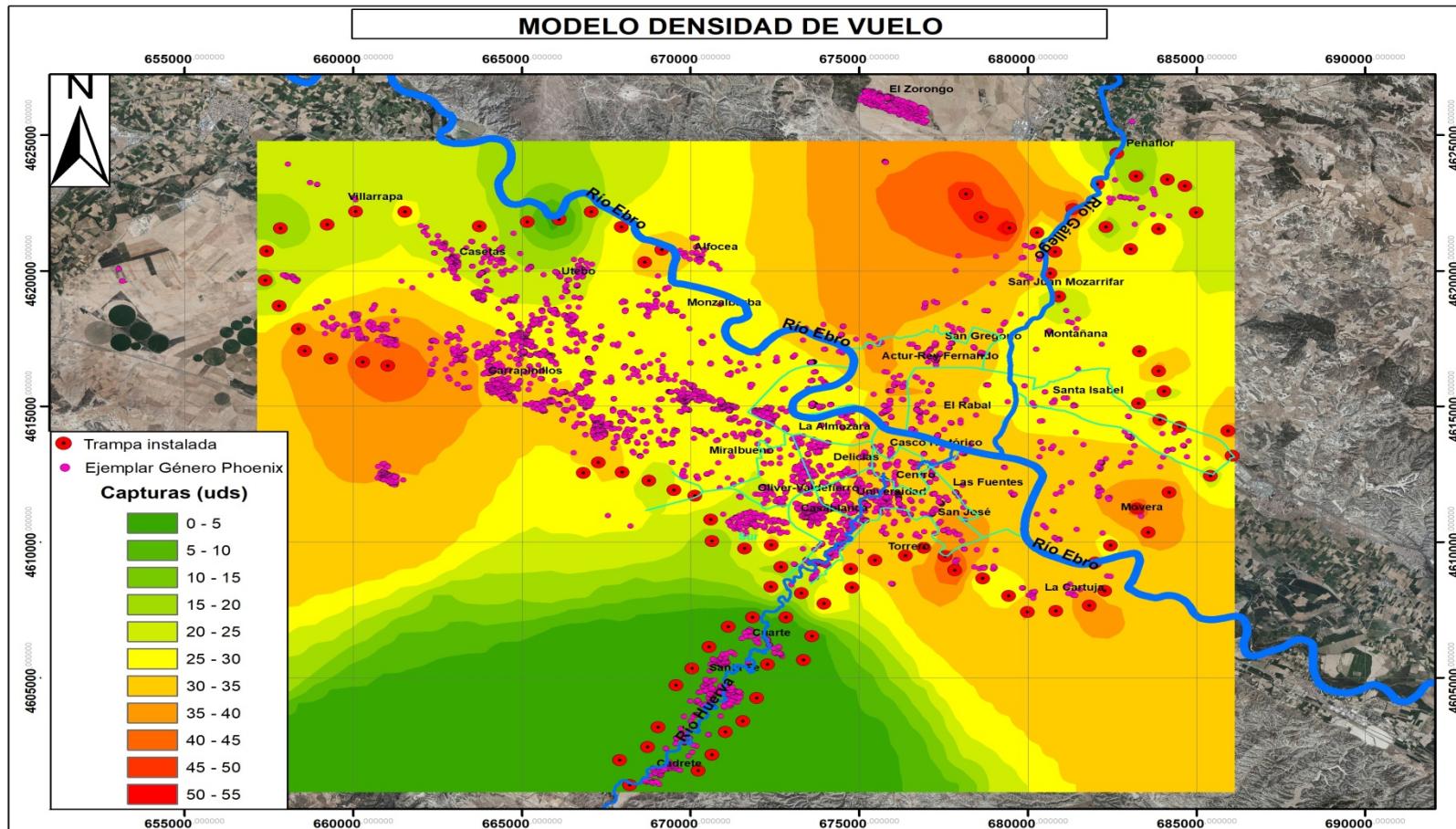


Figura 41. Modelo de densidad de vuelo en la zona de estudio realizado a través de la herramienta IDW y un tamaño de pixel de 500 m.

La interpretación del modelo de vuelos requiere tener en cuenta varios aspectos:(1) la distribución espacial de las palmeras del género Phoenix en las zonas de estudio, (2) la dirección predominante del viento en la zona, que recordamos presenta dos componentes, el cierzo (Noroeste) y el bochorno (Sureste) y (3) las características de vuelo del insecto, el cual se desplaza en contra del viento ya que éste distribuirá las feromonas y kairomonas por las que el insecto se ve atraído.

En base a estos criterios, el modelo muestra las zonas de menor a mayor densidad de vuelo en una graduación de colores desde el verde al rojo, reconoce una zona de color verde (menor densidad de vuelo) en el sur coincidiendo con el valle del río Huerva y los municipios de Cuarte, Santa Fe, Cadrete así como las grandes extensiones de monte bajo estepario de ambos márgenes del cauce fluvial. La baja densidad en el valle del río Huerva situado fuera del valle del río Ebro, se debe a su situación perpendicular a la dirección de los vientos predominantes, lo que dificulta el transporte de feromonas y kairomonas, además de la ausencia de palmeras cercanas al anillo.

Por el contrario, como era de esperar, todo el valle del río Ebro contiene tendencias de vuelo de altas a muy altas debido a su orientación favorable a los vientos dominantes que facilitan el transporte de las hormonas y kairomonas. Además, se reconocen dos focos rojos de alta densidad, una en el Noroeste en la localidad de Garrapinillos y la otra en el Sureste en las localidades de La Cartuja y Movera que parecen estar ligados a la dirección de los vientos predominantes, capturándose más ejemplares en el margen Noroeste cuando sopla viento de bochorno (viento de Sureste), y en el margen Sureste cuando sopla cierzo (viento de Noroeste). Aunque el modelo de densidad de vuelo es una buena aproximación de la tendencia de expansión de la plaga y comportamiento de vuelo del picudo, éste podría ser mejorable: (1) colocando trampas en la zona interior del anillo donde se carecen de datos de captura y (2) añadiendo información sobre el grado de infestación de cada palmera. Este último punto, si bien requeriría de un exhaustivo trabajo de campo, permitiría precisar mejor los focos de expansión y elaborar modelos más precisos puesto que la presencia de una palmera infestada condiciona la supervivencia de las situadas en su entorno y el número de capturas en las trampas próximas. Por ejemplo, las trampas situadas en una zona con una elevada densidad de palmeras con un grado bajo de infestación, capturarán pocos ejemplares. El caso contrario, se daría en zonas con una baja población de palmeras pero un alto grado de infestación. Un ejemplo lo encontramos en la zona norte de la zona de estudio en la margen derecha del Río Gállego, donde el modelo dibuja una de las zonas de mayor densidad de vuelo

con un foco de color rojo. Teniendo en cuenta que el valle del Gállego presenta una orientación oblicua a los vientos predominantes, sería de esperar unos valores de diseminación y vuelo bajos. Esta anomalía podemos atribuirla a dos factores. El primero de ellos es la proximidad a la que se encuentra la Ciudad Residencial El Zorongo situada al norte, fuera de este macroanillo principal, aunque cuenta con un anillo diseñado para instalar una red de trámpeo exclusiva en futuras campañas y que contiene un gran número de palmeras. El segundo de ellos es la ausencia de trampas que hay en esa zona por tratarse de terreno militar y que por lo tanto ha podido provocar desviaciones de la realidad.

#### 4.4. Análisis estadístico

##### Anillo nº 3

El número de picudos capturados en los distintos muestreos que se realizaron durante la campaña 2020 en el anillo nº 3 se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA DE UN FACTOR) obteniendo los siguientes resultados:

El Test K-S para 1 muestra dio como resultado una significación de  $0,000009 < 0.05$ . Es decir, no se cumple el principio de normalidad (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

|                                    |                   | TOTALCAPTURAS |
|------------------------------------|-------------------|---------------|
| N                                  |                   | 180           |
| Parámetros normales <sup>a,b</sup> | Media             | 2,294         |
|                                    | Desviación típica | 2,5581        |
|                                    | Absoluta          | ,185          |
| Diferencias más extremas           | Positiva          | ,182          |
|                                    | Negativa          | -,185         |
| Z de Kolmogorov-Smirnov            |                   | 2,480         |
| Sig. asintót. (bilateral)          |                   | ,000          |

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

##### Comparando capturas con muestreos:

Al analizar el parámetro de Levene (Tabla 9) se obtuvo un valor de  $p<0.05$  ( $p=0.000$ ) por tanto rechazamos la hipótesis nula y decimos que las varianzas de los diferentes grupos no son iguales.

Tabla 9. Prueba de homogeneidad de varianzas. Total capturas.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig.    |
|-----------------------|-----|-----|---------|
| 6,511                 | 9   | 170 | ,000*** |

Nuestro objetivo era conocer o contrastar la hipótesis de que varias medidas (las medias del nº de capturas de los muestreos) son iguales ( $H_0$ ), para ello partimos de las siguientes hipótesis.

-  $H_0$ : La mediana de los distintos grupos en la variable de contraste es la misma, es decir no existen diferencias significativas en el número de picudos capturados entre los distintos muestreos.

-  $H_1$ : Existen diferencias significativas entre las mediana de los diferentes grupos, es decir, existen diferencias significativas entre los distintos muestreos en cuanto al número de picudos capturados.

La prueba de Kruskal Wallis dio como resultado (Tabla 10) un valor de significancia  $p=0.000$ , es decir  $p<0.05$ . Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y podemos afirmar que sí existen diferencias significativas en cuanto al número de picudos capturados entre las fechas de los distintos muestreos.

Tabla 10. Estadísticos de contraste<sup>a,b</sup>.

|               | TOTALCAPTURAS |
|---------------|---------------|
| Chi-cuadrado  | 83,088        |
| gl            | 9             |
| Sig. asintót. | ,000          |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: MUESTREO

En la prueba post hoc, se realizó un Test de Duncan (probabilidad,  $\alpha = 0.05$ ) donde se comparan las medias de capturas obtenidas para cada muestreo obteniendo la Tabla 11 y la figura 42 que se muestran a continuación, donde se puede apreciar las diferencias que presentan las capturas entre muestreos, destacando las escasas capturas en los dos últimos muestreos.

Tabla 11. Test de Duncan total capturas Anillo nº 3

Duncan<sup>a</sup>

| MUESTREO | N  | Subconjunto para alfa = 0.05 |       |       |       |       |       |
|----------|----|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |    | 1                            | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 9,0      | 18 | ,056                         |       |       |       |       |       |
| 10,0     | 18 | ,111                         |       |       |       |       |       |
| 6,0      | 18 | 1,222                        | 1,222 |       |       |       |       |
| 7,0      | 18 | 1,500                        | 1,500 | 1,500 |       |       |       |
| 8,0      | 18 |                              | 2,278 | 2,278 | 2,278 |       |       |
| 1,0      | 18 |                              | 2,667 | 2,667 | 2,667 | 2,667 |       |
| 4,0      | 18 |                              |       | 2,833 | 2,833 | 2,833 |       |
| 3,0      | 18 |                              |       |       | 3,111 | 3,111 |       |
| 5,0      | 18 |                              |       |       |       | 4,111 | 4,111 |
| 2,0      | 18 |                              |       |       |       |       | 5,056 |
| Sig.     |    | ,060                         | ,060  | ,083  | ,284  | ,060  | ,178  |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 18,000.

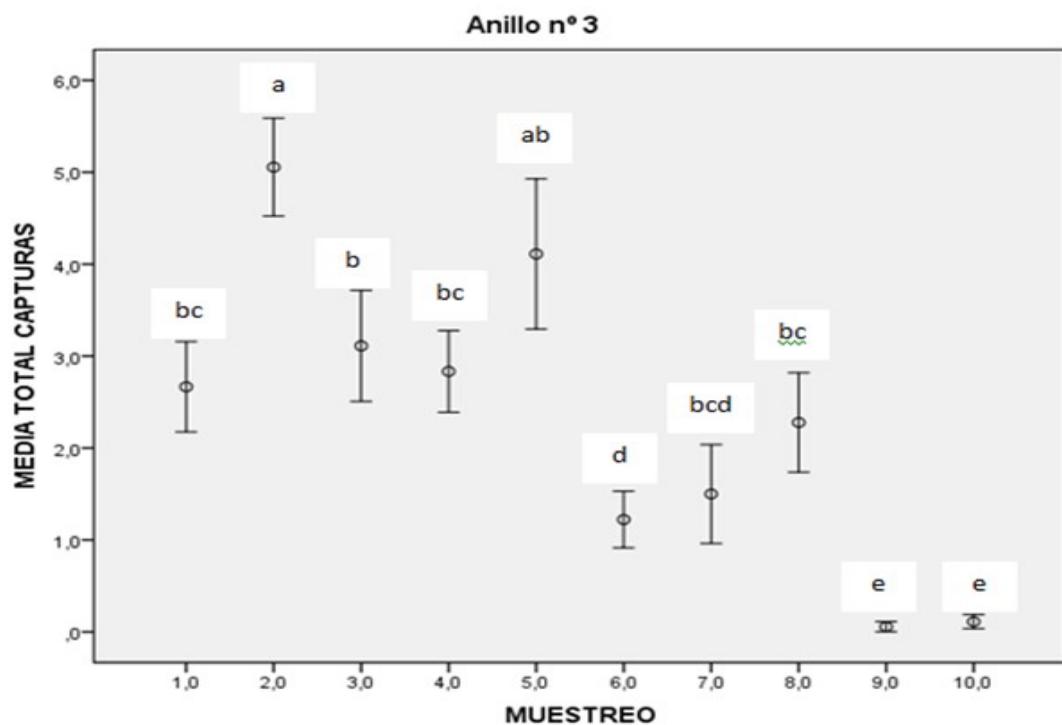


Figura 42. Distribución de medias de capturas por muestreo en Anillo nº 3.

### Comparando capturas con trampas:

Al analizar el parámetro de Levene (Tabla 12) se obtuvo un valor de  $p < 0.05$  ( $p = 0.018$ ) por tanto rechazamos la hipótesis nula y decimos que las varianzas de los diferentes grupos no son iguales.

Tabla 12. Prueba de homogeneidad de varianzas. Total capturas.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 1,937                 | 17  | 162 | ,018 |

Nuestro objetivo era conocer o contrastar la hipótesis de que varias medidas (las medias del nº de capturas de las trampas) son iguales ( $H_0$ ), para ello partimos de las siguientes hipótesis.

- $H_0$ : La mediana de los distintos grupos en la variable de contraste es la misma, es decir no existen diferencias significativas en el número de picudos capturados entre las trampas.
- $H_1$ : Existen diferencias significativas entre las mediana de los diferentes grupos, es decir, existen diferencias significativas entre las distintas trampas en cuanto al número de picudos capturados.

La prueba de Kruskal Wallis dio como resultado (tabla 13) un valor de significancia  $p = 0.797$ , es decir  $p > 0.05$ . Por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula y podemos afirmar que no existen diferencias significativas en cuanto al número de picudos capturados entre las distintas trampas.

Tabla 13. Estadísticos de contraste<sup>a,b</sup>.

|               | TOTALCAPTURAS |
|---------------|---------------|
| Chi-cuadrado  | 12,060        |
| gl            | 17            |
| Sig. asintót. | ,797          |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: TRAMPA

### Macroanillo principal

El número de picudos capturados en los distintos muestreos que se realizaron durante la campaña 2020 en el macroanillo principal se sometieron a un análisis de varianza obteniendo los siguientes resultados:

El Test K-S para 1 muestra dio como resultado una significación de  $0,000000 < 0.05$ . Es decir, no se cumple el principio de normalidad (tabla 14).

Tabla 14. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

|                                    |                   | TOTALCAPTURAS |
|------------------------------------|-------------------|---------------|
| N                                  |                   | 693           |
| Parámetros normales <sup>a,b</sup> | Media             | 3,214         |
|                                    | Desviación típica | 2,9457        |
|                                    | Absoluta          | ,142          |
| Diferencias más extremas           | Positiva          | ,142          |
|                                    | Negativa          | -,138         |
| Z de Kolmogorov-Smirnov            |                   | 3,733         |
| Sig. asintót. (bilateral)          |                   | ,000          |

a. La distribución de contraste es la Normal.

b. Se han calculado a partir de los datos.

### Comparando capturas con muestreos:

Al analizar el parámetro de Levene (tabla 15) se obtuvo un valor de  $p < 0.05$  ( $p = 0.000$ ) por tanto rechazamos la hipótesis nula y decimos que las varianzas de los diferentes grupos no son iguales.

Tabla 15. Prueba de homogeneidad de varianzas. Total capturas.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|------|
| 19,601                | 8   | 684 | ,000 |

Nuestro objetivo era conocer o contrastar la hipótesis de que varias medidas (las medias del nº de capturas de los muestreos) son iguales ( $H_0$ ), para ello partimos de las siguientes hipótesis.

- $H_0$ : La mediana de los distintos grupos en la variable de contraste es la misma, es decir no existen diferencias significativas en el número de picudos capturados entre los distintos muestreos.
- $H_1$ : Existen diferencias significativas entre las mediana de los diferentes grupos, es decir, existen diferencias significativas entre los distintos muestreos en cuanto al número de picudos capturados.

La prueba de Kruskal Wallis dio como resultado (Tabla 16) un valor de significancia  $p=0.000$ , es decir  $p<0.05$ . Por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y podemos afirmar que sí existen diferencias significativas en cuanto al número de picudos capturados entre los distintos muestreos.

Tabla 16. Estadísticos de contraste<sup>a,b</sup>.

|               | TOTALCAPTURAS |
|---------------|---------------|
| Chi-cuadrado  | 178,752       |
| gl            | 8             |
| Sig. asintót. | ,000          |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: MUESTREO

En la prueba post hoc, se realizó un Test de Duncan (probabilidad,  $\alpha = 0.05$ ) donde se comparan las medias de capturas obtenidas para cada muestreo obteniendo la tabla 17 y la figura 43 que se muestran a continuación, donde se puede apreciar las diferencias que presentan las capturas entre muestreos, destacando la concentración de capturas en los muestreos centrales y el descenso de las mismas en muestreos iniciales y finales.

Tabla 17. Test de Duncan total capturas Macroanillo Principal.

Duncan<sup>a</sup>

| MUESTREO | N  | Subconjunto para alfa = 0.05 |       |       |       |
|----------|----|------------------------------|-------|-------|-------|
|          |    | 1                            | 2     | 3     | 4     |
| 9,0      | 77 | ,078                         |       |       |       |
| 8,0      | 77 |                              | 2,468 |       |       |
| 1,0      | 77 |                              |       | 2,623 |       |
| 2,0      | 77 |                              |       |       | 3,597 |
| 7,0      | 77 |                              |       |       | 3,610 |
| 6,0      | 77 |                              |       |       | 3,662 |
| 4,0      | 77 |                              |       |       | 4,130 |
| 5,0      | 77 |                              |       |       | 4,182 |
| 3,0      | 77 |                              |       |       | 4,571 |
| Sig.     |    | 1,000                        | ,717  | ,233  | ,052  |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 77,000.

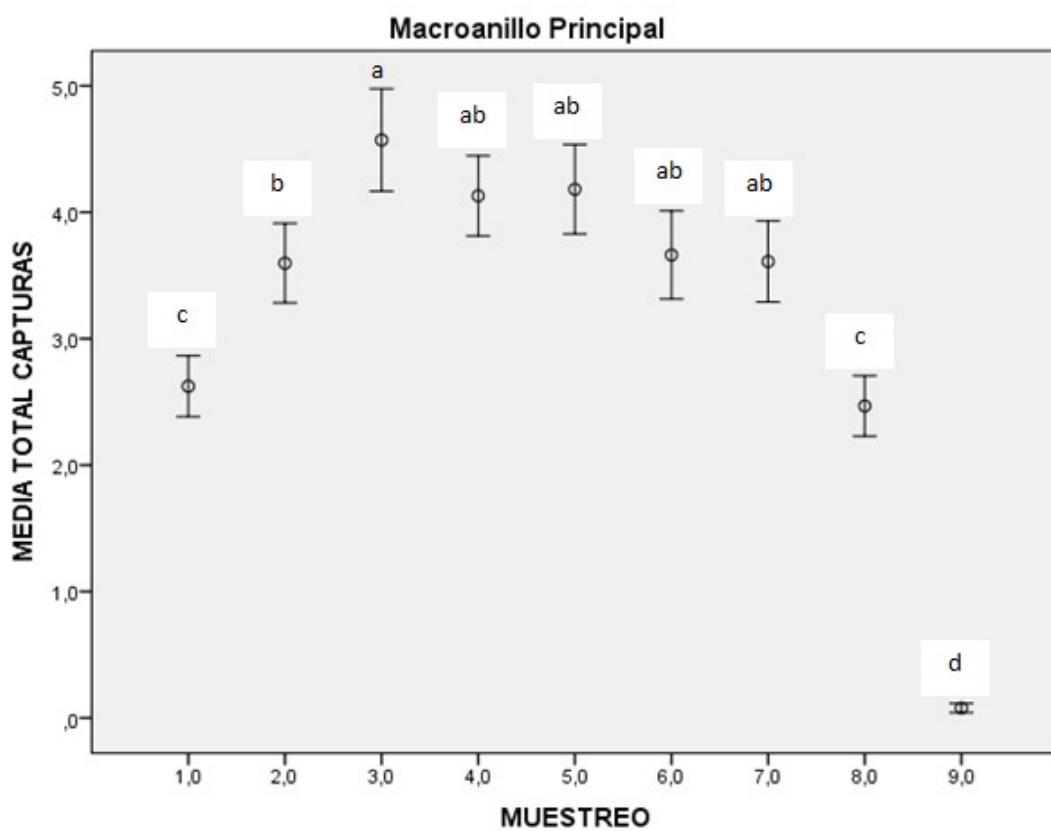


Figura 43. Distribución de medias de capturas por muestreo en Macroanillo Principal.

### Comparando capturas con trampas:

En esta ocasión, no se pudo realizar la prueba de homogeneidad de las varianzas para el total capturas ya que hay demasiados grupos y el programa únicamente permite 50, por lo que no nos fijamos en el estadístico de Levene sino que para este caso se analizó la significancia para ANOVA de un factor (Tabla 18) obteniendo un valor de  $p < 0.05$  ( $p = 0.010$ ) por tanto rechazamos la hipótesis nula y decimos que las varianzas de los diferentes grupos no son iguales.

Tabla 18. ANOVA de un factor. Total capturas.

|              | Suma de cuadrados | gl  | Media cuadrática | F     | Sig. |
|--------------|-------------------|-----|------------------|-------|------|
| Inter-grupos | 912,170           | 76  | 12,002           | 1,452 | ,010 |
| Intra-grupos | 5092,222          | 616 | 8,267            |       |      |
| Total        | 6004,392          | 692 |                  |       |      |

Nuestro objetivo era conocer o contrastar la hipótesis de que varias medidas (las medias del nº de capturas de las trampas) son iguales ( $H_0$ ), para ello partimos de las siguientes hipótesis.

- $H_0$ : La mediana de los distintos grupos en la variable de contraste es la misma, es decir no existen diferencias significativas en el número de picudos capturados entre las distintas trampas.
- $H_1$ : Existen diferencias significativas entre las mediana de los diferentes grupos, es decir, existen diferencias significativas entre las distintas trampas en cuanto al número de picudos capturados.

La prueba de Kruskal Wallis dio como resultado (Tabla 19) un valor de significancia  $p = 0.040$ , es decir  $p < 0.05$ . Por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y podemos afirmar que sí existen diferencias significativas en cuanto al número de picudos capturados entre las distintas trampas del macroanillo principal. Estas diferencias las podemos observar en la figura 44 donde se representa el valor medio de capturas para cada trampa.

Tabla 19. Estadísticos de contraste<sup>a,b</sup>.

|               | TOTALCAPTURAS |
|---------------|---------------|
| Chi-cuadrado  | 98,857        |
| gl            | 76            |
| Sig. asintót. | ,040          |

a. Prueba de Kruskal-Wallis

b. Variable de agrupación: Trampa

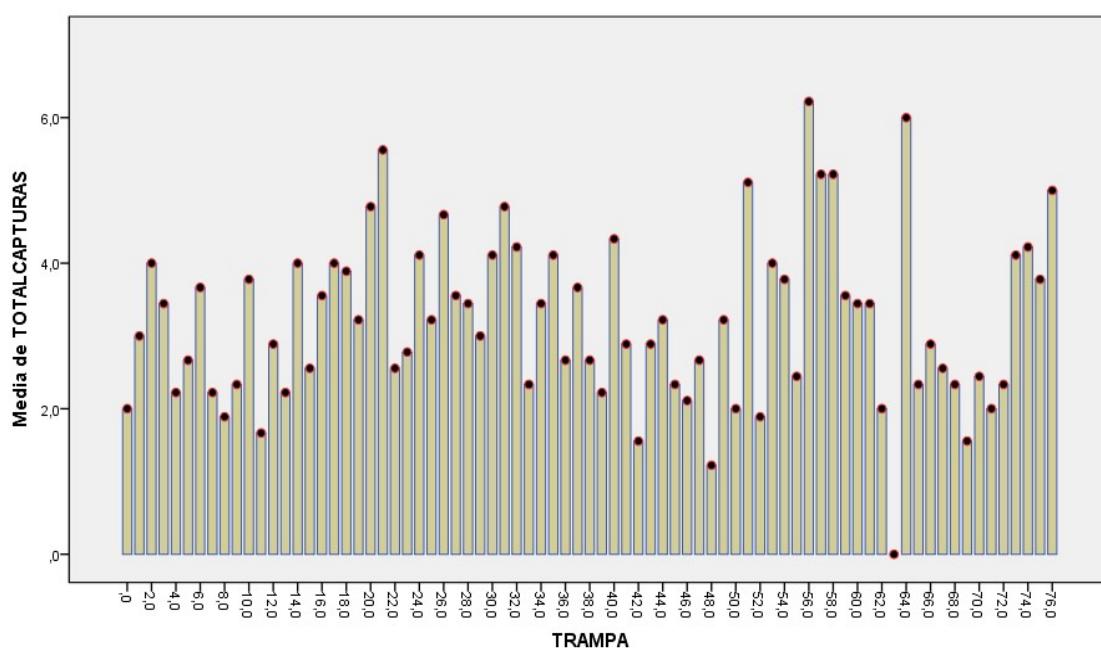


Figura 44. Media de capturas por trampa en Macroanillo Principal.

## 5. CONCLUSIONES

1. Con este estudio se ha conseguido obtener una visión global de la cantidad y localización de los ejemplares pertenecientes a la familia Arecaceae presentes en los términos municipales de Zaragoza, Utebo, Cuarte de Huerva y Cadrete.
2. La eficacia del método utilizado para identificar palmeras del género *Phoenix* es del 100 %, 89,3 % a la hora de localizar el total de los individuos que existen actualmente teniendo en cuenta que las ortofotos utilizadas no están actualizadas al año en el que se realiza el estudio.
3. El trampeo masivo es un método efectivo para reducir las poblaciones de picudo rojo, así como para conocer los períodos de mayor actividad.
4. Las medidas de control desarrolladas en este trabajo, de las que forma parte el trampeo masivo, no deben aplicarse por separado sino que deben formar parte de una estrategia global de control integrada frente a la plaga.
5. Este estudio ha demostrado que el periodo de vuelo de *R. ferrugineus* en Aragón, no finaliza en octubre como indica la bibliografía consultada, sino que se extiende hasta finales de noviembre. Sería interesante comprobar si comienza en marzo tal y como se describe, o lo hace en los meses anteriores, para ello, es necesario instalar las redes de trámpeo con anterioridad y mantenerlas durante los doce meses del año.
6. La temperatura, distribución de las palmeras y los vientos predominantes a lo largo del valle del Ebro, tienen una clara relación con el vuelo del insecto.
7. Los anillos y redes de trámpeo que se han diseñado, están formando parte de la estrategia global de control integrada frente a picudo rojo que lleva a cabo el Ayuntamiento de Zaragoza, quedando a su entera disposición.
8. Debido al gran número de palmeras de titularidad privada (91 %), es necesario realizar campañas de concienciación y buenas prácticas para informar de la importancia que tiene esta plaga en la ciudad, así como el modo en el que se debe actuar para conseguir una mayor eficacia en su erradicación.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Ao Midori Biocontrol, (2021). Feromonas de agregación. Recuperado de <http://www.aomidoribiocontrol.com/AoM39/index.php/feromonas.html> [Consultado 3 Junio 2021].

Ávalos, J.A. (2012). El picudo rojo de las palmeras *Rhynchophorus ferrugineus*, con información e implicación el control es posible. *Phytoma-España*, 240, pp. 12-13.

Barranco, P; De La Peña, J; Cabello, t. (1995). Un nuevo Curculiónido tropical para la fauna europea, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790), (Coleoptera, Curculionidae). *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 20:257-258.

Barranco, P; De La Peña, J; Cabello, T. (1996a<sup>a</sup>). El picudo rojo de las palmeras, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), nueva plaga en Europa (Coleoptera, Curculionidae). *Phytoma-España*, 76: 36-40.

Cabello, T.(2011). Biología e interacción picudo-palmera: daños ocasionados, modo de acción, ciclos de vida y dispersión.11 Jornadas Control Integrado en Espacios Verdes: Soluciones prácticas contra el picudo rojo de las palmeras. 14 y 15 de abril. Almería.

Cabello, T. (2006). Population biology and dynamics of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Col.: Dryophthoridae) in Spain / Biología y dinámica de población del picudo rojo de la palmera, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Col.: Dryophthoridae) en España. *I Jornada Internacional sobre el Picudo Rojo de las Palmeras*. Fund. Agroalimed/Gen. Valenciana. Valencia, pp. 19-34.

Cabello, T. (2012). *Rhynchophorus ferrugineus: biología, dispersión y modo de acción*. *Phytoma-España*, 235, pp. 36-38.

Cabello, T., Molina, M. M., De la Peña, J. y Barranco, P. (2003). Control biológico de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) mediante el nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) en palmeras. III Congreso Nacional de Entomología Aplicada. IX Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Entomología Aplicada del 20-24 de octubre de 2003.

CABI (2020). *Rhynchophorus ferrugineus* (picudo rojo de las palmeras). Recuperado de <https://www.cabi.org/isc/datasheet/47472#toDistributionMaps> [Consultado 24 Junio 2021].

CAGPA. (2011). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Dirección General de Agricultura. Gobierno de Canarias. "El Picudo rojo de las palmeras, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier.

Ceballos, L y Ruiz de la Torre, J. (2001). Árboles y Arbustos de la España Peninsular. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid: Mundi-Prensa.

Cobos, JM. (2010). Situation on *R. ferrugineus* in Spain. Red palm weevil Control Strategy for Europe. International Conference. Valencia, Spain 5-6 May.

Conesa, E; Parra, A; Zornoza, R; Faz, Á; Gómez, M.A. (2019). Guía de especies vegetales de la cuenca Mediterránea aptas para revegetación: Adecuación para zonas degradadas y contaminadas. Universidad Politécnica de Cartagena, pp. 36.

Consejería de Agricultura y Pesca de la Región de Murcia (2012). Plan de acción para el control del picudo rojo de las palmeras. Junta de Andalucía. Instituto de investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla (2012).

Consejería de Agricultura y Pesca de la Región de Murcia (2012). Recomendaciones para combatir el picudo rojo de las palmeras (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier). Junta de Andalucía. Instituto de investigación y Formación Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla (2012).

Cuadrat, José M; Sanz, Miguel Ángel; Serrano, Roberto; Tejedor, Ernesto. (2014). El clima del Término municipal de Zaragoza en el contexto del cambio global. Departamento de Geografía. Universidad de Zaragoza. Marzo, 2014.

Decisión 2007/365/CE, de LA COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS, de 25 de mayo, por la que se adoptan medidas de emergencia para evitar la introducción y propagación en la Comunidad de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). Diario Oficial de la Unión Europea, nº L139/24, de 31 de mayo de 2007.

Dembilio, O; Jacas, J.A. (2010). *Basic bio-ecological parameters of the invasive Red Palm Weevil, Rhynchophorus ferrugineus* (Col.: Curculionidae), in *Phoenix canariensis* under Mediterranean climate. Bull. Entomol. Res, 101, pp. 153-163.

Dembilio, Ó; Llácer, E; Jacas, J. (2011). Eficacia de los nematodos entomopatógenos para el control de *Rhynchophorus ferrugineus*. Phytoma-España, 226, pp. 117-120.

Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. (2010). El picudo rojo de las palmeras. Informaciones técnicas 3/2010.

Dolores, J.D.M. (2013). *“El picudo rojo de las palmeras. Descripción, comportamiento y daños en el término municipal de Cartagena”*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Politécnica de Cartagena.

Elduque, A.I; Martínez, J; Aldea, C. (2012). LOS ÁRBOLES DEL CAMPUS. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

España. Gobierno de Aragón. RESOLUCIÓN de 28 de agosto de 2017, de la Dirección General de Alimentación y Fomento agroalimentario, por la que se establecen zonas demarcadas y se adoptan diversas medidas fitosanitarias para la erradicación y control del organismo nocivo, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), en el territorio de la Comunidad Autónoma de Aragón.

Esteban-Duran, J; Yela, J.L; Beitia-Crespo, F; Jiménez-Álvarez, A. (1998). Biología del curculiónido ferruginoso de las palmeras *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) en laboratorio y campo: ciclo en cautividad, peculiaridades biológicas en su zona de introducción en España y métodos biológicos de detección y posible control (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae). Bol. San. Veg. Plagas, 24, pp. 737–748.

Galve, J., Gutiérrez, F., Lucha, P., Guerrero, J., Remondo, J., Bonachea, J., Cendrero, A., (2009). Probabilistic sinkhole modelling for hazard assessment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 437-452.

Gracia, L y Ortiz, C. (2011). El Palmeral de Elche. Project France-Italy.

Gracia, L. (2006). *Indicadores Ambientales Y Paisajísticos Del Palmeral De Elche*. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández de Elche, pp. 318.

INE. (2020). Instituto Nacional de Estadística. Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero. Recuperado de <https://www.ine.es/> [Consultado 6 Marzo 2021].

Infojardín. Distribución en España del Picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*). Recuperado de <https://archivo.infojardin.com/tema/distribucion-en-espana-del-picudo-rojo-rhynchophorus-ferrugineus-mapa.340847/> [Consultado 1Julio 2021].

Lepesme, P. (1947). *Les insectes des palmiers*. Ed. Paul Lechcoulier, Paris, pp. 903.

(MAPA). (2020). MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. GUÍA DE GESTIÓN INTEGRADA DE PLAGAS. GOBIERNO DE ESPAÑA. Madrid.

Martín, M.M; Cabello, T. (2005). Biología y ecología del Curculiónido rojo de la palmera, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera. Dryophthoridae). Departamento de Biología Aplicada. Universidad de Almería, pp. 202.

Martín, R; González. A. (2011). Plan de control y erradicación del picudo rojo en Canarias. Phytoma-España, 226, pp. 117-120.

Martínez, A. (2011). Biorend R Palmeras. Eficacia de nematodos entomopatógenos de una solución de quitosano para el control del picudo rojo. Phytoma-España, 226, pp. 63-65.

Menon K.P.V. y Pandalai K.M. (1960). Pests. In: The Coconut Palm: aNonograph, pp. 261-265, Indian Central Coconut Committee, Ernakulam (IN).

Morlans, E. (2014-15) "Anatomía y biometría del tubo digestivo del picudo rojo *Rhynchophorus ferrugineus*". Memòria del Treball de Fi de Grau. Universitat de les Illes Balears.

Naranjo, A; Sosa, P; Márquez, M. (2009). 9370 Palmerales de *Phoenix canariensis* endémicos canarios (\*). En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Orihuela-Torres, A; Perales, P; Rosado, D and Pérez-García, JM. (2017). Feeding ecology of the Common Kestrel *Falco tinnunculus* in the south of Alicante (SE Spain). Revista Catalana d'Ornitología, 33, pp. 10-16.

Real Decreto 1311/2012 por el que se establece el marco de actuación para conseguir el uso sostenible de los productos fitosanitarios (BOE 15.09.20129).

Sánchez, M. (2020). ¿Qué Tipos de palmeras nos podemos encontrar en España? Jardinería On. Recuperado de <https://www.jardineriaon.com/tipos-palmeras-espana.html> [Consultado 10 Octubre 2020].

Shawir, M. S and Al-Jabr, A. M. (2010). The infectivity of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) stages under laboratory conditions. Acta Horticultura, pp. 431-436.

Soto Sánchez, A. (2011). El picudo de las palmeras: descripción, comportamiento y daños. *Phytoma-España*, 226, pp. 10-12.

Vacas, S; Melita, O; Michaelakis, A; Milonas, P; Minuz, R; Riolo, P; Kamal, M; Lo Bue, P; Colazza, S; Peri, E; Soroker, V; Livne, Y; Primo, J and Navarro, V. (2017). Lures for red palm weevil trapping systems: aggregation pheromone and synthetic kairomone. *Pest Manag Science*, 73, 232-231.

Viado, G.B.; Bigornia, E. (1949). A biological study of the asiatic palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier), (Curculionidae, Coleoptera). *The Philippine Agriculturist*, 33, pp. 1-27.

Wattanapongsiri, A. (1966). A revision of the genera *Rhynchophorus* and *Dynamis* (Coleoptera: Curculionidae). Bangkok, Thailand; Departament of Agriculture Science Bulletin 1, Tesis doctoral pp. 431328 pp.

Weissling, T.J; Giblin-Davis, R.M; Center, B.J; Hiyakawa T. (1994). Flight behavior and seasonal trapping of *Rhynchophorus cruentatus* (Col.: Curculionidae). *Ann. Entom. Soc. Am*, 87: 641-647.

## **7. ANEXOS**

Anexo 1: Hoja de campo para muestreos.

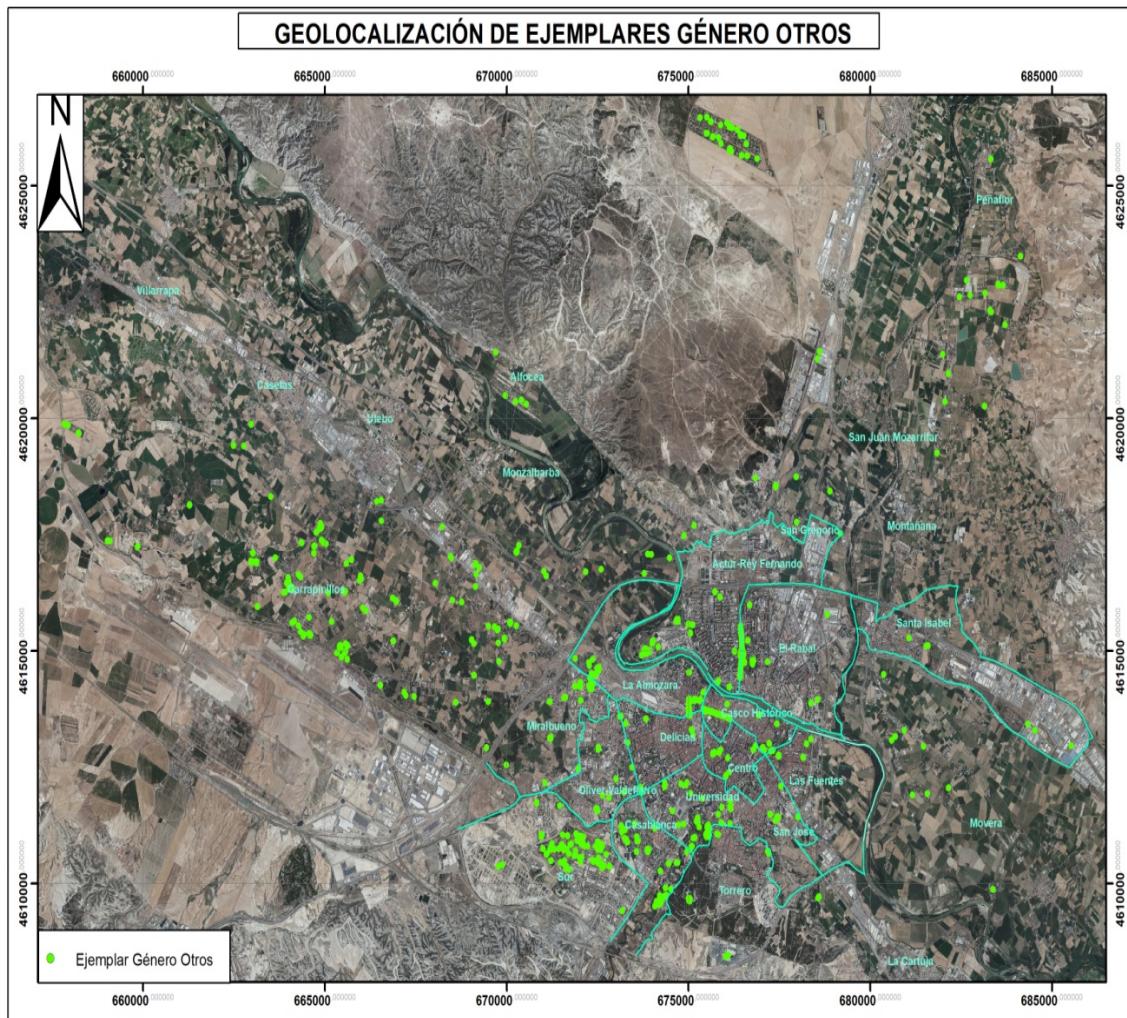
Hoja de campo muestreos Macroanillo Principal.

| FECHA MUESTREO MACROANILLO PRINCIPAL: |              |              |  |      |         |        |                  |       |               |
|---------------------------------------|--------------|--------------|--|------|---------|--------|------------------|-------|---------------|
| NÚM                                   | COORDENADA Y | COORDENADA X | NOMBRE                                       | DÍAS | HEMBRAS | MACHOS | NO IDENTIFICADOS | TOTAL | OBSERVACIONES |
| 0                                     | 41.647111    | -0.996858    | Rotonda pinos-olivos                         |      |         |        |                  |       |               |
| 1                                     | 41.650489    | -0.991362    | Inditex (C/Turiaso)                          |      |         |        |                  |       |               |
| 2                                     | 41.647165    | -0.982964    | Montero (C/Turiaso)                          |      |         |        |                  |       |               |
| 3                                     | 41.644187    | -0.973551    | Rotonda Cartel, ENTRADA PARQUE (IZQDA)       |      |         |        |                  |       |               |
| 4                                     | 41.640939    | -0.964729    | Ovejas                                       |      |         |        |                  |       |               |
| 5                                     | 41.638874    | -0.957302    | Valla crtra Madrid                           |      |         |        |                  |       |               |
| 6                                     | 41.630817    | -0.95188     | Rotonda Arcosur                              |      |         |        |                  |       |               |
| 7                                     | 41.6237      | -0.95175     | Dolmen de Tella                              |      |         |        |                  |       |               |
| 8                                     | 41.621008    | -0.940207    | Lago Penélope Cruz                           |      |         |        |                  |       |               |
| 9                                     | 41.621997    | -0.930652    | Desayuno con Diamantes (Fresa Negra)         |      |         |        |                  |       |               |
| 10                                    | 41.614726    | -0.927401    | Depósitos de cine                            |      |         |        |                  |       |               |
| 11                                    | 41.608204    | -0.931298    | Enfrente de Adiego                           |      |         |        |                  |       |               |
| 12                                    | 41.605862    | -0.920466    | Junquera-C/Europa                            |      |         |        |                  |       |               |
| 13                                    | 41.602192    | -0.912482    | C/Europa-Zorro                               |      |         |        |                  |       |               |
| 14                                    | 41.607375    | -0.902377    | Puente Z-40                                  |      |         |        |                  |       |               |
| 15                                    | 41.61354     | -0.902623    | Pinar-escombros                              |      |         |        |                  |       |               |
| 16                                    | 41.616304    | -0.893954    | Pinar-gasóleo                                |      |         |        |                  |       |               |
| 17                                    | 41.617648    | -0.882994    | Parque Barranco-Cementerio                   |      |         |        |                  |       |               |
| 18                                    | 41.620049    | -0.876424    | Policía-Parque Venecia                       |      |         |        |                  |       |               |
| 19                                    | 41.617173    | -0.868892    | Canal -Parque Venecia                        |      |         |        |                  |       |               |
| 20                                    | 41.612435    | -0.86566     | Pinarcanal-carbonera                         |      |         |        |                  |       |               |
| 21                                    | 41.609614    | -0.855778    | Valdeguirriana                               |      |         |        |                  |       |               |
| 22                                    | 41.603638    | -0.84686     | Canal (puente Las Jaras)-Higuera             |      |         |        |                  |       |               |
| 23                                    | 41.598094    | -0.840266    | Hormigones Argá-Vías Tren                    |      |         |        |                  |       |               |
| 24                                    | 41.598284    | -0.830254    | Canal-Polígono                               |      |         |        |                  |       |               |
| 25                                    | 41.599786    | -0.818203    | Polygono Cartuja-Cepyrene                    |      |         |        |                  |       |               |
| 26                                    | 41.604057    | -0.812562    | Camino San Antonio-Depuradora                |      |         |        |                  |       |               |
| 27                                    | 41.614098    | -0.8157      | Pasarela Bicentenario                        |      |         |        |                  |       |               |
| 28                                    | 41.619585    | -0.809997    | Valla Galacho Ebro                           |      |         |        |                  |       |               |
| 29                                    | 41.62374     | -0.796521    | Placas solares                               |      |         |        |                  |       |               |
| 30                                    | 41.631744    | -0.800163    | Cementerio                                   |      |         |        |                  |       |               |
| 31                                    | 41.636864    | -0.788562    | Sabores próximos                             |      |         |        |                  |       |               |
| 32                                    | 41.642042    | -0.773716    | Casetas                                      |      |         |        |                  |       |               |
| 33                                    | 41.648591    | -0.76577     | Esquina polígono                             |      |         |        |                  |       |               |
| 34                                    | 41.656835    | -0.766878    | Almendro-granja hacia Villamayor             |      |         |        |                  |       |               |
| 35                                    | 41.658569    | -0.784175    | Dana automóvil                               |      |         |        |                  |       |               |
| 36                                    | 41.661043    | -0.791076    | La Pasión                                    |      |         |        |                  |       |               |
| 37                                    | 41.666617    | -0.798477    | Gravera                                      |      |         |        |                  |       |               |
| 38                                    | 41.670447    | -0.789151    | Cruce camino Peñas                           |      |         |        |                  |       |               |
| 39                                    | 41.677167    | -0.790926    | Isleta                                       |      |         |        |                  |       |               |
| 40                                    | 41.683902    | -0.797568    | Cipreses privados                            |      |         |        |                  |       |               |
| 41                                    | 41.725343    | -0.80801     | Dentro del CITA                              |      |         |        |                  |       |               |
| 42                                    | 41.717806    | -0.799461    | Pto geodésico-casetas ruinas (antes Ecozara) |      |         |        |                  |       |               |
| 43                                    | 41.72434     | -0.789278    | Yermo poste luz entre 2 fincas               |      |         |        |                  |       |               |
| 44                                    | 41.729501    | -0.77566     | Antigua granja cerdos                        |      |         |        |                  |       |               |
| 45                                    | 41.738493    | -0.779492    | Casetas Pavos, cruce subida atalaya          |      |         |        |                  |       |               |
| 46                                    | 41.740643    | 0.785609     | Cabañera almendro frente urbanización        |      |         |        |                  |       |               |
| 47                                    | 41.742042    | -0.796771    | Cabañera, perrera-gravera                    |      |         |        |                  |       |               |
| 48                                    | 41.739542    | -0.810473    | Peña del Cuervo                              |      |         |        |                  |       |               |
| 49                                    | 41.749724    | -0.803342    | Cortado Gállego huerto abandonado            |      |         |        |                  |       |               |
| 50                                    | 41.731466    | -0.819674    | Merendero-Azud Urdán                         |      |         |        |                  |       |               |
| 51                                    | 41.702642    | -0.825647    | Parque Gran Capitán                          |      |         |        |                  |       |               |
| 52                                    | 41.710333    | -0.828452    | Pasarela Gállego                             |      |         |        |                  |       |               |
| 53                                    | 41.717549    | -0.827626    | Lenteja                                      |      |         |        |                  |       |               |
| 54                                    | 41.723994    | -0.832719    | Torre del Pino                               |      |         |        |                  |       |               |
| 55                                    | 41.725723    | -0.842427    | Campo vías tren (al otro lado)               |      |         |        |                  |       |               |
| 56                                    | 41.729406    | -0.852422    | Zorongo-crtra Huesca                         |      |         |        |                  |       |               |
| 57                                    | 41.737297    | -0.857516    | Aeromodelismo                                |      |         |        |                  |       |               |
| 58                                    | 41.72074     | -0.966562    | Monzalbarba 1º soto Ebro                     |      |         |        |                  |       |               |
| 59                                    | 41.716706    | -0.972683    | Finca privada perro                          |      |         |        |                  |       |               |
| 60                                    | 41.728577    | -0.980693    | 2º soto Ebro                                 |      |         |        |                  |       |               |
| 61                                    | 41.733744    | -0.991331    | Depuradora                                   |      |         |        |                  |       |               |
| 62                                    | 41.731376    | -1.0028      | Cuneta cerca mirador                         |      |         |        |                  |       |               |
| 63                                    | 41.73077     | -1.014213    | Última del soto del Ebro                     |      |         |        |                  |       |               |
| 64                                    | 41.729676    | -1.031308    | Área servicio Sobradiel                      |      |         |        |                  |       |               |
| 65                                    | 41.734886    | -1.05763     | Casetas antes de Semillas Mur                |      |         |        |                  |       |               |
| 66                                    | 41.735308    | -1.075232    | Polygono Los Leones Puma                     |      |         |        |                  |       |               |
| 67                                    | 41.731149    | -1.085476    | Campo de golf, femera-leña                   |      |         |        |                  |       |               |
| 68                                    | 41.730121    | -1.102256    | Cementerio esquina huerto.                   |      |         |        |                  |       |               |
| 69                                    | 41.722692    | -1.107295    | 1º del Canal                                 |      |         |        |                  |       |               |
| 70                                    | 41.712983    | -1.108115    | Finca cerca de Puente Clavería               |      |         |        |                  |       |               |
| 71                                    | 41.70441     | -1.103373    | Poste 4                                      |      |         |        |                  |       |               |
| 72                                    | 41.695658    | -1.096819    | Poste 12                                     |      |         |        |                  |       |               |
| 73                                    | 41.68928     | -1.094779    | Cerezas gravera                              |      |         |        |                  |       |               |
| 74                                    | 41.686569    | -1.08555     | Curva bochizo                                |      |         |        |                  |       |               |
| 75                                    | 41.685267    | -1.074164    | Canal km 65.4                                |      |         |        |                  |       |               |
| 76                                    | 41.68396     | -1.06529     | Canal km 66.2                                |      |         |        |                  |       |               |
| TOTAL CAPTURAS MUESTREO               |              |              |  |      |         |        |                  |       |               |

Hoja de campo muestreos Anillo nº 3.

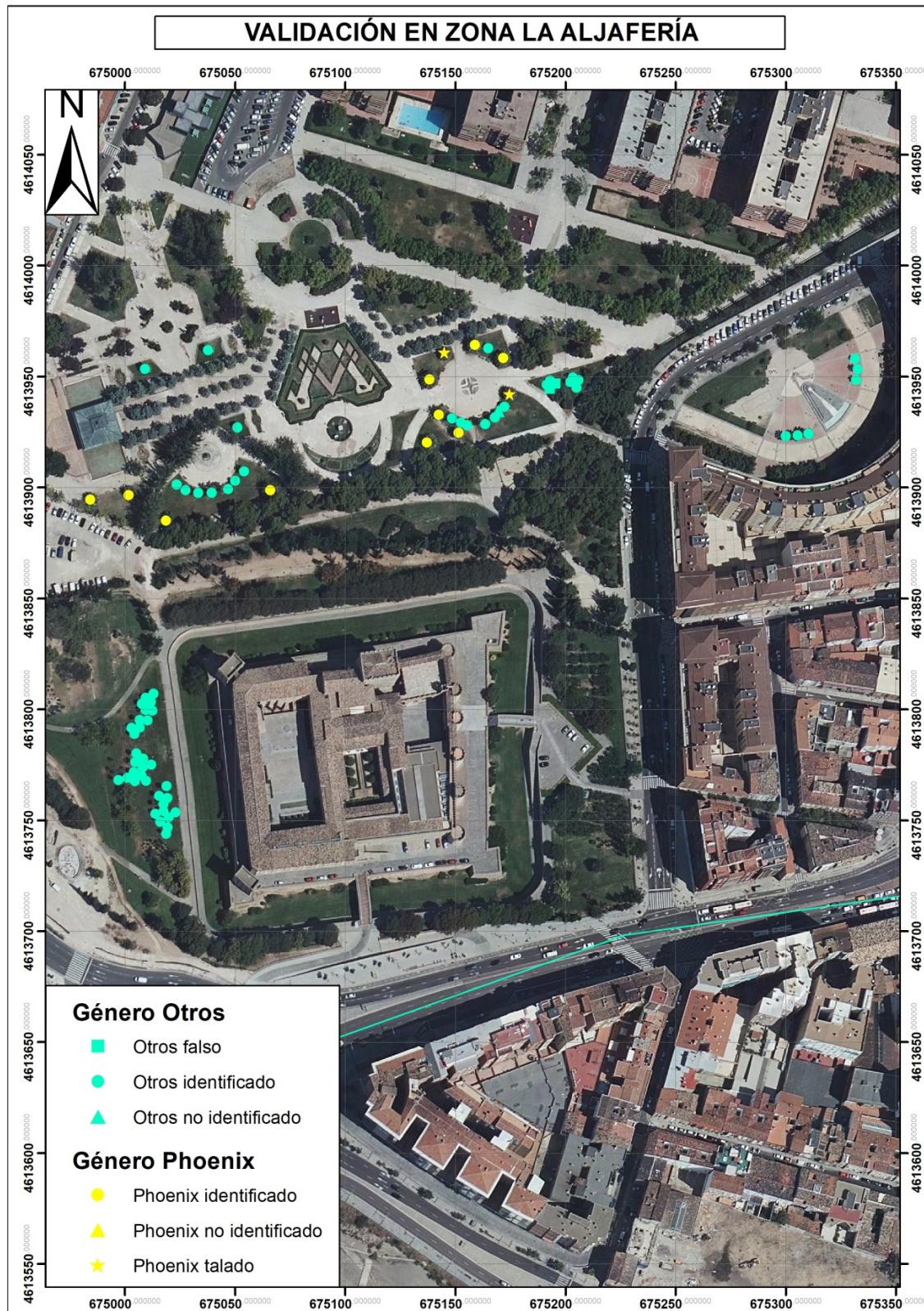
| FECHA MUESTREO ANILLO Nº3: |              |              |                                       |      |         |        |                  |       |               |
|----------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|------|---------|--------|------------------|-------|---------------|
| NÚM                        | COORDENADA Y | COORDENADA X | NOMBRE                                | DÍAS | HEMBRAS | MACHOS | NO IDENTIFICADOS | TOTAL | OBSERVACIONES |
| 0                          | 41.571359    | -0.937426    | Monte Santa Fe                        |      |         |        |                  |       |               |
| 1                          | 41.582383    | -0.933188    | Depósito Cantera Salas                |      |         |        |                  |       |               |
| 2                          | 41.583617    | -0.920419    | Caballos                              |      |         |        |                  |       |               |
| 3                          | 41.591531    | -0.91726     | Polygono Valdeconsejo                 |      |         |        |                  |       |               |
| 4                          | 41.597962    | -0.926286    | Rotonda Olivo subida Valdeconsejo     |      |         |        |                  |       |               |
| 5                          | 41.598148    | -0.938052    | Autovía Estación transformadora ERZ.. |      |         |        |                  |       |               |
| 6                          | 41.595152    | -0.946885    | Ciudad Deportiva                      |      |         |        |                  |       |               |
| 7                          | 41.58863     | -0.953872    | Colegio Britanico                     |      |         |        |                  |       |               |
| 8                          | 41.581582    | -0.960143    | Camino lateral Central de gas         |      |         |        |                  |       |               |
| 9                          | 41.576113    | -0.966052    | Monte Detrás de Shell.                |      |         |        |                  |       |               |
| 10                         | 41.562286    | -0.972869    | Olivos (enfrente del Genaro).         |      |         |        |                  |       |               |
| 11                         | 41.555731    | -0.976748    | Kadrit Carretera (entre N-330)        |      |         |        |                  |       |               |
| 12                         | 41.551516    | -0.986827    | Aphoteka                              |      |         |        |                  |       |               |
| 13                         | 41.543216    | -0.983588    | Entre Cadrete y Maria                 |      |         |        |                  |       |               |
| 14                         | 41.547603    | -0.959073    | Camino Subida Las Planas.             |      |         |        |                  |       |               |
| 15                         | 41.552723    | -0.953913    | AerogeneradorMolino.                  |      |         |        |                  |       |               |
| 16                         | 41.560258    | -0.949025    | Barranco de las Almunias              |      |         |        |                  |       |               |
| 17                         | 41.563761    | -0.942591    | Monte de Cadrete                      |      |         |        |                  |       |               |
| TOTAL CAPTURAS MUESTREO    |              |              |                                       |      |         |        |                  |       |               |

Anexo 2: Geolocalización de ejemplares género Otros.

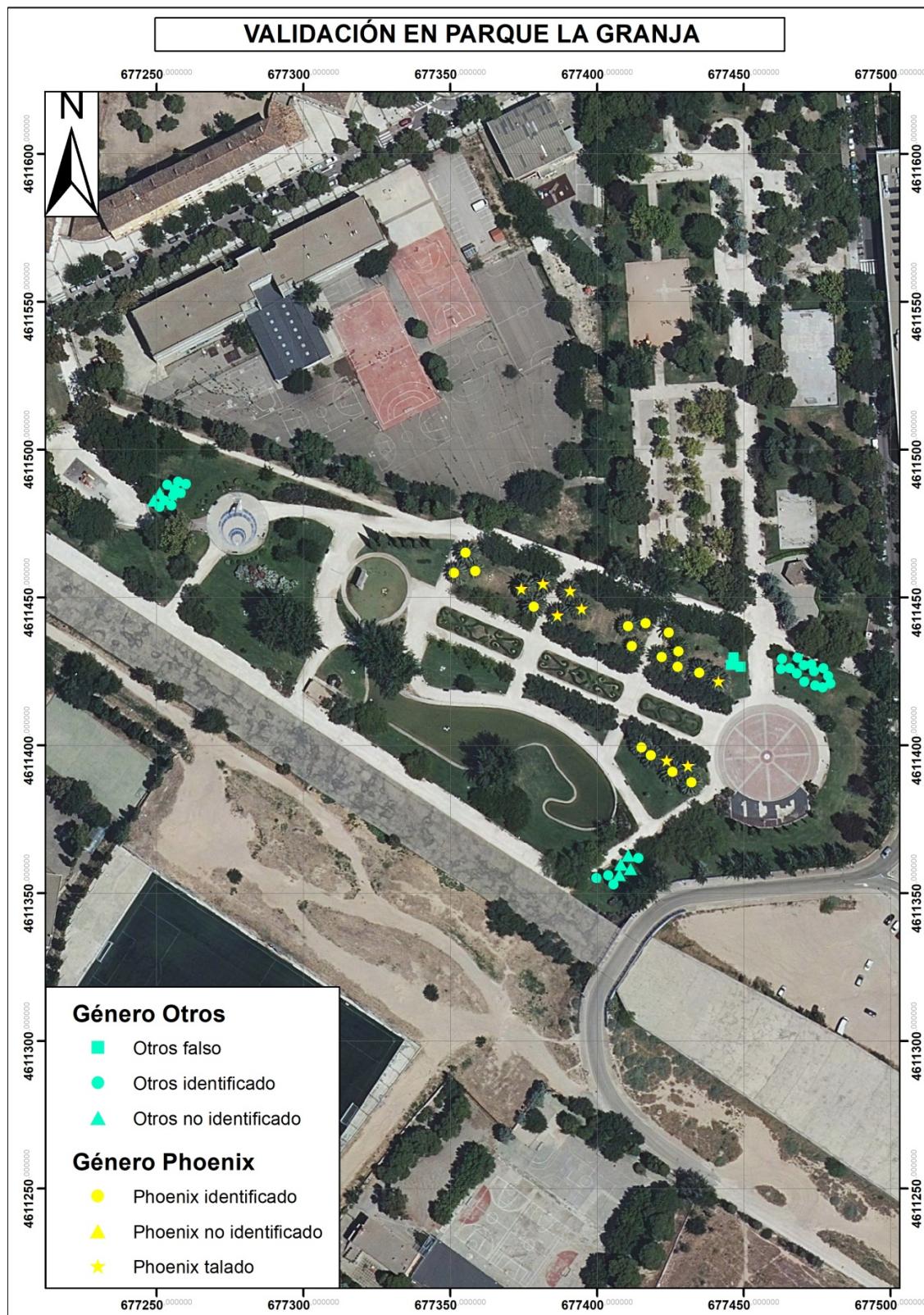


Anexo 3: Mapas de validación del método.

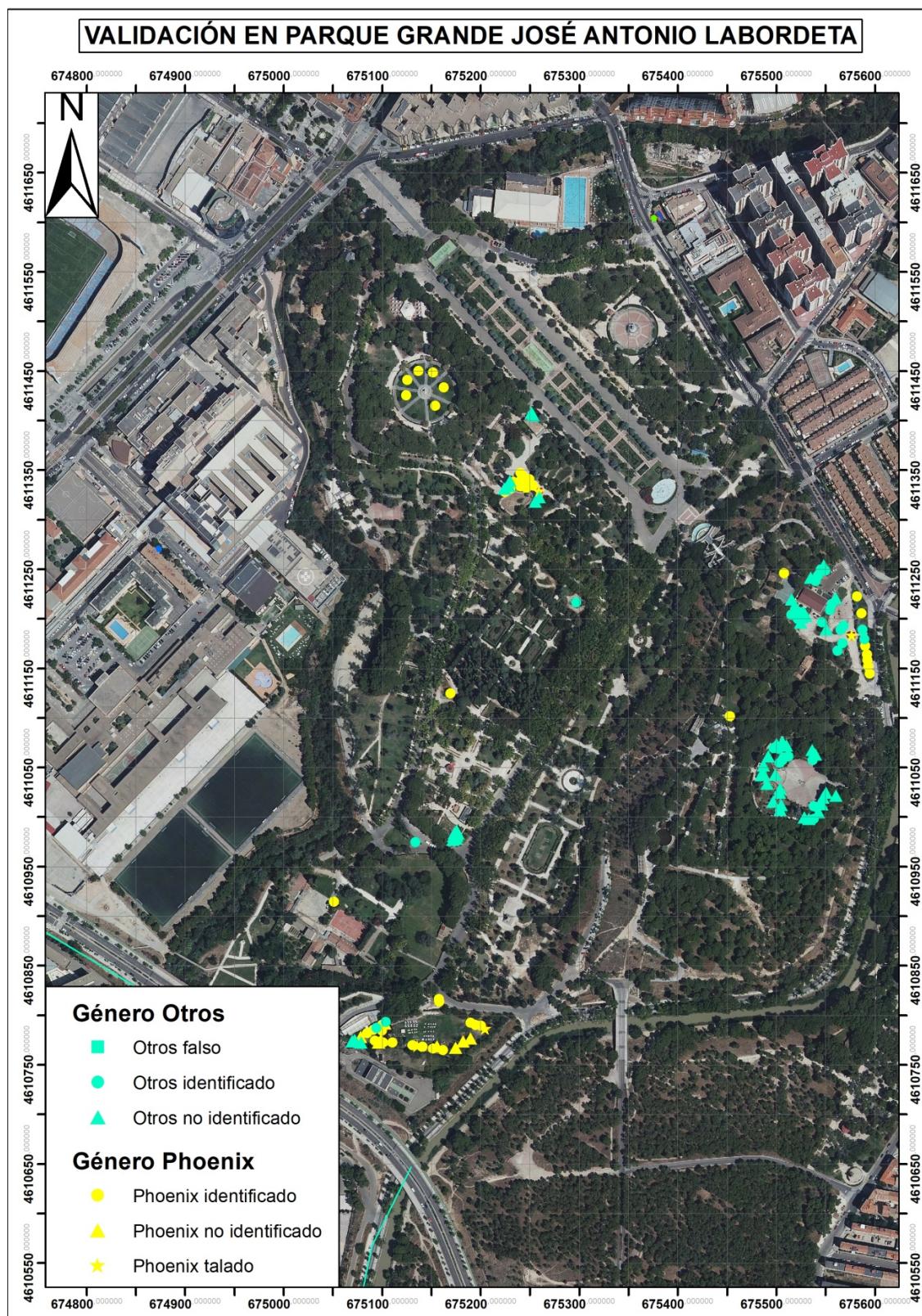
Mapa validación del método en Zona La Aljafería.



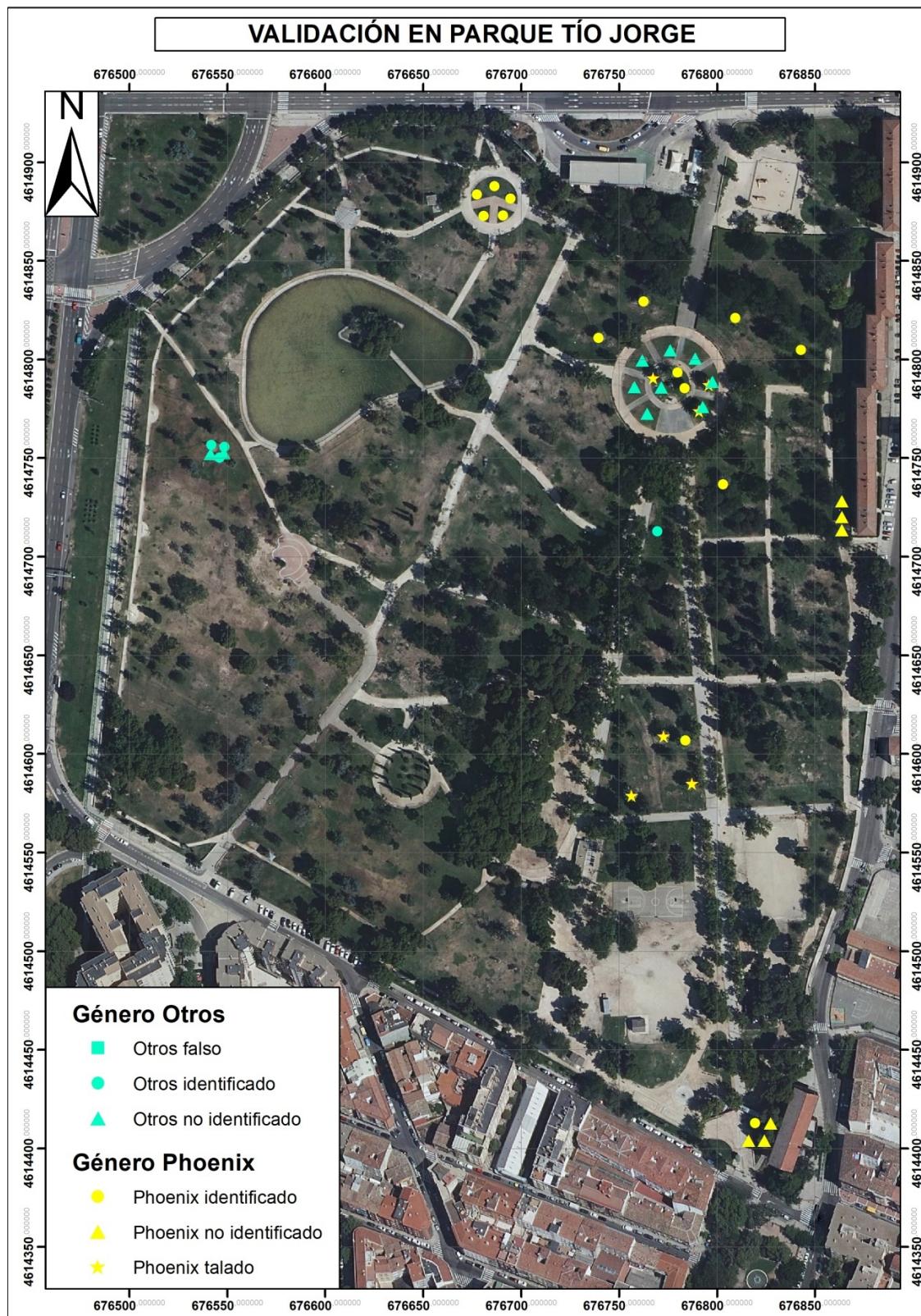
Mapa validación del método en Parque La Granja.



Mapa validación del método en Parque Grande José Antonio Labordeta.



Mapa validación del método en Parque Tío Jorge.



Mapa validación del método en Parque Pignatelli.

