



MADRID

medio ambiente y
movilidad

PLAN ESTRATÉGICO PARA EL MANEJO Y CONTROL DE LA GALERUCA DEL OLMO (X. LUTEOLA) EN LA CIUDAD DE MADRID

AÑO 2017



ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCION GENERAL.....	7
I. ESTUDIO DE LA ESPECIE Xantogaleruca luteola Müll, GALERUCA DEL OLMO.....	5
1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS INSECTOS.....	6
2. EL ORDEN DE LOS COLEÓPTEROS.....	10
3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE X. LUTEOLA.....	15
4. DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE.....	17
5. BIOLOGÍA DE LA ESPECIE	24
5.1. DESCRIPCIÓN DEL INSECTO	24
5.2. DESARROLLO DEL INSECTO.....	27
5.3. DESARROLLO ANUAL	29
6. DAÑOS QUE OCASINA LA PLAGA.....	32
7. ESPECIES DEL GÉNERO ULMUS AFECTADAS.....	34
8. CONTROL DE LA PLAGA	35
8.1. CONTROL NATURAL	35
8.2. CONTROL APLICADO	38
II. DEFICIENCIAS SANITARIAS DEL GÉNERO ULMUS	44
1. INTRODUCCIÓN A LA ESPECIE BOTÁNICA.....	45
2. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES IBÉRICAS	47
3. PLAGAS Y ENFERMEDADES	51
BLOQUE III. RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL ESTUDIO	58
1. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO.....	59
1.1. DESARROLLO DE LA PLAGA Y SU CICLO BIOLÓGICO.....	59
1.2. ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA POBLACIÓN PLAGA	61
1.3. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO	66

1.4. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN PLAGA. INVENTARIO DE PLAGA	72
1.5. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA POBLACIÓN PLAGA	75
2. RESULTADOS DEL ESTUDIO	77
2.1. DESARROLLO DE LA PLAGA Y SU CICLO BIOLÓGICO.....	77
2.2. ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA POBLACIÓN PLAGA	78
2.3. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN PLAGA. INVENTARIO DE PLAGA	84
3. ANALISIS DE RESULTADOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE GALERUCA DEL OLMO EN LA CIUDAD DE MADRID	87
4. CONCLUSIONES	106
5. PLAN ESTRATEGICO DE MANEJO Y CONTROL DE LA GALERUCA EN MADRID.....	108
 BIBLIOGRAFÍA.....	 114
 ANEXOS.....	 118
ANEXO 1. PLANOS INVENTARIO.....	120
ANEXO 2. PUNTOS DE ESTUDIO.....	148
ANEXO 3. TRATAMIENTOS.....	154
ANEXO 4. INTEGRAL TÉRMICA.....	194
ANEXO 5. REVISIÓN PUNTOS TRATAMIENTO.....	201
ANEXO 6. HOJAS DE ASESOR.....	212

INTRODUCCIÓN GENERAL

Los daños provocados en los olmos plantados en la ciudad de Madrid, por la plaga conocida vulgarmente como galeruca del olmo, han sido notables desde el año 2.013. De entonces hasta hoy, con intensidad variable, es una afección que se ha convertido en un parásito recurrente año tras año, causando daños vegetativos de alcance y con ello la subsiguiente pérdida ornamental y vegetativa de la especie objetivo y una especie molesta para los ciudadanos que sufren dicha invasión

Bajo el título “Plan Estratégico de Manejo y Control de la Galeruca del Olmo (*Xanthogaleruca luteola* Müll) en la ciudad de Madrid”, se redacta el presente texto que refiere los trabajos realizados para el conocimiento y manejo de esta plaga en la ciudad, cuyo objetivo es estudiar la biología del insecto, conocer la realidad de la población en la ciudad e implementar las medidas de control y manejo de esta plaga en las circunstancias de Madrid.

Por ello el trabajo se ha dividido en tres partes:

1. El estudio de la especie *Xanthogaleruca luteola* Müll, donde se realiza una descriptiva del insecto, se estudian los caracteres biológicos del mismo y se explicitan las diferentes técnicas y metodologías desarrolladas globalmente para el manejo de la plaga.
2. Un estudio de la realidad sanitaria del género *Ulmus*, donde se describen las principales plagas y enfermedades que son dañinas a este género de especie, como la relación que se produce entre ellas, largamente estudiada en relación a la gran patología que sufren: la grafiosis del olmo.
3. Los resultados obtenidos de las diversas actuaciones realizadas durante la presente campaña vegetativa, esto es, la integral térmica de galeruca en la ciudad de Madrid, los resultados de los distintos planes de manejo ejecutado, el inventario del arbolado realizado y la identificación de los agentes biológicos encontrados en nuestras prospecciones.

I. ESTUDIO DE LA ESPECIE *Xantogaleruca luteola* Müll, GALERUCA DEL OLMO

Cualquier estrategia de manejo de una deficiencia sanitaria de origen biótico, necesariamente, ha de partir de un estudio lo más exhaustivo posible de la biología del agente causante.

Efectivamente, una estrategia basada en la ejecución ordenada de diferentes modelos sanitarios, debe diseñarse en función del conocimiento del ciclo anual del agente, su comportamiento; sus fortalezas para enfrentarse al medio e igualmente sus debilidades, de modo que los métodos de manejo sean diseñados en tiempo y forma para alcanzar la eficacia pretendida.

En el caso concreto de galeruca del olmo, como especie autóctona, nos interesa igualmente conocer los organismos de control biológico que evolutivamente se han desarrollado con ésta, sirven de reguladores de sus poblaciones, estudiar su potencial como organismos biocontroladores y sus requerimientos, para favorecer su presencia y potenciar, si es posible, su crecimiento poblacional.

Para conocer estrategias de control, buscamos las referencias de galeruca donde esta es una especie alóctona e invasiva, pues por esta característica de plaga exótica, su potencial dañino es mayor, pero igualmente donde más recursos y técnicas se desarrollan para dificultar su capacidad destructiva de cultivos locales.

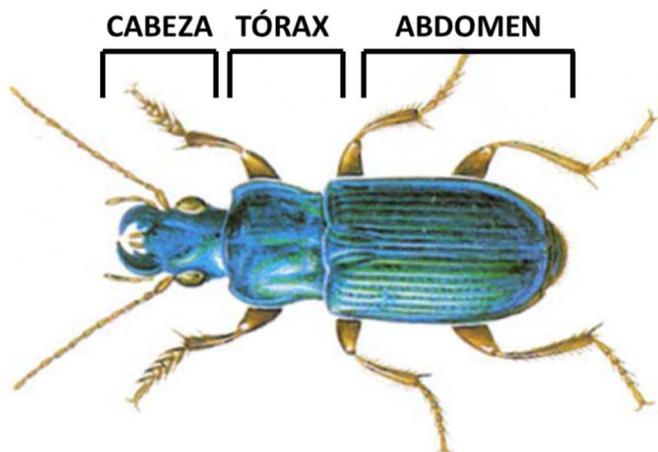
1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LOS INSECTOS

Se estima que el número descrito de especies de animales, incluyendo las especies fósiles, es de más de 1.6 millones. De este total, más de 1.3 millones son artrópodos (78.5%), de los cuales casi 1.1 millones son insectos (64.5%) (Zhang, 2013). En cuanto a las estimaciones sobre el número de especies de insectos existentes, tanto conocidas como por descubrir, ronda los 5 millones (Chapman, 2009). Los insectos son los animales más abundantes y extendidos en la Tierra, pudiéndose encontrar en prácticamente todos los medios susceptibles de alojar vida, con excepción del mar. Son los más diversos de todos los grupos de artrópodos, y hay más especies de insectos que sumadas todas las demás clases de animales juntos (Hickman et al., 2009).

Los insectos pertenecen al filo animal de los artrópodos, cuyo nombre hace referencia al cuerpo y patas articulados que poseen. El cuerpo de los artrópodos está cubierto por una envoltura rígida o exoesqueleto, cuyas articulaciones se insertan entre las placas rígidas, permitiendo el movimiento del animal (Chinery, 1984).

Además de los insectos, dentro de los artrópodos encontramos los crustáceos, los miriápodos y los arácnidos. Si bien estos grupos presentan similitudes, hay ciertas diferencias que facilitan la identificación y diferenciación de los insectos. En primer lugar, el cuerpo de los insectos está dividido en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen (Imagen 1).

Imagen 1. Esquema de un insecto donde se ve la diferenciación de las tres regiones del cuerpo. Imagen obtenida y modificada de Zahradník & Chvála, 2010.



En la cabeza se encuentran las antenas, el tórax está formado por tres segmentos y en este se encuentran los apéndices locomotores (patas y alas), y el abdomen está formado por entre 10 y 11 segmentos. Quizá la región más importante del insecto es el tórax, pues en esta se encuentran los tres pares de patas que les dan el nombre científico de hexápodos a los insectos. También en el tórax encontramos dos pares de alas membranosas, y es la presencia de alas uno de los signos más identificativos de los insectos, pues todos los invertebrados alados son insectos (aunque no todos los insectos son alados). Los grupos de insectos ápteros (sin alas), se encuentran relativamente poco diversificados, aunque son muy abundantes en la fauna del suelo y del humus; estos son los dipluros, los proturos y los colémbolos (Ribera et al., 2015).

En el ámbito Ibero-baleár, encontramos que el número de especies de insectos es bastante elevado. Se estima que existirían unos 34.000 nombres de especies y subespecies reconocidos, esto supone un 32% del total que puede encontrarse en Europa. Es decir, contaríamos con casi un tercio del total de especies descritas de insectos de Europa (Gráfico 1). Asimismo, estos se agruparían en 604 familias, lo que supone un 85% del total reconocido para Europa (Lobo, 2015).

Sin embargo, estos datos son los que aparecen recogidos en el proyecto Fauna Europaea (Jong et al., 2014), que busca identificar y catalogar todas las especies animales con fines científicos y

de conservación, por lo que el número anteriormente provisto podría ser mayor dependiendo de las actualizaciones y aportaciones a esta base de datos.

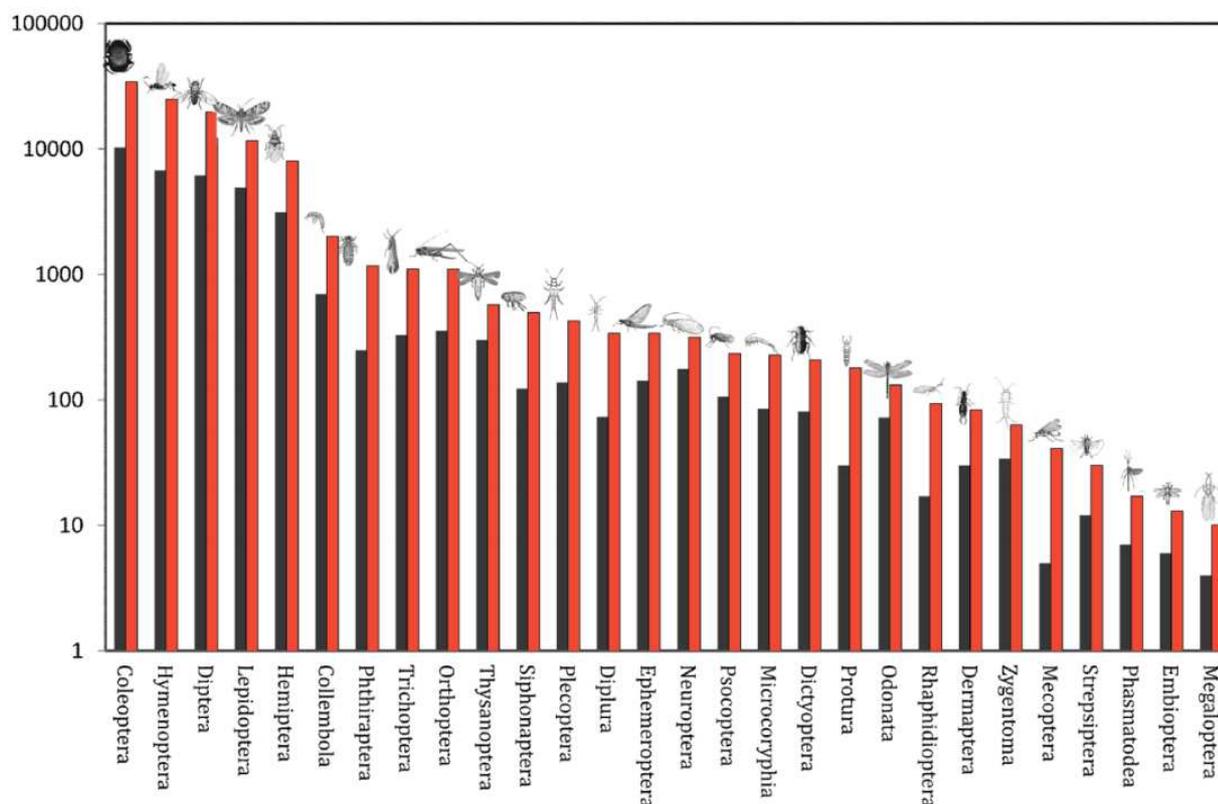


Gráfico 1. Número de especies de cada uno de los órdenes de insectos reconocidos para la Península Ibérica (barras negras) y Europa (barras rojas) en escala logarítmica y han sido (gráfica procedente de Lobo, 2015).

embargo, existen otros caracteres que pueden ser clave: el exoesqueleto, su pequeño tamaño, la adaptabilidad, la capacidad de vuelo y la metamorfosis. Esta última es, sin duda, de especial importancia a la hora de estudiar una plaga, pues los cambios que se den durante el desarrollo del insecto, pueden facilitar su control y eliminación.

La mayoría de los invertebrados empiezan su ciclo de vida como huevo, que da lugar a una forma inmadura denominada ninfa o larva. Los insectos inmaduros crecen mediante la formación periódica de nuevas capas de piel externa o exoesqueleto y desprendiéndose de la antigua (muda). Además del cambio en tamaño, los insectos son capaces de cambiar su forma con cada muda que llevan cabo, proceso conocido como metamorfosis. La metamorfosis está asociada con el desarrollo de las alas, restringidas al estado de adulto (Romanyk & Dadahia, 2003; Hickman et al., 2009). Los insectos se dividen en dos grandes grupos en función del tipo de metamorfosis que sufren: incompleta y completa.

Los insectos con metamorfosis incompleta no sufren grandes cambios desde los estadios inmaduros al adulto. Las principales diferencias entre las fases juveniles y adultas con este tipo de desarrollo son de tamaño, color y ausencia de alas, pero no tienen estado de pupa (Imagen 2). Los insectos con este tipo de metamorfosis se denominan hemimetábolos, y sus estadios inmaduros reciben el nombre de ninfa. En este grupo encontramos las chinches, las cochinillas y los pulgones.

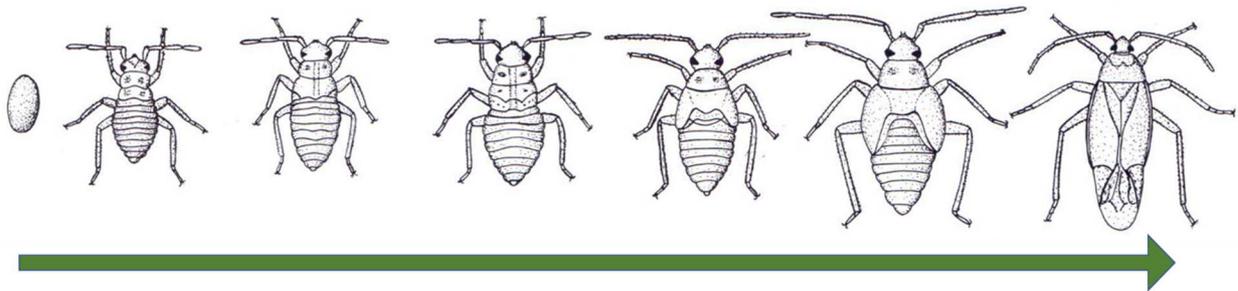


Imagen 2. Ejemplo de desarrollo con metamorfosis incompleta, donde se ve que los distintos estadios son prácticamente iguales al adulto con las únicas diferencias de tamaño y alas. Imagen obtenida y modificada de Zahradník & Chvála, 2010.

Los insectos con metamorfosis completa sufren grandes cambios entre los estadios inmaduros y el adulto, y se da durante la fase no alimenticia de pupa (Imagen 3). Los insectos con este tipo de metamorfosis se denominan holometábolos, y a sus estadios inmaduros se les llama larvas. En este grupo encontramos a los escarabajos, las mariposas, las moscas o las avispas. En los insectos holometábolos uno de los estados suele ser más dañino que el otro, y suelen alimentarse de forma distinta. En el caso de la galeruca del olmo, ambos estados (larva y adulto) se alimentan de las hojas del olmo, siendo las larvas más dañinas por la esqueletización que su alimentación conlleva.

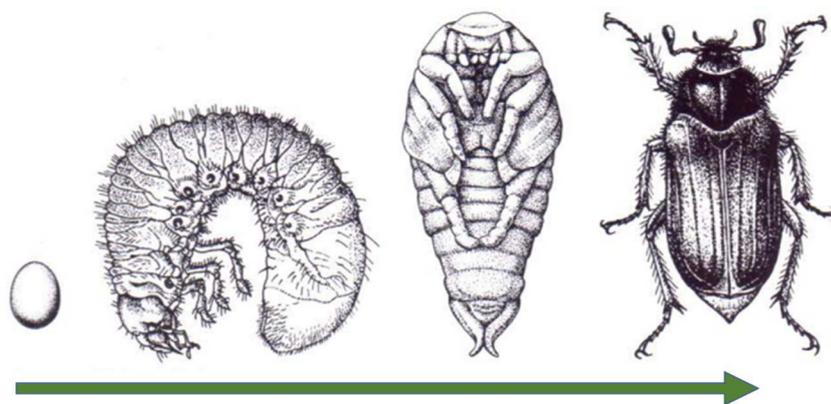


Imagen 3. Ejemplo de desarrollo con metamorfosis completa, donde los distintos estadios presentan grandes diferencias entre ellos. Imagen obtenida y modificada de Zahradník & Chvála, 2010.

Asimismo, algunos insectos primitivos sin alas presentan un desarrollo directo, es decir, las formas juveniles se parecen a los adultos excepto en el tamaño y madurez sexual. Los estados son: huevo, joven y adulto. Este tipo de desarrollo lo tienen los pececillos de plata o los colémbolos y se denomina ametábolo (Hickman et al., 2009).

Pequeño apunte sobre la hibernación en insectos:

Muchos animales sufren un periodo de letargo en su ciclo de desarrollo. En las regiones templadas pueden darse un período de letargo invernal (hibernación) o un período de letargo estival (estivación), o ambos inclusive. En los ciclos vitales de muchos insectos se dan estos períodos en los que alguno de los estados de desarrollo (huevo, larva, pupa o adulto) permanece inactivo durante mucho tiempo debido a que las condiciones ambientales son adversas para sobrevivir en estados de actividad normal. Esto hace que su ciclo vital se sincronice con períodos en los que las condiciones ambientales son favorables y el alimento es abundante.

Es importante conocer los momentos del desarrollo en los que los insectos plaga, modifican su actividad o esta cesa. Esto nos puede facilitar saber los momentos adecuados de actuación y pueden facilitar el anejo y control de la plaga.

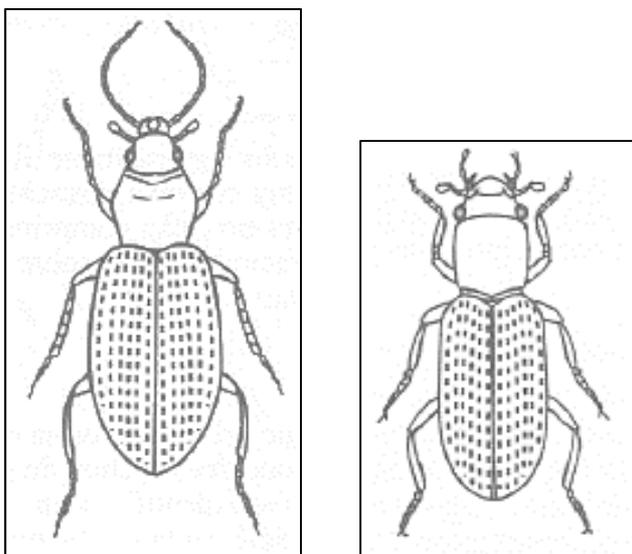
2. EL ORDEN DE LOS COLEÓPTEROS

Los coleópteros, también denominados escarabajos, son el mayor grupo de todos los insectos en cuanto a número de especies descritas. En la actualidad, el número de especies conocidas oscila entre 360.000 y 400.000 (unas 3.000 de ellas fósiles), esto los convierte en el grupo de animales más diverso y con mayor éxito evolutivo del mundo. Se estima que el número total de especies de coleópteros que existen es de 1.100.000, lo que supone que más de la mitad de las especies aún están por descubrir. Se encuentran ampliamente distribuidos por todo el mundo, habiendo colonizado ampliamente todos los medios, excepto el mar abierto (Chapman, 2009; Planelló et al. 2015; Zarazaga, 2015).

En Europa, las especies descritas de coleópteros superan las 34.000, principalmente pertenecientes a las tres grandes familias de curculiónidos (Curculionidae), también llamados picudos, los estafilínidos (Staphylinidae) y los carábidos (Carabidae). En la región Ibero-balear el número de especies supera las 10.000, siendo las tres grandes familias anteriores las más

grandes en cuanto a número de especies, junto con los crisomélidos (Chrysomelidae) (Zarazaga, 2015).

Los coleópteros se caracterizan por tener el par de alas anteriores endurecidas, de forma que sirven de capa protectora para el par de alas posteriores que son membranosas y suelen encontrarse replegadas bajo esta cobertura rígida, aunque hay grupos que carecen de este segundo par de alas. Al primer par de alas endurecidas se las denomina también élitros, y se juntan a lo largo de la línea media dorsal de cuerpo y en algunas especies se encuentran fusionados permanentemente. Los élitros suelen recubrir la mayor parte del cuerpo.



Imágenes 4 y 5. Dos ejemplos de coleópteros en los que aparecen marcadas las alas anteriores endurecidas. Imágenes obtenidas y modificadas de Barrientos, 2004.

La esclerotización de los élitros supone una ventaja adaptativa para los coleópteros, que les ha permitido colonizar lugares que de otra forma hubiese sido imposible. Es el caso de la corteza de los árboles, las piedras, el suelo, el interior de las plantas, los cadáveres, etc. Los élitros, además de servir para la defensa y protección de los escarabajos, reducen al máximo la pérdida de agua de este grupo de insectos, lo que les ha facilitado el acceso a lugares con escasez de agua. De forma opuesta, existen especies acuáticas que utilizan estos élitros para guardar burbujas de aire que consumen mientras se encuentran sumergidas.

Las piezas bucales de los coleópteros son de tipo masticador-mordedor y en la cabeza tienen también antenas con menos de once artejos (segmentos). Tras la cabeza, que suele estar dirigida hacia delante, se encuentra el pronoto (placa dorsal del primer segmento del tórax), de tamaño y aspectos variados, que puede ser aplastado o convexo. La forma del cuerpo de los coleópteros ha evolucionado de formas muy diversas, al modificarse para adaptarse a los distintos ambientes. El cuerpo es compacto y duro y presenta una reducción generalizada de áreas membranosas expuestas. Las patas tienen una función principal de locomoción, pero hay grupos

en los que se han modificado para la natación, la excavación, el salto, etc (Chinery, 1984; Zahradník & Chvála, 2010; Planelló et al., 2015).

Las larvas, al igual que los adultos, presentan morfologías muy diversas. Tienen la cabeza bien desarrollada y endurecida, y poseen mandíbulas masticadoras muy parecidas a la de los adultos. Presentan una alimentación variable, pudiendo ser fitófagas, carnívoras, saprófagas, e incluso parásitas, pero tanto larvas como adultos suelen comer el mismo tipo de alimento. Las larvas de coleóptero pueden clasificarse en función de la morfología corporal que presentan (Imagen 6), se distinguen de esta forma cuatro tipos larvarios: ápodas, campodeiformes, eruciformes y escarabeiformes (Chinery, 1984; Planelló et al., 2015).

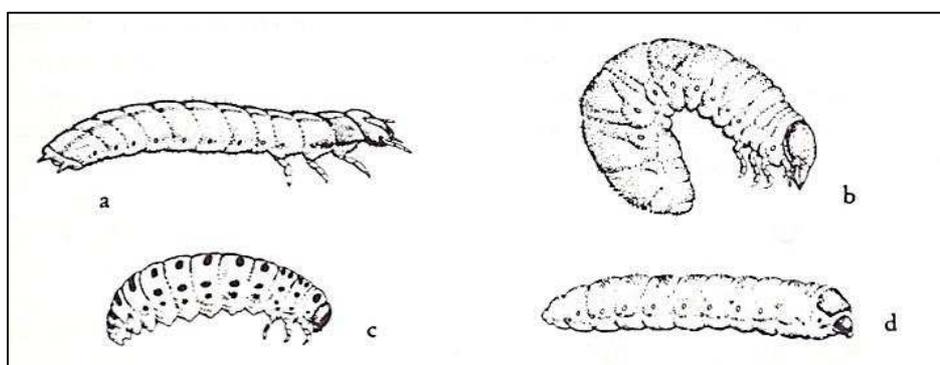


Imagen 6. Tipos larvarios de coleóptero: campodeiforme (a), escarabeiforme (b), eruciforme (c) y ápoda (d). Imagen obtenida de Chinery, 1984.

Las larvas ápodas, como su nombre indica, carecen de patas en los segmentos abdominales y son típicas de curculiónidos y otros escarabajos perforadores. Las campodeiformes presentan patas bien desarrolladas y grandes mandíbulas, aquí se encuentran los carábidos o los ditíscidos. Las larvas eruciformes presentan patas cortas y son fitófagas, en este grupo se encuentran los crisomélidos. Y por último, las larvas escarabeiformes son blandas y blanquecinas, tienen tres pares de patas y suelen encontrarse en tejidos vegetales descompuestos o estiércol. Este tipo de larva es la típica de los escarabeidos (Planelló et al., 2015).

Es importante destacar, asimismo, el elevado número de especies invasoras de coleópteros. Con la globalización, las especies que se han introducido en países donde no son originarias suponen un grave problema, pues pueden convertirse en plaga al carecer de mecanismos de control específicos. En el ámbito nacional, es conocida la plaga de picudo rojo de las palmeras (*Rhynchophorus ferrugineus*), un coleóptero originario del sudeste asiático que al ser introducido en nuestro territorio se ha convertido en una seria amenaza. Del mismo modo,

algunas pocas especies se han introducido para combatir y controlar algún otro tipo de plaga (Zarazaga, 2015).

2.1. LOS CRISOMÉLIDOS

Los crisomélidos constituyen una de las mayores familias de escarabajos, con entre 32.000 y 37.000 especies descritas; se estima que alrededor del 10% de todas las especies de escarabajos conocidas son crisomélidos. Casi todos ellos son filófagos, por lo que se les suele denominar también escarabajos de las hojas (Chinery, 1984; Ordóñez et al, 2014; Bauernfeind, 2005). Ampliamente distribuidos, en su mayoría son defoliadores, siendo su impacto sobre las especies que se alimentan aparente y de gran importancia económica (Balcells, 1975; Planelló et al., 2015). Agrupa especies de dimensiones pequeñas o medias (desde 1 mm hasta los 20 mm), de forma oval y muy convexas, otras cilíndricas, ovoides o circulares y algunas aplastadas (Imagen 7). El cuerpo puede tener una pigmentación normal o una tonalidad metálica y en algunas especies coexisten estos dos tipos de coloración. Las antenas tienen 11 artejos (segmentos) y tienden a presentar alas membranosas y bien desarrolladas (Zahradník & Chvála, 2010).

Sus posibilidades de expansión son notables y su adaptación a la conquista de nuevos espacios de similar clima que el de los países originarios, cabe decir que no tiene precedente, esto hace que en numerosas ocasiones produzcan verdaderas plagas. Entre sus características destacan la velocidad de sus ciclos, que permiten a algunas especies dar hasta cuatro generaciones en un año, o la tasa de reproducción elevada, acompañada de longevidad en aquellos de generación única (Balcells, 1975).

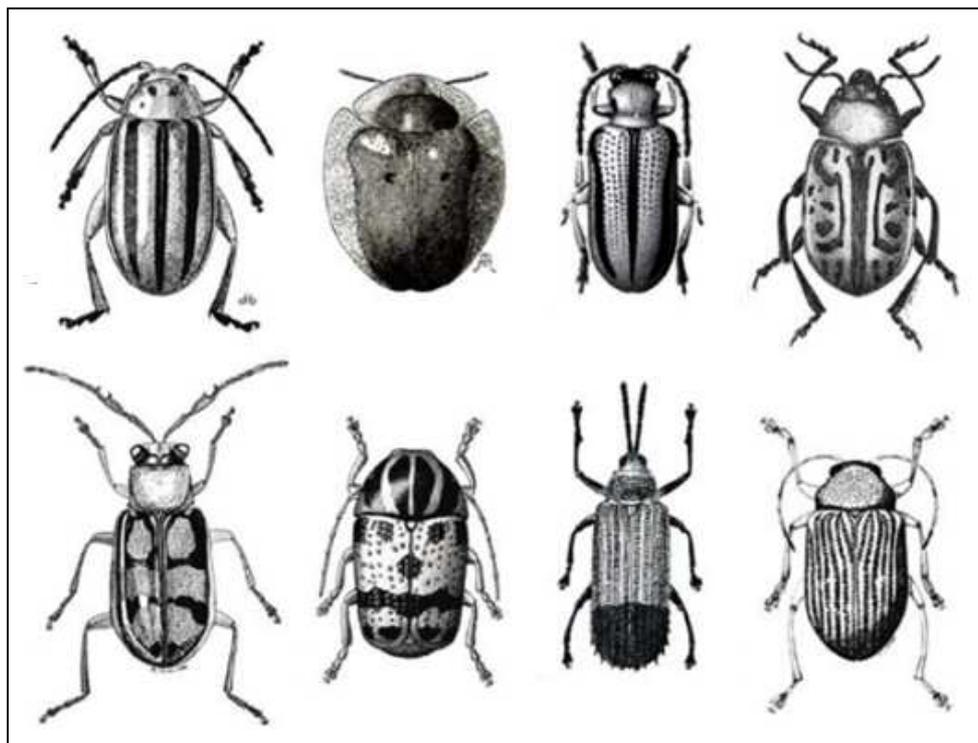


Imagen 7. Ejemplos de distintas morfologías corporales en crisomélidos (composición de imágenes obtenida de Ordóñez et al., 2014).

Entre las especies de crisomélidos más importantes y conocidos por los daños que ocasionan a los cultivos, encontramos a *Leptinotarsa decemlineata* (escarabajo de la patata), especie originaria de Norteamérica y que al introducirse en Europa (a finales del siglo XIX y principios del XX) se convirtió en una plaga que diezmó los cultivos de patata, y que hoy en día sigue siendo una amenaza debido a que despojan a los cultivos de sus tejidos verdes, lo que perjudica la producción (Chinery, 1984; Zahradník & Chvála, 2010). También es de importancia *Crioceris asparagi* (escarabajo del espárrago), que causa daños importantes en los tallos de los espárragos en estado larvario.

Este es un trabajo que se va a centrar en uno de los crisomélidos que ha levantado interés en los últimos años, la galeruca del olmo, al convertirse en una plaga que ha afectado a los olmos de numerosas ciudades del territorio español, entre ellas la ciudad de Madrid. *Xanthogaleruca luteola* es un crisomélido fitófago originario de Europa, que se alimenta de las especies del género *Ulmus* y que se ha convertido en una plaga de elevada importancia en diversas partes del mundo.

3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE *X. LUTEOLA*

La galeruca del olmo es un escarabajo que fue descrito en 1766 por Otto Friedrich Müller (1730-1784), naturalista danés que realizó estudios de fauna entomológica y flora de gran relevancia. En su obra *Zoologiae Danicae prodromus: seu Animalium Daniae et Norvegiae indigenarum; characteres, nomina, et synonyma imprimis popularium* (1766), describe a la galeruca bajo el nombre de *Crhysomela luteola*, primer nombre con el que se conoció a esta especie.

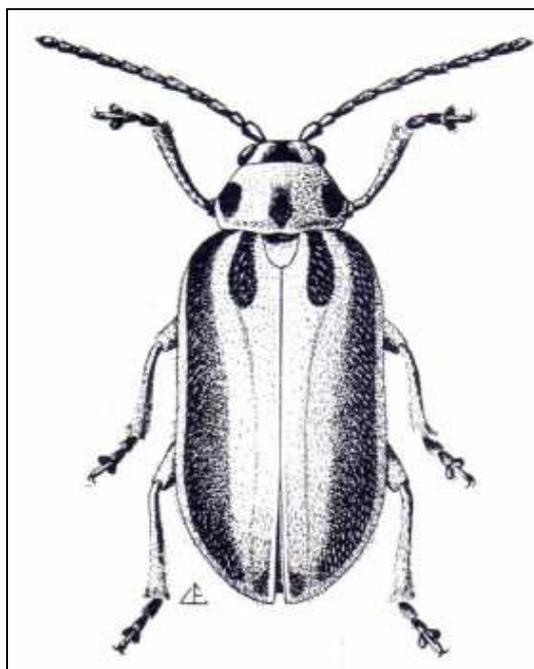


Imagen 8. Ilustración de un adulto de *X. luteola* en la que se pueden apreciar bien sus características físicas. Imagen obtenida de Bonnemaison, 1976.

Posteriormente, el nombre de la especie ha cambiado en numerosas ocasiones, y se la ha conocido y descrito también como: *Crioceris calmariensis* Fabricius, 1775; *Galeruca ulmi* Fourcroy, 1785 y *Pyrrhalta luteola* (Müller, 1766). En ocasiones se la ha descrito como *Galerucella luteola*. En la actualidad el nombre aceptado y correcto es el de *Xanthogaleruca luteola* (Müller, 1766) (Integrated Taxonomic Information System, 2017; GBIF.org, 2017), pero existe mucha controversia al respecto. La discusión más importante es sobre si *Xanthogaleruca* es un género válido o si se trata de un subgénero de *Pyrrhalta*. Esto se debe a que el carácter que define a *Xanthogaleruca* es la morfología del edeago (órgano copulador de los insectos machos), y no todos los autores consideran que sea diferencia suficiente como para que se le considere un género aparte (Beenen, 2010; Xue & Yang, 2010).

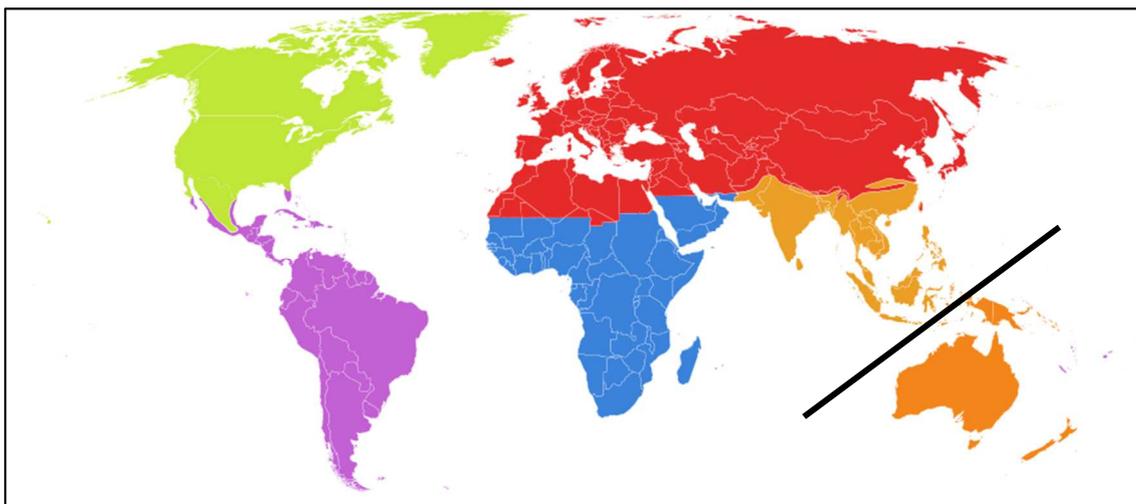
Clasificación taxonómica:

Reino	Animalia
Subreino	Bilateria
Infrareino	Protostomia
Superfilo	Ecdysozoa
Filo	Arthropoda
Subfilo	Hexapoda
Clase	Insecta
Subclase	Pterygota
Infraclase	Neoptera
Superorden	Holometabola
Orden	Coleoptera Linnaeus, 1758
Suborden	Polyphaga Emery, 1886
Infraorden	Cucujiformia Lameere, 1938
Superfamilia	Chrysomeloidea Latreille, 1802
Familia	Chrysomelidae Latreille, 1802
Subfamilia	Galerucinae Latreille, 1802
Tribu	Galerucini Latreille, 1802
Genero	<i>Xanthogaleruca</i> Laboissière, 1934
Especie	<i>Xanthogaleruca luteola</i> (Müller, 1766)

4. DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE

La biogeografía es la rama de la biología que estudia la distribución geográfica de los animales y las plantas. Para ello, necesita de disciplinas como la zoología, la botánica, la geología, la ecología, la climatología o la paleontología, gracias a las cuales se pueden delimitar grandes regiones biogeográficas y precisar la distribución de las especies en cada región.

La unidad de mayor rango es la denominada región biogeográfica o ecozona (Mapa 1). Estas unidades constituyen grandes extensiones de la superficie terrestre (con tamaños continentales o subcontinentales), que albergan especies que se mantuvieron aisladas durante largos períodos de tiempo y separadas por barreras naturales tales como mares y océanos, desiertos y cordilleras o montañas. Se distinguen en el mundo seis regiones biogeográficas: las regiones paleártica, neártica, neotropical, etíope, oriental y australiana (Udvardy 1975; Zahradník & Chvála, 2010).



Mapa 1. Representación en colores de las distintas regiones biogeográficas. La región paleártica aparece en color rojo, la neártica en color verde, la neotropical en color morado, la etíope en color azul, la oriental de color marrón claro y la australiana en color naranja.

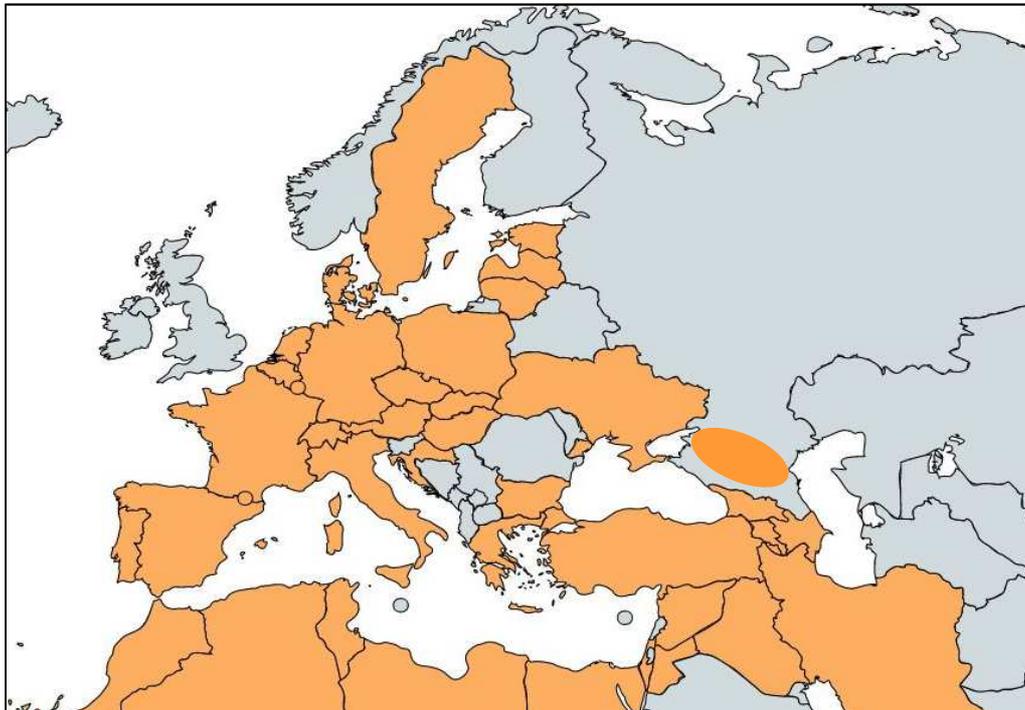
La región paleártica es la que más nos interesa en este estudio, al ser la originaria de la plaga de *Xanthogaleruca luteola* (Müll, 1766). Esta región comprende Europa, norte de África (incluidas las Islas Canarias y el Sáhara), la mayor parte del norte de Arabia y desde Asia hasta el norte de Pakistán, la India, el Tíbet y el sureste de China. Limita al oeste, este y norte con el mar, y al sur con el Sáhara, Oriente Próximo e Himalaya (ver región paleártica en Mapa 1).

La galeruca del olmo es una especie característica y originaria de una de las cuatro subregiones de la ecozona paleártica, la mediterránea. La plaga está adaptada a un clima caluroso y seco en

verano, con inviernos húmedos y fríos, agrupándose las precipitaciones en los meses de invierno. Sin embargo, este tipo de clima se da también en otros puntos del mundo, y esto es de gran importancia para el estudio de la especie y su distribución. Las regiones que presentan estas condiciones de clima mediterráneo son el centro-sur y el sureste de Australia, los fynbos del sur de África, la región del matorral chileno y las regiones mediterráneas de California (Zahradník & Chvála, 2010).

4.1. DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE EN EUROPA

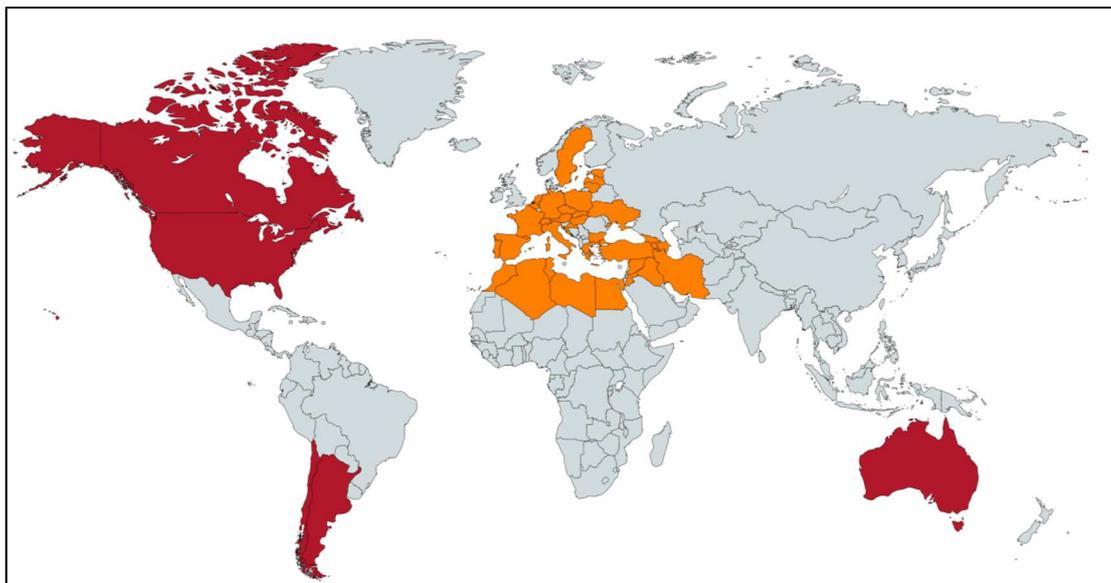
La galeruca del olmo es una especie propia de la zona europea. Dada su facilidad de adaptación a medios en los que las temperaturas le son propicias, esta especie se ha distribuido ampliamente. Los únicos factores limitantes para su desarrollo son la presencia de especies alimenticias del género *Ulmus* y el frío, pero con el cambio climático y el progresivo aumento de las temperaturas de los últimos años, se ha facilitado su distribución por regiones de las que no era originaria. Su presencia ha sido constatada en la región del Mediterráneo y en prácticamente todos los países de Europa, incluso en algunos de oriente próximo. A continuación, se presenta un mapa de distribución elaborado con los datos obtenidos a partir de las bases de datos GBIF e ITIS para la especie (Integrated Taxonomic Information System, 2017; GBIF.org, 2017).



Mapa 2. Representación de la distribución de la plaga por la zona de Europa y norte de África. Mapa de elaboración propia a partir de los datos disponibles en Integrated Taxonomic Information System y GBIF.org.

4.2. DISTRIBUCIÓN POR EL MUNDO

Si bien se trata de una especie originaria de Europa, la globalización y el transporte de personas y mercancías, ha facilitado su distribución a otros continentes donde se ha desarrollado al encontrar tanto condiciones climáticas favorables y una fuente de alimento importante, como ausencia de organismos que ejerzan un control sobre ella (Mapa 3).



Mapa 3. Distribución de la plaga en aquellas regiones de las que no es originaria (color rojo), así como de los países de los que se cree originaria la especie (color naranja).

Norte América

En América del Norte, se detectó por primera vez en Baltimore (costa este de Estados Unidos) en la década de 1830, variando el año exacto según los distintos autores (Britton, 1932; Fernhald, 1901; Lovett, 1916). Se cree que la galeruca llegó a Norteamérica a través del transporte del equipaje de los pasajeros y mercancías desde Europa, con adultos hibernantes que al llegar al nuevo continente empezaron a extenderse (Howard, 1897). Al no encontrar enemigos naturales o condiciones adversas, la plaga se fue extendiendo por todo el continente, y en 1916, ya había presencia constatada en Oregón (costa oeste). Posteriormente se fue distribuyendo hacia el norte y sur del continente y, en la actualidad, se ha convertido en una de las plagas fitófagas más importantes y persistentes en Estados Unidos y Canadá. Al no ser una especie originaria de Norte América se la considera especie invasiva, aunque existen autores que consideran que al haberse introducido hace casi dos siglos, ya no debería considerarse invasiva.

En California, al ser una de las regiones con clima mediterráneo que se han citado anteriormente, la galeruca se ha vuelto muy prolifera y se han llevado a cabo numerosos estudios sobre la misma, convirtiéndose en uno de los lugares del mundo con más experiencia y años de práctica en el manejo y control de la especie. Gran parte de la bibliografía que se ha ido publicando en los últimos 20 años sobre la plaga tienen su origen en la Universidad de California.

Australia

En Australia, el uso de los olmos como árboles ornamentales en las ciudades era una práctica habitual y, por lo tanto, el transporte de especies del género *Ulmus* al continente facilitó la entrada de la plaga. La galeruca del olmo se detectó por primera vez en 1989 en Mount Eliza, Victoria, en la costa sur del país. Del mismo modo que en Norteamérica, se trata de una especie plaga invasora que se ha ido extendiendo tanto por la costa sureste como la suroeste. A partir del año 2002, también se detectó en Launceston y Hobart, en Tasmania (Lefoe et al., 2014).

Como ocurría con el caso de California, en la costa sureste de Australia hay zonas donde se da el clima mediterráneo, por lo que la galeruca del olmo se ha asentado de forma adecuada en esos puntos.

Sudamérica

En América del Sur, el uso de olmos como plantas ornamentales probablemente facilitó la entrada de la plaga. La primera constancia de la presencia de *X. luteola* fue en 1994 en Chile. Se detectó por primera vez en Los Andes, en la región de Valparaíso, y posteriormente en la de Biobío y la región Metropolitana de Santiago. En el año 2005 se detecta en Maule y en el año 2010 se había distribuido hasta la región de la Araucanía (Huerta et al., 2015)

Posteriormente se encontró en Argentina. En la Ciudad de Córdoba, se han llevado estudios para determinar la presencia y los daños ocasionados por esta especie en áreas urbanas y como afecta esto al desarrollo de la plaga (Luna et al., 2015).

4.3. DISTRIBUCIÓN EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

En la península Ibérica, las condiciones climáticas son favorables para el insecto, y se encuentra ampliamente distribuido. Gracias a los Inventarios De Daños Forestales (IDF) en España llevados a cabo por la Red de Seguimiento de Daños en Bosques, se ha conseguido determinar la distribución de la plaga en el territorio español (Mapa 4). Al revisar y analizar los resultados de los inventarios de los últimos 15 años, se ha constatado que hay regiones que suelen presentar

infestación de la plaga todos los años, mientras que hay zonas en las que la plaga presenta un comportamiento cíclico, es decir, que tiende a desaparecer y reaparecer cada varios años.

Las regiones más afectadas de forma reiterada han sido Andalucía, Extremadura (Badajoz), Castilla la Mancha y Aragón (Teruel). También aparece un descenso de la actividad de la plaga en los años 2005 y 2006, donde no se registran datos sobre grandes masas afectadas.

Su presencia ha sido habitual y controlada en las especies del género *Ulmus*. Sin embargo, en los últimos años y especialmente en zonas urbanas, dado el gran número de olmos que se han venido utilizando como plantas ornamentales, su presencia ha ido aumentando hasta convertirse en una plaga de gran importancia.



Mapa 4. Representación de la distribución de la plaga por España. En color naranja oscuro están aquellas provincias en las que la presencia de galeruca se da todos los años; en naranja claro las provincias en las que la presencia de la plaga no es continuada y puede desaparecer durante varios años para luego reaparecer. En azul aquellas provincias de las que no hay datos. Mapa elaborado a partir de los Inventarios De Daños Forestales (IDF).

En la ciudad de Madrid, se ha constatado la presencia de la galeruca del olmo desde hace décadas. Más recientemente, podemos constatar que, desde hace más 10 años, ya sea mediante la observación del propio insecto o por los daños ocasionados por los adultos, existía una población permanente. Sin embargo, el insecto no se ha empezado a considerar plaga y una amenaza hasta hace 4 años, cuando se disparó su población. Teniendo en cuenta el elevado

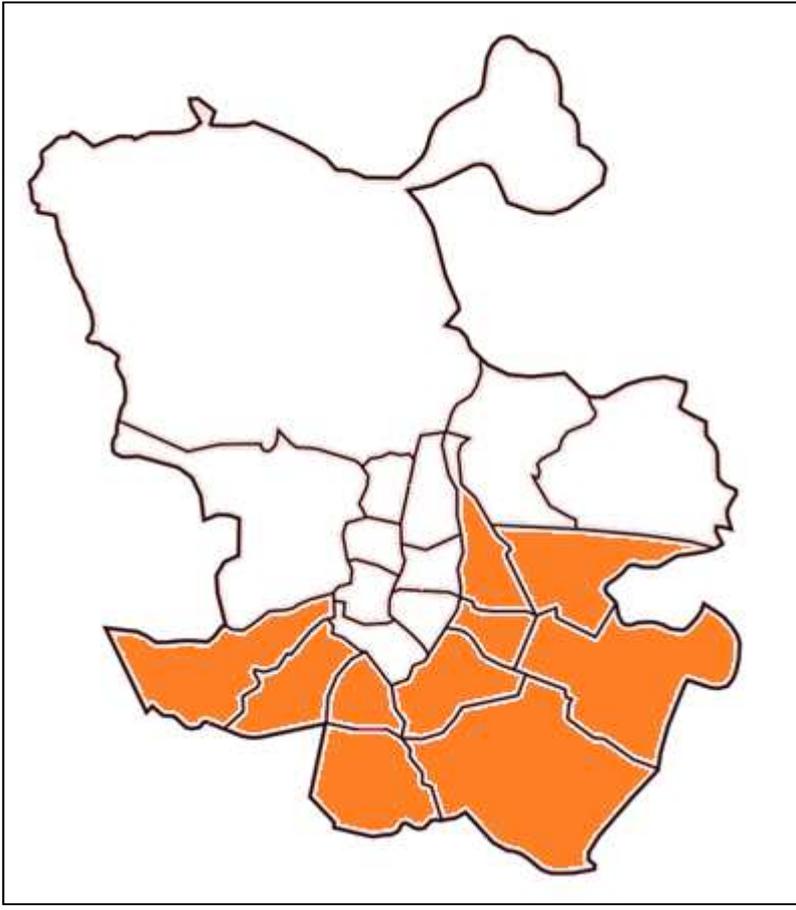
número de olmos que hay en Madrid, con más de 64.000, un incremento en la población supone que los ciudadanos se vean afectados por los insectos.

Numerosos estudios han demostrado que la compactación del suelo, la limitación de espacio para el sistema radicular, el déficit de agua o la contaminación del aire pueden estar relacionadas con el incremento de las poblaciones de insectos en las áreas urbanas, dando lugar a plagas. Esto se debe a los cambios fisiológicos que se llevan a cabo en el huésped, que pueden debilitarlo y hacerlo más susceptible a plagas y enfermedades (Dreistadt et al., 1990; Raupp et al., 2010). Si bien estas condiciones pueden ser importantes para que se dé un estado de plaga, no son las únicas, pues hay que tener en cuenta otros factores como la temperatura, las precipitaciones, el equilibrio biológico, etc.

Las primeras noticias sobre despuntes de población de galeruca en la Comunidad de Madrid son del año 2013, cuando en verano se empezó a constatar un incremento del número de insectos de la especie en los municipios de Leganés y Fuenlabrada, así como en algunos puntos de la ciudad de Madrid. Hasta ese momento se lo consideraba un insecto invasor ocasional (Ayuntamiento de Madrid, 2012)

Durante los años 2014 y 2015, en la zona sur/sureste de Madrid (Mapa 5), se dieron numerosos avisos de la presencia de galeruca. En pocos años se había descontrolado la población, convirtiéndose rápidamente en un insecto plaga de gran importancia. Desde entonces, la población del insecto se ha mantenido en niveles elevados en la ciudad, especialmente en algunos distritos aparentemente se da todos los años Ayuntamiento de Madrid, 2015).

Durante el año 2016, si bien se constató la presencia de la plaga en la ciudad, los niveles de población que presentaba fueron relativamente menores de los que se habían sucedido los años anteriores. Durante el año 2017, se ha observado un comportamiento un tanto diferente en cuanto al desarrollo de la plaga, pues las temperaturas tan dispares que se han dado durante esta primavera han hecho que la primera generación tarde más tiempo en desarrollarse.



5. BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

5.1. DESCRIPCIÓN DEL INSECTO

Adulto

Los adultos son de color verde oliva-amarillento, con un cuerpo de 5 a 7 milímetros de longitud y forma oval (Imágenes 9 y 10). La cabeza es amarillenta, se encuentra diferenciada y tiene dos puntos oscuros. Las antenas son filiformes, formadas por segmentos finos y cilíndricos, y de una tonalidad pardo-amarillentas. El tórax es más ancho que largo, y presenta manchas oscuras. Los élitros son redondeados en el ápice, y presentan bandas oscuras en los márgenes laterales y en el centro. Las patas son robustas y amarillentas (Huerta et al., 2010).



Imágenes 9 y 10. Adultos de *X. luteola*. En estas dos imágenes se puede observar la variabilidad de color que la especie puede presentar en estado adulto.

Huevos

Los huevos, de pequeño tamaño, presentan aspecto piriforme y son de color amarillento, tornándose más oscuros cuando se encuentran próximos a la eclosión. Se encuentran dispuestos en 2 o 3 hileras paralelas, normalmente en el haz de las hojas y próximos a las nerviaciones foliares (Imágenes 11 y 12). El número de huevos que las hembras pueden poner oscila entre 5 y 30 por puesta. (Britton, 1932; Bauernfeind, 2005; Dreistadt & Lawson, 2014; Solla & Cobos, 2000).



Imágenes 11 y 12. Puestas realizadas por la plaga. Se puede observar la forma alimonada de los huevos y su disposición en hileras de a dos.

Larvas (L1-L3)

La galeruca del olmo presenta tres estadios larvarios con diferencias claras en su morfología, denominados respectivamente: primer estadio larvario o L1, segundo estadio larvario o L2 y tercer estadio larvario o L3.

Cuando las larvas emergen de los huevos (L1), presentan de 1 a 1,5 milímetros de longitud. Son de color oscuro, entre marrón y negro, y con un aspecto muy piloso (Imagen 13). Al alimentarse y crecer (Imagen 14), las larvas van adquiriendo un color amarillento y se empiezan a diferenciar franjas oscuras en su dorso (L2). La cabeza se mantiene de color oscuro, y presentan tres pares de patas cortas y robustas, oscuras también (Bauernfeind, 2005; Muñoz et al., 2007).



Imágenes 13 y 14. A la izquierda, larvas de primer estadio (L1). A la derecha un larva de segundo estadio (L2), de mayor tamaño.

En el tercer estadio larvario (L3), las larvas alcanzan un tamaño de 12 milímetros, de longitud. Presentan un color amarillento y dos líneas laterales con protuberancias oscuras, lo que le da un aspecto rayado al dorso de la larva (Imagen 15). La parte central del dorso es de un tono más claro, y presenta también pequeñas protuberancias oscuras. Durante los tres estadios larvarios, presentan quetas de color oscuro, que les confiere ese aspecto piloso (Britton, 1932; Bauernfeind, 2005; Dreistadt, 2004).



Imagen 15. En la imagen se ven tres larvas. Las más oscuras corresponden con estadios L2 avanzados y la amarilla a un estado L3.

Prepupa

Cuando las larvas alcanzan el tamaño adecuado, buscan un lugar adecuado en el que pupar y adquieren una posición curvada e inactiva, a la espera de la pupación (Imágenes 16 y 17). Este estado se denomina prepupa, y su duración es muy corta, ya que es una etapa de transición larva-pupa (Dreistadt & Lawson, 2014).



Imágenes 16 y 17. Prepupas de *X. luteola* preparadas para iniciar la pupación.

Pupa

Las pupas son de color amarillo brillante cuando se acaban de formar, y se van tornando marrón amarillento según se van desarrollando (Imagen 18). Es redondeada en la parte posterior y plana en la inferior, y miden 6 milímetros aproximadamente. La pupa presenta un aspecto que se asemeja al de un adulto quiescente. Se pueden observar quetas oscuras en las pupas (Sutherland 2006).



Imagen 18. Dos pupas en dos momentos de desarrollo distinto. La de color amarillo es una pupa nueva, mientras que la de color oscura esta próxima a su final de estadio, para dar lugar a un adulto.

5.2. DESARROLLO DEL INSECTO

Al igual que otras especies animales y vegetales, el desarrollo de la galeruca del olmo está controlado y determinado por la temperatura (Imagen 19). Tras pasar el invierno en un estado de letargo (hibernación), los adultos emergen en primavera cuando la temperatura es la adecuada. La temperatura óptima para que el insecto lleve a cabo su actividad es por encima de 11°C, por debajo de esta temperatura su actividad cesa.

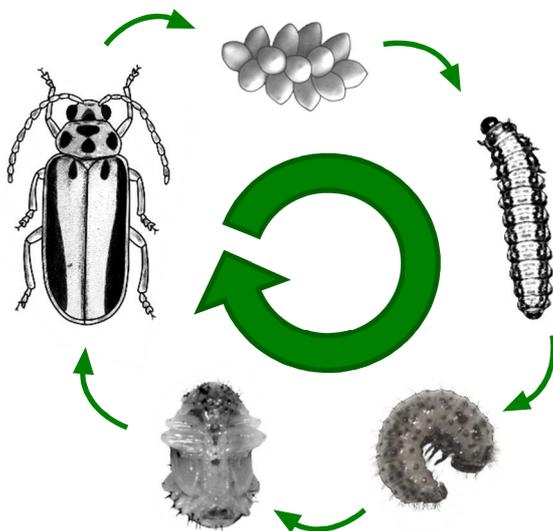


Imagen 19. Ciclo de *X. luteola* en el que aparecen representados las distintitas etapas de desarrollo.

Una vez que los adultos emergentes llegan a los olmos comienzan a alimentarse, dado lugar a daños foliares en forma de punteaduras irregulares en las hojas (Imagen 20). Tras la alimentación, los adultos se reproducen y las hembras depositan los huevos en las hojas de los olmos. Lo habitual es que depositen los huevos en el envés de las hojas y junto a las nerviaciones foliares, para facilitar el acceso de las larvas al parénquima vegetal, aunque se pueden observar puestas sobre el haz. A lo largo de su ciclo reproductor, que es de un mes aproximado, las hembras son capaces de poner entre 400 y 800 huevos.

Tras unos 7-8 días, los huevos eclosionan y salen las larvas a la hoja, donde empiezan a alimentarse y madurar. Los daños foliares ocasionados por la acción alimentaria de las larvas son muy diferentes de los de los adultos. Las larvas no perforan las hojas, solo se alimentan del parénquima de las hojas dejando las nerviaciones intactas, esto ocasiona las características hojas “esquelitizadas” (Imagen 21) que posteriormente se marchitan y caen al suelo.



Imágenes 20 y 21. Daño característico causado por el adulto (izquierda), en forma de punteadura. A la derecha el daño en ventana causado por las larvas.

Una vez las larvas han alcanzado la madurez, al cabo de 2-4 semanas, empiezan su descenso desde las ramas hacia el pie del árbol para pupar (Imagen 22). Lo habitual es que la pupación se lleve a cabo entorno a la base del olmo, pero si las larvas encuentran recovecos o hendiduras en la corteza del árbol, puparan en estos lugares (Imagen 23). Durante el periodo de pupación es habitual encontrar las pupas entorno al pie del olmo, semienterradas en la hojarasca y en huecos donde se refugian. Previa a la pupación hay otra fase denominada prepupa, de duración muy corta, que es fácil de identificar pues las larvas toman forma recogida mientras se preparan para la pupación.



Imágenes 22 y 23. A la izquierda pupas al pie de un olmo semienterradas en la tierra y hojas. A la derecha, detalle de un grieta en el tronco con pupas y prepupas de larvas que no han llegado al suelo.

De las pupas emergen los nuevos adultos que comenzaran el ciclo de nuevo. Si la temperatura no es la adecuada, ya a finales de septiembre e inicios de octubre, entraran en diapausa y buscaran un sitio donde refugiarse hasta que la temperatura sea óptima de nuevo.

5.3. DESARROLLO ANUAL

El ciclo natural anual de la galeruca del olmo suele presentar más de una generación a lo largo del año, lo habitual es que se den dos o tres; si las condiciones son las adecuadas y hay alimento suficiente se pueden dar hasta cuatro o cinco. En el caso de la ciudad de Madrid, lo habitual es observar tres generaciones, pero en los años de máxima actividad y plaga (como en el año 2014) se ha podido llegar hasta a las 4 e incluso podrían haber alcanzado las 5 generaciones.

Una de las características que más influyen sobre el desarrollo de la plaga son las condiciones climáticas. Esta especie es característica del clima mediterráneo, y necesita de temperaturas elevadas para poder llevar a cabo su desarrollo. Esto supone que, en función de la temperatura

adversas (bajada de temperaturas por llegada del otoño), empiezan el periodo de hibernación por el cual comienzan la búsqueda de refugio. Los adultos hibernantes pasan el otoño e invierno refugiados y salen de nuevo con la llegada de la primavera, comenzando un nuevo ciclo anual.

6. DAÑOS QUE OCASIONA LA PLAGA

La galeruca del olmo es un filófago que solo afecta a las ulmáceas, prácticamente exclusivas de olmos. En una situación de población de insectos normal, es habitual ver hojas y ramas de estos árboles afectados por la actividad alimenticia de este insecto. El problema surge cuando la población de galeruca se dispara. Si bien un ataque puntual y controlado no supone un riesgo para los olmos, una situación de plaga, con un número mucho mayor de insectos alimentándose al mismo tiempo, puede suponer un riesgo para el árbol. De este modo, en estas circunstancias, nos encontramos ante una situación en la que los olmos se pueden ver seriamente afectados y, como consecuencia indirecta, las personas cercanas sufren sus molestias.

Botánicamente, los daños ocasionados por la galeruca se limitan a la defoliación de los árboles. Las larvas son las que mayor daño ocasionan al alimentarse, mientras que el daño ejercido por los adultos es más puntual y el árbol puede sobrellevarlo. Como consecuencia de las perforaciones en las hojas producidas por el insecto al alimentarse (Imagen 24), la respuesta del árbol suele ser la abscisión foliar. Si las defoliaciones son continuadas a lo largo de varios años, los olmos quedan debilitados y son más sensibles a otras plagas y enfermedades, especialmente al ataque de escolítidos, que portan las esporas del hongo *Ophiostoma novo ulmi* que provoca la enfermedad denominada grafiosis del olmo (Muñoz et al. 2007).



Imagen 24. Rama de *Ulmus sp.* en la que se observan numerosos daños producidos por adultos

Uno de los problemas que ocasiona la galeruca es a nivel estético, por el estado en el que se pueden encontrar algunos olmos tras verse afectados por la plaga. En las ciudades como Madrid, donde el número de olmos es muy elevado, puede suponer un problema si las defoliaciones son continuadas, ya que supone una pérdida fotosintética del árbol y la consiguiente disminución del vigor vegetativo.

Para las personas la plaga no supone un riesgo, sino una molestia. Cuando la población de galeruca se encuentra dentro de unos parámetros normales, lo habitual es que los ciudadanos no sean conscientes ni perciban la plaga. Con una población disparada la presencia de galeruca, en cambio, se hace notar. Uno de los problemas de mayor importancia para las personas es que el insecto adulto tiende a entrar a las casas. En verano, cuando las temperaturas son elevadas, las ventanas de las viviendas se abren y los adultos vuelan a las mismas atraídas por la luz artificial. En invierno, los adultos en busca de un lugar para hibernar se introducen en las viviendas al presentar una temperatura más moderada que el exterior y en primavera la salida de esos refugios hacia la colonización de la vegetación. Por ello, es habitual encontrar adultos hibernantes en las terrazas de las viviendas, las persianas y en el interior de las viviendas, tras muebles, electrodomésticos, etc.

La presencia de la plaga supone un gasto económico también, tanto a nivel particular como institucional. Por un lado, los vecinos deberán emplear métodos para evitar que entren los insectos en sus casa y la eliminación de estos, pues si bien no son nocivos para las personas, si suponen una gran molestia. Por otro lado, las empresas concesionarias tendrán que actuar para impedir que el número de insectos siga creciendo, lo que supone un gasto mayor de medios y personal.

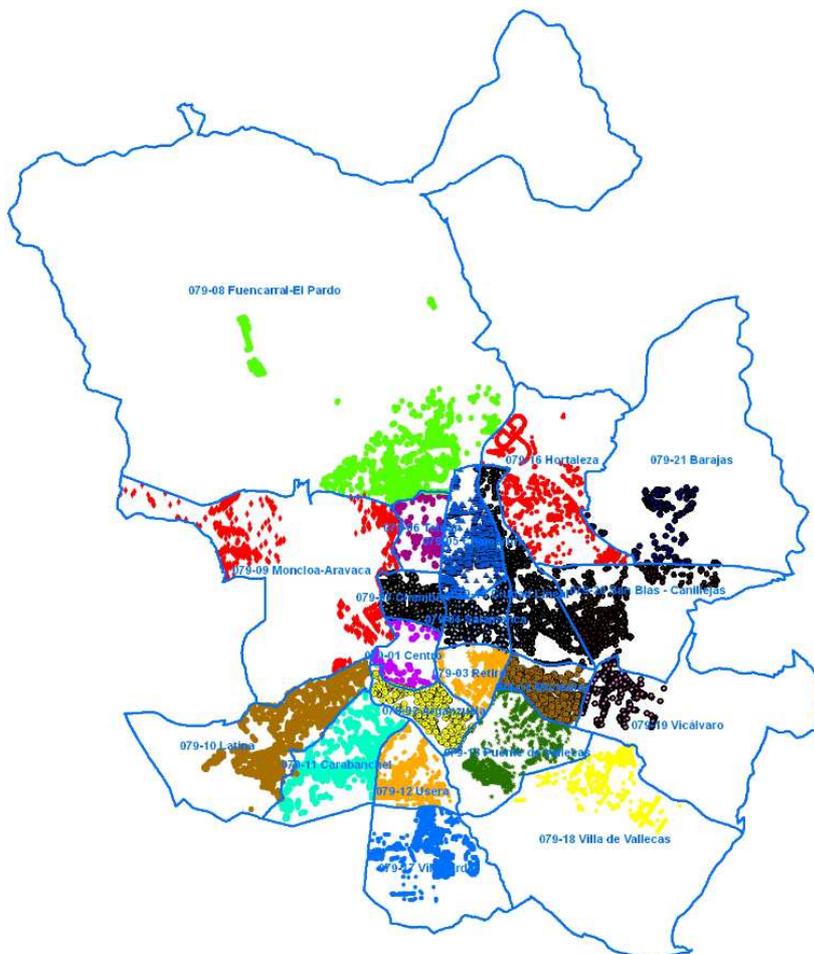
En el caso de la ciudad de Madrid, se ha constatado que la galeruca ha estado presente la última década de forma controlada. El número de olmos en la ciudad es muy elevado, pues durante muchos años fue la especie ornamental que habitualmente se utilizaba para plantarse entre los edificios y en las calles, con alta capacidad de desarrollo y facilidad de implantación. Esto supone que en la actualidad el número de olmos en la ciudad de Madrid supere los 65.000 ejemplares.

Desde el año 2010 se dio un aumento de la población de la galeruca, que tuvo su pico de máxima presencia en el año 2014. Fue durante ese año de presencia elevada en el cual la plaga pues se convirtió en una molestia para los ciudadanos de ciertos distritos y barrios de la ciudad, con daños visuales intensos en las especies afectadas.

7. ESPECIES DEL GÉNERO *ULMUS* AFECTADAS

La galeruca es un filófago específico de los olmos (*Ulmus sp.*), pudiendo verse afectadas en algunas ocasiones *Zelkova serrata* y *Celtis sp.*, pero no es lo habitual. Entre las especies de mayor riesgo de afección de galeruca se encuentran olmos europeos como el olmo inglés (*U. procera*) y el olmo escocés (*U. glabra*). También presenta cierto riesgo de afección el olmo americano (*U. americana*). El olmo siberiano (*U. pumila*), el olmo chino (*U. parvifolia*) y una variedad del olmo americano (*U. americana selection*), presentan riesgo moderado de verse afectados (Mcpherson et al., 2009).

En la ciudad de Madrid la mayor parte de los olmos que se han estado utilizando a modo de planta ornamental corresponden a la especie *U. pumila*, por lo que a pesar de ser de los que menor riesgos presentan según la bibliografía revisada, presentan grandes daños foliares por acción de la plaga por ausencia de otras plantas alimenticias. A Continuación se muestra un mapa en el que se muestra la capa de olmos para la ciudad de Madrid (Mapa 6).



Mapa 6. Representación de todos los olmos de la ciudad de Madrid. Cada distrito presenta un código de color distinto, pero permite valorar la presencia total de los olmos en la ciudad.

8. CONTROL DE LA PLAGA

Para poder efectuar un correcto control de la plaga, se tienen que considerar los dos ejes del control: el natural y el aplicado. Realizando un estudio eficaz y sabiendo cual es la dinámica de la plaga, se pueden tomar las medidas que se consideren oportunas según las condiciones que se den en cada momento.

8.1. CONTROL NATURAL

Se define como la acción igualadora de los factores naturales del medio, que equilibran las poblaciones de animales y plantas de una comunidad de forma favorable al hombre. Se dan sin intervención humana, e incluye tanto factores abióticos como enemigos naturales de la plaga. Este control se encarga de mantener la plaga en un nivel controlado y que no cause daño económico.

Uno de los agentes abióticos más importantes para el control de la especie es la lluvia. Son especialmente vulnerables las larvas, pues las tormentas pueden hacer que caigan al suelo antes de haber completado su ciclo de desarrollo y por lo tanto este quede interrumpido. Al no tener una fuente de alimento disponible, las larvas morirán o intentaran pupar antes de tiempo, dando lugar a adultos inviables. Las tormentas de verano y primavera pueden actuar como agentes controladores si se dan en los momentos oportunos del desarrollo del insecto.

Para el caso concreto de *X. luteola*, encontramos que posee una serie de predadores, parásitos y hongos, que controlan y actúan sobre la población del insecto.

PREDADORES

Entre los insectos predadores de la galeruca del olmo se encuentran dos especies de hemípteros. La primera de estas especies es *Zicrona caerulea* (Linnaeus, 1758), que se alimenta de las pupas. Se trata de un hemíptero de pequeño tamaño, entre 5 y 7 mm, de origen europeo y que presenta una coloración oscura y brillo verde azulado (Imagen 25). La segunda especie de hemíptero de la que se tiene constancia es *Rhaphigaster nebulosa* (Poda, 1761), que se alimenta de las larvas y pupas. También de origen europeo, presenta un tamaño entre los 14 y 16 mm, antenas con bandas y distintivas marcas moteadas oscuras en las membranas de las alas (Imagen 26). El control que ejercen estas dos especies sobre la galeruca no es muy importante, pues no son predadores específicos de la misma (Bantock & Botting, 2013).



Imágenes 25 y 26. A la izquierda, imagen de un adulto de *Zicrona caerulea* (foto por Jonathan Michaelson). A la derecha, adulto de *Rhaphigaster nebulosa* (foto por Penny Frith). Imágenes obtenidas de Hemenway & Whitcomb, 1967.

Por otro lado, se encuentra el coleóptero *Lebia scapularis* (Geoffroy in Fourcroy, 1785), que es una especie depredadora de todos los estados de desarrollo de *X. luteola* (Imagen 27). Una vez que emergen de los huevos, las larvas del depredador buscan las pupas o las larvas maduras de galeruca y se alimentan vorazmente de ellas (Hemenway & Whitcomb, 1967).



Imagen 27. Ejemplar adulto de *Lebia scapularis*. Fotografía de Evgeny Komarov (<http://insecta.pro>).

PARÁSITOS

Entre los parásitos de mayor importancia, y más fácil de determinar, encontramos el díptero *Erynniopsis antennata* (Rondani, 1861). Se trata de una mosca de la familia de los taquínidos, que se asemeja a las moscas domésticas comunes, pero con un menor tamaño (unos 4 mm de largo). Son de pequeño tamaño, color oscuro y cuerpo piloso (Imagen 28). Las larvas de los taquínidos se caracterizan por ser todas parasitas internas, y atacan primero los órganos no vitales del hospedante y lo matan solo cuando ya se encuentran completamente desarrolladas y listas para pupar. A la hora de parasitar a la galeruca, la hembra adulta deposita un huevo en una larva de tercer estadio (L3). Cuando la larva eclosiona, se alimenta dentro de la larva hospedante y pupa en su interior. La pupa del taquínido es de color oscuro-rojizo y tiene forma de gota (Imagen 29). La pupación de la mosca se da durante la primavera y verano al pie de los árboles junto con las pupas de la galeruca (Chinery, 1984; Dreistdat & Lawson, 2014).



Imágenes 28 y 29. A la izquierda se presenta un adulto de *E. antennata*. A la derecha dos larvas de *X. luteola* que han sido previamente parasitadas y de las cuales ya han emergido los parásitos adultos.

Según se va desarrollando el ciclo anual del díptero, una proporción cada vez mayor de la población de parásitos entra en diapausa. Cada *Erynniopsis* que sobrevive durante el invierno permanece como un parásito inmaduro dentro de su hospedador durante las fases pupales y adultas del escarabajo. Con la llegada de la primavera la mosca adulta emerge del cuerpo del adulto de galeruca y da comienzo un nuevo ciclo (Dreistdat & Lawson, 2014).

Otro de los parásitos es un pequeño himenóptero de la familia de los eulófidos, llamado *Oomyzus gallerucae*. Los adultos son de color oscuro, tienen un tamaño de apenas un milímetro aproximado (Imagen 30) y se alimentan de los huevos de galeruca. Las hembras de *O. gallerucae* pone los huevos en el interior de las puestas de galeruca, para que las larvas tengan alimento al

eclosionar. Las puestas parasitadas son fáciles de identificar porque presentan una tonalidad de color un poco más oscura, diferente al amarillo habitual. Por otra parte, las puestas de las que han salido los adultos parásitos ya desarrollados presentan pequeños agujeros de forma circular, muy diferentes a las puestas rotas habituales cuando salen las larvas de galeruca (Dreistdat & Lawson, 2014).



Imágenes 30 y 31. A la izquierda se presenta un grupo de *O. gallerucae* observadas con lupa. Se puede apreciar el pequeño tamaño que presentan incluso en vista ampliada. A la derecha se presenta un puesta parasitada de *X. luteola*.

8.2. CONTROL APLICADO

Comprende aquellos métodos de control que hay que usar una vez que el control natural deja de ser efectivo. Estos se dividen a su vez en dos grandes bloques, indirectos y directos, bajo los que se agrupan diferentes métodos de control (Imagen 32).

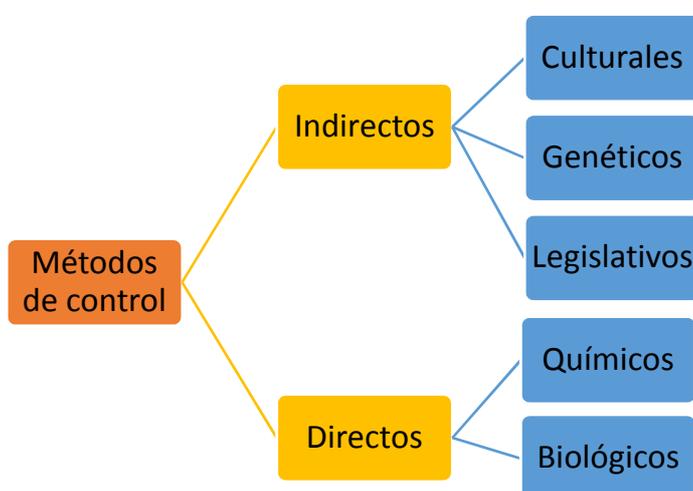


Imagen 32. Esquema en el que se representan cada una de las estrategias de control aplicado.

MÉTODOS DE CONTROL INDIRECTO

Los métodos de control indirecto comprenden aquellas medidas encaminadas a prevenir y evitar los daños ocasionados por la plaga. Entre estas se encuentran el control genético, el legislativo y las prácticas culturales.

Control cultural

Para el control de *X. luteola*, se pueden tomar medidas preventivas que, si bien no son capaces de eliminar la plaga, pueden ayudar a reducir la población de la plaga y a mantener un buen estado de los árboles.

Entre estas medidas que favorecen un buen estado vegetativo del olmo, y que lo hace más resistente a las plagas y enfermedades, es la correcta irrigación. Los olmos más vigorosos serán capaces de hacer frente a las plagas de mejor manera que aquellos que se encuentran débiles, y un riego correcto, por simple que pueda parecer, ayuda a mejorar el estado del árbol. Es especialmente importante para aquellas especies de olmos americanas y europeas que están adaptadas a las lluvias estivales.

Junto con un correcto riego, hay otras medidas que permiten mantener el vigor de un olmo. Para mejorar su estado, se recomienda proteger los troncos y los sistemas radiculares de posibles lesiones. También es importante llevar a cabo una poda correcta, evitando que sea excesiva, pero eliminando aquellas ramas moribundas o aquellas que puedan estar en mal estado.

Finalmente existe la posibilidad de la intervención sobre la plaga; ya sea mediante la vigilancia por parte de los ciudadanos del estado de los olmos, o por el uso de sistemas para eliminar los insectos como la retirada y eliminación de las pupas cuando se encuentran en la base del árbol, o el uso de trampas adhesivas (Imagen 33).

Imagen 33. Trampa adhesiva situada en el tronco de un árbol con el objetivo de capturar insectos.



Control Genético

El uso de plantas con resistencia frente a determinadas plagas o enfermedades es una práctica muy habitual. En el caso de *X. luteola*, y para evitar favorecer que la plaga se desarrolle, se recomienda plantar aquellas especies del género *Ulmus* que sean resistentes a esta plaga (así como a la plaga del hongo que origina la grafiosis). Entre estas especies se encuentran las variedades Frontier y Prospector, así como la mayoría de los olmos de origen chino. Asimismo, se recomienda evitar plantar las especies que son más susceptibles para la plaga, como los olmos europeos, y en caso de tenerlas, cambiarlas por otras especies menos susceptibles u otros géneros distintos (Dreistadt, 2004).

Las especies con mayor susceptibilidad se han definido en un apartado anterior, por lo que no se van a tratar aquí.

Control Legislativo

En este apartado se incluyen todas aquellas leyes y protocolos de acción que se ponen en funcionamiento por parte de las autoridades competentes, para poder llevar a cabo un mejor control de la plaga.

MÉTODOS DE CONTROL DIRECTO

Los métodos de control directo comprenden todas las medidas que suponen una actuación directa sobre la plaga. Dichos métodos se clasifican en tres grandes grupos: físicos, químicos y biológicos.

Control químico

Se basa en la aplicación de productos químicos para combatir las plagas. En la actualidad se está intentando reducir el uso de productos fitosanitarios químicos de síntesis, para utilizar productos y métodos naturales (culturales, biológicos o genéticos), por ahora es el tipo de control que más se utiliza y el más importante en el tratamiento de cultivos.

Entre los métodos de control químico encontramos la aplicación de insecticidas en los troncos, los tratamientos aéreos, las técnicas de inyección del tronco, también conocidas como endoterapia.

La aplicación de insecticidas en los troncos, es una técnica bastante más económica que los tratamientos aéreos y es mejor para el medio ambiente, pues supone la aplicación de un producto en una parte muy concreta del árbol. Sin embargo, este tipo de tratamientos se deben realizar de forma oportuna, llevando a cabo una buena aplicación del producto y controlando que no disminuya su persistencia. Asimismo, si llueve o el tronco está expuesto a riego que pueda mojar la zona tratada, el producto dejara de ser efectivo y habrá que hacer un nuevo tratamiento.

Las larvas de *X. luteola*, cuando comienzan el descenso del árbol para llevar a cabo la pupación al pie del mismo, entran en contacto con el insecticida del tronco y mueren. Si bien se trata de una medida para reducir la población del insecto, para que su efectividad sea relevante se ha de aplicar en todos los olmos cercanos, para que de esta forma no se pueda favorecer la reinfestación de los que han sido tratados. Por otro lado, no todas las larvas llevan a cabo el descenso para pupar, algunas lo hacen en el propio tronco o en las ramas, por lo que este tipo de tratamiento no es del todo efectivo. Este tratamiento es muy efectivo sobre *U. pumila* (Dreistadt, 2004).

Los tratamientos aéreos foliares, con piretroides u otros insecticidas autorizados, se recomiendan en aquellos años en los que la población del insecto sea considerablemente elevada. Se ha de evitar hacer un uso excesivo de este tipo de tratamientos, pues no solo eliminan la plaga, sino que actúan sobre la entomofauna que pueda existir en ese momento, por lo que puede tener un efecto adverso al eliminar fauna auxiliar y disparar la población de galeruca al no encontrar parásitos o predadores. En el caso concreto de *X. luteola*, el tratamiento se debe efectuar sobre las larvas de tercer estadio, de forma que la reducción de la población en el momento de la aplicación sea considerable. Los adultos son más resistentes y además pueden volar, por lo que actuar sobre la población adulta no tiene un efecto tan importante, y puede requerir de más de una aplicación.

Las técnicas de inyección al tronco son mejores para el medio ambiente, pues solo afecta a aquellos insectos que se alimentan del árbol y no a todos los presentes en el. Esta técnica, sin embargo presenta una serie de inconvenientes pues, si no se realiza de manera adecuada, puede afectar a la estructura del árbol si este se encuentra débil o en mal estado. La endoterapia se debe aplicar una vez al año, y debe hacerse antes de que aparezcan los primeros adultos en primavera, por lo que no debe realizar el tratamiento sin saber cómo y cuan abundante va a ser la población en ese ciclo, y puede que adultos de otros árboles dañen las hojas si la población es muy elevada.

Revisando la bibliografía disponible sobre el control de la plaga en España, se han encontrado referencias del uso de otros productos mucho más dañinos y nocivos que eran empleados antes, entre los que se encontraban el arseniato de cal o de plomo, el HCH o el uso de DDT.

Control Biológico

Supone el uso de organismos vivos, de forma que estos puedan llevar a cabo algún tipo de acción de control sobre la plaga. Se pueden encontrar nematodos, bacterias, hongos e incluso predadores y parásitos en este grupo.

El uso de nematos para el control de plagas es bastante habitual. Los nematodos parasitan los insectos y se alimentan de ellos, controlando y reduciendo la población de insecto plaga. En el caso de *X. luteola*, se conoce la actividad patogénica de la especie *Steinernema carpocapsae* en la plaga (Kaya et al 1984). Se han llevado a cabo diversos estudios sobre las larvas en descenso con resultados variables (Truston, 1998), pero en estudios de laboratorio se ha podido determinar la efectividad sobre la galeruca del olmo. Se deben seguir llevando a cabo estudios para ver la verdadera efectividad de esta especie, u otra que pudiese determinarse, sobre la plaga.

El uso de productos con bacterias en su composición, es bastante común dado el carácter específico de estos microorganismos. Son muy conocidas las cepas de *Bacillus thuringiensis*, ya que actúan de forma controlada sobre algunas especies de insectos, dejando intacta la fauna auxiliar que pueda estar presente en el árbol. El método de acción es mediante ingestión, una vez aplicado el producto sobre las hojas de la planta, los insectos o las larvas del insecto se alimentan de estas, ingiriendo la bacteria que actúa sobre el sistema digestivo del insecto, eliminándolo de este modo. Al existir numerosas cepas de *B. thuringiensis*, se puede contar con una cepa específica en la mayoría de los casos. Para el control de *X. luteola*, se debe tratar con *B. thuringiensis ssp. tenebrionis*, pues actúa solo sobre la plaga y no sobre la fauna auxiliar del olmo.

Asimismo, existen formulaciones de productos fitosanitarios que tienen su base en hongos entomopatógenos que al entrar en contacto con los insectos, los infectan y permiten el crecimiento del hongo, lo que conlleva la muerte del insecto. Entre estos productos se encuentran aquellos derivados de *Beauveria bassiana*, que es un hongo capaz de acabar con un gran número de especies plaga. El uso de estos productos, sin embargo, presenta el inconveniente de que no solo puede acabar con la especie plaga, sino que tienen efecto perjudicial sobre los polinizadores y sobre parte de la fauna útil de los árboles tratados.

El uso de la fauna auxiliar, como técnica de control biológico aumentativo, se ejecuta cuando lo que se hace es llevar a cabo la cría y la liberación de estos organismos para que ejerzan control sobre el insecto plaga aumentando o introduciendo enemigos naturales en el medio

Se conocen distintos predadores y parasitoides de *X. luteola*, pero los estudios realizados se han centrado principalmente en el himenóptero parasito *Oomyzus gallerucae*. Se conoce su actividad parasita y predatora sobre los huevos, llegando a acabar con numerosas puestas cuando su presencia es elevada. Estos parásitos han facilitado el control de picos de plaga en otros países, pero es en Estados Unidos donde mayor importancia tiene este insecto. Durante muchos años, se llevaron a cabo liberaciones de distintas cepas de *O. gallerucae* para favorecer su establecimiento en aquellas regiones de las que no es originaria y, de esta manera, poder controlar la actividad de la galeruca del olmo (Dahlsten et al., 1994; 1993).

Este insecto ha despertado mucho interés por el control biológico que ejerce sobre la galeruca del olmo. En EE. UU se han realizado numerosos estudios sobre la capacidad de este parasito para controlar la plaga de galeruca, debido al carácter invasivo de esta. El problema resulta del control que ejerce sobre la galeruca pues, si bien es capaz de parasitar numerosas puestas, no es capaz de hacer frente a una situación de plaga de galeruca. En California se ha podido comprobar que no reduce de forma significativa la presencia de galeruca a menos que se lleven a cabo liberaciones adicionales de este parasito todos los años (Dahlsten et al., 1998).

En los últimos años, se ha constatado la presencia del parasito en varios puntos de EE. UU, pero aún tendrá que pasar más tiempo para que se establezca en un número importante como para hacer frente al gran número de insectos que ocasionan la plaga de galeruca.

Por otro lado, se han estado llevando a cabo estudios para comprender los mecanismos de señalización que se llevan a cabo para que el parasito sea capaz de encontrar las puestas para ser parasitadas. Se ha descubierto que es debido a las señales que emite el olmo cuando las hojas son devoradas por la galeruca, de forma que se produce la liberación de terpenoides al medio, que a su vez atraen a los parasitoides a estos árboles.

II. DEFICIENCIAS SANITARIAS DEL GÉNERO *ULMUS*

Son múltiples las referencias que se encuentran en los diversos autores entre las deficiencias sanitarias que socaban la vitalidad de los olmos. Se cita como ejemplo básico la secuencia, galeruca como agente depresor del cultivo que facilita el crecimiento de las plagas de escolítidos de tronco que, como es sabido, es vector de la grafiosis agresiva causada por *Ophiostoma novo-ulmi*.

Por otra parte, durante la ejecución del estudio, las deficiencias sanitarias han jugado un papel sustancial en la biología de galeruca del olmo, hasta el punto que, en muchos casos, se han convertido en la parte principal de la evolución de la población plaga.

Por último, esta misma circunstancia, nos llevó a tener que valorar, no sólo las necesidades de control de otras plagas o enfermedades, sino a la necesidad de modular estas en función de no favorecer la expansión y desarrollo de nuestra plaga objetivo.

Por ello creemos imprescindible, al menos, glosar aquellas deficiencias vegetales frecuentes en nuestras condiciones de desarrollo con el fin de poder actuar si es preciso contra la mismas en el momento oportuno y conocer la importancia de su correcto manejo y gestión.

A continuación se presentan varios capítulos en los que se va a llevar a cabo una introducción a la sistemática de *Ulmus sp.*, la morfología de las especies ibéricas y las plagas y enfermedades de los olmos.

1.

2. INTRODUCCIÓN A LA ESPECIE BOTÁNICA

Los olmos son especies botánicas pertenecientes al Orden Rosales y la familia Ulmaceae, compuesta por árboles, en menor medida arbustos, mayoritariamente caducifolios. La familia consta de 15 géneros con más de 170 especies distintas, distribuidas por los dos hemisferios a excepción de las zonas polares. Utilitariamente, son especies productoras de madera de calidad, por su contenido proteico muchas de ellas tienen buena aptitud para forraje de ganado para la producción de fibra y un buen número de especies se cultivan con fines ornamentales como especies frondosas de gran volumen y árboles de sombra. Entre los géneros más extendidos en nuestras latitudes destacan *Ulmus*, *Celtis* y *Zelkova*

1.1. GÉNERO ULMUS

El género *Ulmus* lo componen más de una treintena de taxones, originadas en el periodo geológico del Mioceno, hace unos 20 millones de años, mayoritariamente autóctono del hemisferio norte en lo que hoy conocemos como Asia Central, dispersándose en la zona templada de Eurasia y Norteamérica y habiendo sido exportado, especialmente, a zonas del Hemisferio Sur durante los siglos XIX y XX, siendo especie cultivada profusamente como árboles ornamentales constituyentes de parques y jardines.

TAXONOMIA *Ulmus sp*

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Ulmaceae

Género: *Ulmus*

Las especies del género *Ulmus* lo componen árboles longevos, capaces de superar largamente el centenar de años con hojas alternas, de peciolo corto, asimétricas en la base y borde dentado o doblemente dentado, color verde medio por el haz y oscuras por debajo.

Sus flores son hermafroditas, sin pétalos y con cáliz persistente, con cierta capacidad de hibridación, lo que complica a veces su taxonomía y polinización preferentemente eólica.

Sus frutos son sámaras sencillas, planas y ovaladas con semilla a un extremo, generalmente de 1 a 2 cm. y dispuestas en grupo; con clorofila que producen facilitan la fotosíntesis antes de la emergencia de las hojas que es posterior a su formación.

De crecimiento medio, y tronco recto y rugoso. Forma usualmente ovoidal, mayoritariamente es rústico en cuanto a la naturaleza del suelo y pH, aunque prefieren suelos ricos, profundos y con buen drenaje; resiste el frío, pero prefiere los climas templados en tierras llanas y valles.

Son comunes en nuestros parques y jardines, superando los 65.000 ejemplares, y en zonas municipales se encuentran:

- *Ulmus pumila* (Olmo de Siberia)
- *Ulmus minor*
 Syn. *Ulmus campestris*
- *Ulmus glabra*
 También conocido como *Ulmus montana*
- *Ulmus laevis*

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES IBÉRICAS

Ulmus glabra

También conocido como *U. montana* y *U. scabra*, se trata de un árbol que puede alcanzar los 40 metros altura en Europa central y septentrional, mientras que en España no sobrepasa los 25 metros. Presenta un tronco recto, elevado y grueso, con la corteza de color gris-ceniza. La copa no muy densa, con ramillas gruesas pubescentes. Las hojas son simples, alternas y de gran tamaño, llegando a alcanzar los 20 cm de longitud. De borde doblemente dentado, las hojas son ásperas en el haz y frecuentemente se observan tres puntas en el ápice (Imagen 34). Sámara ovalada o aovada, con la semilla centrada. Florece en marzo.



Imagen 34. Detalle de una hoja de *U. glabra*, a la izquierda el haz y a la derecha el envés. Fotografía obtenida de Galán et al., 2013.

Especie de origen eurasiático, por lo que se extiende prácticamente por todo el territorio europeo. En la Península se encuentra dispersa por las zonas boscosas más o menos húmedas del tercio norte y por el Sistema Central. Resistente al frío y de indiferencia edáfica, solo requiere humedad en el suelo para desarrollarse. Especie muy usada como árbol ornamental por la densa sombra que producen sus grandes hojas, que lo hacen ideal en jardines, avenidas, plazas, etc. Hibrida fácilmente con otras especies del género (López, 2000; Galán et al., 2013).

Ulmus laevis

Se trata de un árbol de unos 25-30 metros de talla máxima. Presenta el tronco ramificado a media altura, con la copa irregular, ligeramente esférica o cilíndrica. Ramillos inicialmente pelosos, luego se ornan glabros y rojizos. De hojas simples y alternas, con el borde doblemente dentado, y con forma redondeada a ovada. Las hojas son muy desiguales en la base y con tacto suave (Imagen 35). Las sámaras son ciliadas y largamente pedunculadas, carácter por el cual también se le llama Olmo temblón (Polunin, 1984). Florece a finales de marzo, lo que le convierte en el de floración más tardía de los olmos ibéricos.



Imagen 35. Detalle de hojas de *U. laevis*, a la izquierda el haz y en el centro el envés. A la derecha se puede observar la grana simetría de la base. Fotografía obtenida de Galán et al., 2013.

Esta especie ha sido considerada habitualmente como originaria del centro y sureste de Europa central y oriental, y asilvestrada en España, negándose su presencia natural. Especie propia de vegas y valles con suelos húmedos y profundos (López, 2000; Galán et al., 2013).

Ulmus minor

Árbol que puede alcanzar los 30 metros de altura en España, muy corpulento y de tronco grueso. Presenta una copa densa, ovoidea u oval y muy poblada. La corteza tiene color marrón o gris oscuro, y las ramillas jóvenes presentan un aspecto característico con costillas muy marcadas formadas por acumulación de corteza. De hojas simples y alternas, con el borde doblemente dentado, y de hasta 8 cm de longitud (Imagen 36). Sámaras de rápida maduración, de unos 2 cm de longitud, ovaladas y con la semilla hacia la parte superior. Presentan un color verde al

principio y secas, tornándose de color pardo al madurar. Florece desde mediados de febrero a mediados de marzo, diseminando la semilla en abril.

Es una especie ampliamente distribuida, aparece en Europa, Asia y Norteamérica. Se encuentra en prácticamente todo el territorio peninsular y Baleares, pero debido a que ha sido una especie muy manejada por el hombre, resulta difícil saber que poblaciones son autóctonas y cales son aunque debidas a la intervención humana.

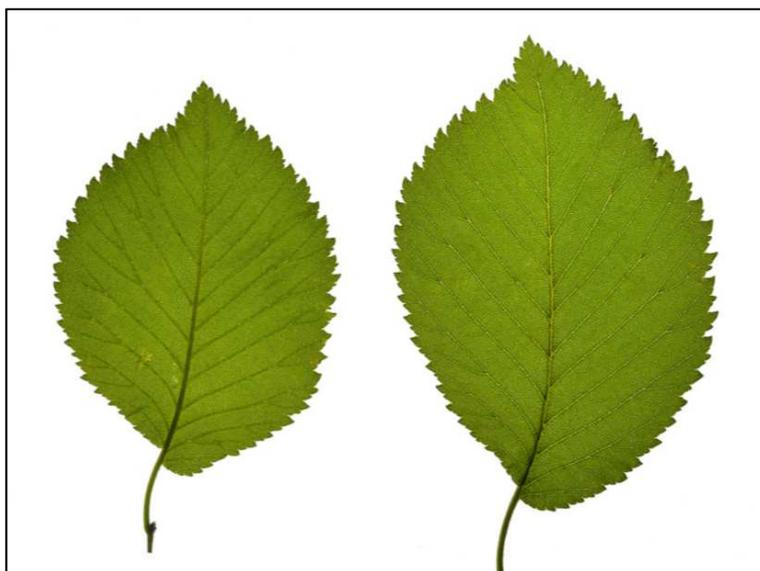


Imagen 36. Detalle de hojas de *U. minor*, a la izquierda el envés y a la derecha el haz. Fotografía obtenida de Galán et al., 2013.

Tolerante a los fríos invernales y a los calores del verano. Igualmente a casi todos los tipos de suelos. Se suele usar a modo de planta ornamental, por el gran porte que puede alcanzar. No obstante, sus poblaciones se han visto muy reducidas por la enfermedad de la grafiosis. La enfermedad, una vez declarada, tiene difícil remedio y en muchos casos lo mejor que se puede hacer es talar los árboles y quemarlos, puesto que si se les deja en el campo, se convierten en activos focos de propagación de la enfermedad (López, 2000; Galán et al., 2013).

Ulmus pumila

Se trata de un árbol de pequeño tamaño en España, no superando los 10 ó 12 metros de altura, pero que en sus países de origen puede alcanzar los 25 metros. Presenta copa ancha, de forma globosa, con ramas bajas laterales y ramillos finos, largos y frágiles. Las hojas son simples, alternas y pequeñas, no llegando a superar los 6 cm de longitud. Se encuentran dentadas de forma simple, y presentan un tono verde claro por el haz, de tacto suave (imagen 37). Sámara

pequeña, redondeada, de color blancuzco cuando madura, con la semilla más o menos centrada. Es la especie que florece antes en España, a principios de febrero.



Imagen 37. Detalle de hoja de *U. pumila*, donde se puede ver la forma y borde dentado de la misma. Fotografía obtenida de Galán et al., 2013.

Originario del Norte de Asia, entre Siberia, Manchuria y Corea, pero que se encontraba en España ya en el siglo XVI. Esta especie ha sido ampliamente cultivada debido a que presentaba una mayor resistencia que otras especies de olmos al hongo de la grafiosis, así como por ser bastante resistente al maltrato urbano. Debido a la facilidad con la que se reproduce y desarrolla, es frecuente encontrarlo en las cercanías de las poblaciones o carreteras, siempre que el terreno presente cierta humedad. Actualmente se ha producido cierta hibridación *U. pumila* x *U. minor*, por lo que no son raros los ejemplares con caracteres intermedios entre estas especies (López, 2003; Galán et al., 2013).

4. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Al hablar de enfermedades y plagas de los olmos, se piensa siempre en los escolítidos y el hongo de la grafiosis. Si bien son las amenazas más importantes en la actualidad para los olmos, no son las únicas. Existen diversas plagas y enfermedades que afectan en menor medida al olmo, aunque no suponen un problema para el desarrollo normal del mismo. A continuación, se presentan una serie de plagas y enfermedades cuya presencia ha sido constatada en la Península Ibérica, los datos corresponden a Solla & Cobos, 2000.

4.1. PLAGAS

Xanthogaleruca luteola (Müller, 1766)

Se trata de un coleóptero defoliador de la familia de los crisomélidos (Chrysomelidae) de origen paleártico, ampliamente distribuido por España e introducido en América del Norte, Australia y Sudamérica. Afecta principalmente a las especies del género *Ulmus*, aunque se han detectado también en *Celtis sp.* y *Zelkova sp.*

Presenta un ciclo biológico con varias generaciones anuales (lo habitual son dos o tres generaciones). Los adultos, pequeños y de color verde amarillento, aparecen en primavera tras pasar el invierno en diapausa. Las hembras ponen los huevos en las hojas y al cabo de una semana, nacen las larvas. Estas se alimentan hasta completar su desarrollo y comienzan el descenso para buscar un lugar de pupación, que suele ser al pie del árbol entre la hojarasca o las grietas del suelo. Al cabo de unos días emergen los nuevos adultos y comienza una nueva generación.

Las larvas son defoliadoras voraces, pero se alimentan solo del parénquima de las hojas, dejando nerviaciones y la cutícula del reverso intactas (daño en ventana). Los adultos realizan orificios más o menos circulares en las hojas (daño de perdigonado). Numerosas defoliaciones continuas en un mismo árbol pueden debilitarlo y hacerlo susceptible para otras enfermedades y plagas.

El tratamiento se debe realizar sobre las larvas antes de la pupación, de forma que se corte el ciclo del insecto. Lo habitual es la aplicación de piretroides o el uso de técnicas de endoterapia.

Euproctis chrysorrhoea (Linnaeus, 1758)

Se trata de un lepidóptero defoliador de la familia Lymantriidae ampliamente distribuido por Europa, Africa del Norte, Asia Menor, Ural, etc. Ha sido introducida en América del Norte. Afecta a especies tanto forestales como agrícolas, entre las que se encuentran las pertenecientes a los géneros *Ulmus*, *Quercus*, *Populus*, *Prunus*, etc.

Presentan un ciclo biológico anual. Los adultos, de color blanco, nacen a finales de junio principios de julio. La hembra realiza las puestas de huevos sobre las hojas, recubiertos por la borra que presenta en la parte posterior del abdomen. En agosto nacen las orugas, que se alimentaran de las hojas donde han nacido y empezaran la formación de un refugio, donde pasarán el invierno para retomar su actividad en primavera (diapausa). Una vez han terminado su desarrollo, tejen un capullo de seda en cuyo interior se transforman en crisálidas durante el mes de junio.

Las orugas se alimentan de las hojas dejando las nerviaciones y cutícula opuesta intactas. Los adultos se alimentan de la hoja completa, llegando a producir defoliaciones completas. Por otro lado, no se deben tocar ni las orugas ni los refugios, por el carácter urticante de las orugas. Para el control de la plaga se recomienda tratar con piretroides, inhibidores de crecimiento o *Bacillus thuringiensis var kurstaki*, preferentemente en el mes de agosto, cuando nacen las orugas.

Nymphalis Polycholos (Linnaeus, 1758)

Se trata de un lepidóptero polífago de la familia Nymphalidae ampliamente distribuido por. Se puede encontrar en *Ulmus sp.*, *Populus sp.*, *Salix sp.*, *Malus sp.*, etc.

Las mariposas, de color pardo anaranjado, pasan el invierno en refugios naturales. Con la llegada de la primavera, las hembras realizan las puestas sobre las ramas. Las orugas son gregarias desde su nacimiento, y para crisalidar se quedan prendidas de cualquier superficie mediante hilos de seda. En junio y julio, las nuevas mariposas emergen de las crisálidas. Presentan diapausa estival, y en otoño retoman su actividad de nuevo para refugiarse otra vez en invierno.

Las orugas son muy voraces, pero no ocasionan de mucha gravedad. Al no originar ataques masivos ni grandes defoliaciones, no es necesario el tratamiento.

Zuzera pyrina (Linnaeus, 1761)

Se trata de un lepidóptero polífago de la familia Cossidae de origen paleártico, ampliamente distribuido por España e introducida en Estados Unidos. Causa daños en *Ulmus sp.* y afecta a numerosas especies de frondosas, y se ha citado sobre más de 70 especies vegetales.

El ciclo biológico suele durar un año, pero puede alargarse hasta dos en algunos casos. Los adultos, que aparecen desde principios de junio hasta finales de julio, presentan el tórax blanco y de aspecto peludo, con seis manchas azules características. Las hembras insertan los huevos en grietas y resquebrajaduras de la corteza, llegando a poner entre 1000 y 2000 huevos. Las orugas al nacer son gregarias y permeasen juntas en un nido sedoso par, una vez desarrolladas, alimentarse. La pupación se da entre abril y junio.

Las orugas forman galerías en la madera, y se alimentan de brotes, tallos y troncos. Las galerías provocan pérdidas de conducción de savia, así como incremento de la vulnerabilidad y pérdida de resistencia en el árbol. Los daños que causan pueden ser muy graves en arboles jóvenes. Los arboles más viejos no sufren tantos ataques, pero estos pueden provocar que se sequen y caigan ramas.

Cossus cossus (Linnaeus, 1758)

Se trata de un lepidóptero polífago de la familia Cossidae de origen paleártico, ampliamente distribuido por España. Afecta a numerosas especies forestales, entre las que se encuentran *Ulmus sp.*, *Quercus sp.*, *Populus sp.*, *Hacer sp.*, etc.

Presentan un ciclo biológico de uno o dos años. Los adultos, de color grisáceo, aparecen desde principios de junio a finales de julio. La hembra deposita los huevos entre las grietas de la corteza. Las orugas al nacer atraviesan la corteza y forman galerías en la región subcortical. Permanecen en esta región hasta el otoño, en diapausa invernal, hasta la primavera, cuando forma la crisálida y emergen los nuevos adultos.

El insecto suele atacar pies debilitados por otras plagas y/o enfermedades, pero su presencia suele contribuir al decaimiento de los árboles. Las orugas forman galerías en la madera que pueden afectar seriamente al árbol, ya que provocan pérdidas de conducción de savia, así como incremento de la vulnerabilidad y pérdida de resistencia en el árbol. El ataque del insecto provoca la aparición de chancros.

Para el control de la plaga, principalmente se realiza la captura de los machos adultos mediante el uso de trampas de feromonas, aunque se pueden ejercer técnicas de control cultural para la destrucción de las orugas.

Erisoma ulmi (Linnaeus, 1758)

Hemíptero de la familia de los áfidos que provoca la deformación de las hojas en especies del género *Ulmus*. Las fundatrices emergen en primavera, provocando el enrollamiento en el borde de las hojas. Cuando maduran los adultos abandonan el olmo para volver en otoño al olmo para depositar los huevos. Hibernan en los olmos. Provocan la deformación de las hojas, secándose y haciendo que disminuya la actividad fotosintética con poblaciones elevadas, y reducen su valor ornamental en zonas urbanas, parques y jardines. No se realizan tratamientos de control para este insecto.

Erisoma lanuginosum (Hartig, 1839)

Pulgón de la familia de los áfidos que se encuentra ampliamente distribuida por España, y ha sido introducido en Australia y Nueva Zelanda. Este insecto provoca una voluminosa agalla, de hasta 5 cm de diámetro por 4 cm de altura, sobre las hojas del olmo. El insecto realiza picaduras en el envés de la hoja, induciendo la formación de una agalla invaginada por el haz, verde al principio y luego se torna amarillenta, para pasar a rojiza y rojo intenso, para ser marrón al secarse.

Se inician en abril-mayo, alcanzando su pleno desarrollo en junio-julio, momento en el que los pulgones abandonan el refugio para reproducirse en las raíces de un hospedante secundario. Vuelven a los olmos en otoño, se instalan en la corteza para pasar el invierno. Forman una sola agalla por hoja, no se aplican tratamientos de control.

Tetraneura ulmi (Linnaeus, 1758)

Hemíptero de la familia de los áfidos, muy común y presente por España. Forma agallas sobre las hojas del olmo. El áfido realiza las picaduras inductoras en el envés de hojas tiernas de abril, formándose una agalla en el haz de la hoja en forma de vejiga pedunculada, que se eleva perpendicularmente al limbo hasta 2 cm. La agalla es ovoide, cubierta por una fina velloidad, presenta color verde al inicio pasando a rojo y luego marrón al secarse. En junio, se desprende de la hoja y los pulgones abandonan el refugio para colonizar el hospedador secundario, regresando en otoño al olmo para completar el ciclo. Se pueden encontrar numerosas agallas por hojas, aunque pueden estar de forma solitaria también.

Aceria ulmicola (Nalepa, 1890)

Ácaro de la familia de los eriófidos que posee una distribución europea, estando presente en la Península Ibérica de forma muy común sobre las hojas de *Ulmus sp.* Los ácaros se alimentan sobre el envés de la hoja, induciendo en la primavera (abril mayo) la formación de pequeñas invaginaciones, a modo de granitos de menos de 1 mm de diámetro, en el haz de la hoja. Las agallas sobresalen por las dos caras del limbo, siendo más patentes en el haz, son de color amarillento o verde amarillento, y pueden llegar a cubrir por completo la superficie de la hoja. Los ácaros se alimentan durante la primavera y el verano, pasando el invierno en fase de hembra adulta. En infestaciones elevadas se produce el debilitamiento de la planta.

Scolytus scolytus (Fabricius, 1775)

Se trata de un coleóptero de la familia de los escolítidos que se alimenta de subcorticalmente de los olmos. Se encuentra ampliamente distribuido por Europa y Asia Central. En España está presente en todo el territorio.

Los adultos emergen en la primavera, siendo los machos quienes llevan a cabo el vuelo de dispersión para localizar nuevo hospedantes. Forman pequeñas galerías en la corteza, donde se reproducen con las hembras y estas continúan las galerías para colocar en pequeños nichos los huevos. Al eclosionar, las larvas al nacer forman galerías perpendiculares a la galería principal. Se alimentan en el interior de la corteza y se desarrollan hasta que llegan a estado adulto inmaduro. Los adultos pueden completar su maduración al llevar a cabo el vuelo de dispersión mientras se alimentan de los ramillos nuevos. Pueden presentar cuatro generaciones a lo largo de un mismo año.

Scolytus multistratus (Marsham, 1802)

Coleóptero escolítido ampliamente distribuido por Europa, Irán y Algeria, e introducido en Canadá y Estados Unidos. En España se encuentra presente en todo el territorio. Se alimentan subcorticalmente de olmos muertos o debilitados.

Los adultos emergen en primavera, en este caso son las hembras las que realizan el vuelo de dispersión para seleccionar el hospedador adecuado. Realizan la galería principal en la corteza, donde se lleva a cabo la reproducción. Las hembras posteriormente continúan con la formación de la galería y pone los huevos en los nichos a ambos lados de la misma. Cuando las larvas nacen, inician galerías perpendiculares a la galería principal donde se alimentan y completan su

desarrollo hasta llegar a adultos inmaduros, que completaran la maduración con el vuelo de dispersión. Al igual que *S. scolytus*, pueden presentar hasta cuatro generaciones en un mismo año.

3.2. LA GRAFIOSIS. CICLO BIOLÓGICO Y DE DESARROLLO.

La grafiosis del olmo es una de las enfermedades forestales más conocidas y estudiadas. En este apartado se va a desarrollar su ciclo biológico, así como los organismos implicados en el mismo.

En el ciclo biológico de la grafiosis intervienen tres sistemas biológicos: el de los hongos patogénicos, el de los escolítidos que actúan a modo de vector, y los propios olmos que son los que sufren la enfermedad. Los hongos implicados en la enfermedad son dos especies, *Ophiostoma ulmi* (Buisman, 1932) y *Ophiostoma novo-ulmi* (Brasier, 1991). Se trata de hongos ascomicetos del orden de los *Ophiostomatales* y se los conoce también como especie no agresiva y agresiva respectivamente.

Los hongos se desarrollan en las galerías que producen los escolítidos en la corteza del tronco, donde producirán esporas que los propios escolítidos se encargan de transmitir. Los escarabajos completan su ciclo biológico en el interior de la corteza, donde se desarrollan los estados de huevo y larva, de forma que cuando los adultos emergen de las galerías donde se ha desarrollado el hongo, se convierten en portadores del mismo. Cuando los adultos vuelan hacia copas de olmos sanos para alimentarse, perforan la corteza hasta llegar al sistema vascular de la planta, donde se puede producir la infección debida a las esporas que pudiese transportar el escolítido.

Una vez que las esporas entran en el interior del sistema vascular del olmo, se empiezan a reproducir y alimentarse de los nutrientes presentes en la sabia del árbol. Se propagan célula a célula, y provocan la cavitación de los vasos que afectan. La cavitación es un proceso por el cual se forman burbujas de aire que pueden afectar a toda una célula. Las plantas cuentan con mecanismos de control para estos casos, pero los hongos de la grafiosis se encargan de evitar que se pueda controlar, de forma que el proceso continua y puede afectar a vasos y ramas del árbol. Ante la falta de savia, se producirá internamente tensión para intentar llevar savia a las zonas afectadas, pero esto solo provoca que se dé la entrada de más burbujas de aire, lo que acelera el proceso de cavitación. Si no hay flujo de savia que llegue a las zonas afectadas, éstas empiezan a secarse. Las zonas secas o débiles son, además, lugar de preferencia por los escolítidos para completar su ciclo de desarrollo, por lo que se ven beneficiados de las infecciones que ocasionan a los olmos sanos.

Se ha visto que por acción de los escolítidos se transmite la enfermedad, sin embargo no es la única vía de transmisión. Se puede también vía radicular a través de chupones, radicular a través de injertos naturales y por el transporte por parte del hombre de trozas afectadas.

De las dos cepas, *O. novo-ulmi* es la más agresiva. Se la conoce de esta forma por el gran impacto que ha provocado en las olmedas de todo el mundo. La especie *O. ulmi* presenta, asimismo, una velocidad de propagación menor dentro del árbol, lo que le permitía a este intentar hacer frente y aislar las zonas afectadas, pero con *O. novo-ulmi* el desarrollo y expansión del hongo es mayor, lo que hace imposible que el árbol pueda hacer frente a la situación.

En España la cepa no agresiva se detectó por primera vez a comienzos de los años treinta, mientras que la cepa agresiva se constató en el año 1978. En la actualidad *O. novo-ulmi* se encuentra presente en toda la Península. Los daños que ha ocasionado son de gran volumen, pues ambas cepas han hecho que la masa de olmos de la península se vea muy reducida. Este hecho, sin embargo, ha favorecido que se produzca el descenso en las poblaciones de escolítidos, lo que ha favorecido a su vez que olmedas aisladas puedan desarrollarse sin tanto peligro a verse infectadas.

BLOQUE III. RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL ESTUDIO

Como hemos citado anteriormente, el Plan Estratégico, conllevaba la ejecución de múltiples experiencias y trabajo de campo donde poder acreditar los conocimientos de la biología del insecto, la importancia cuantitativa real de la plaga y afinar los métodos de control más usuales, concretados en nuestras condiciones locales.

En el presente apartado se dará cuenta de las experiencias realizadas y los datos recabados en cada una de ellas, que nos permitirá, al menos, realizar una aproximación a las técnicas y procedimientos para el manejo y control futuro de la plaga de la galeruca del olmo en la ciudad de Madrid.

De este modo, se presenta la metodología empleada para cada una de las actividades realizadas, los resultados obtenidos de estas actividades y una discusión de los resultados.

1. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO

1.1. DESARROLLO DE LA PLAGA Y SU CICLO BIOLÓGICO

X. luteola es una plaga considerada termosensible, es decir, su desarrollo y ciclo biológico están condicionados casi exclusivamente por la temperatura, lo que, por otra parte, es habitual para el orden Coleóptera a los que esta especie pertenece. Esto hace que el estudio de la plaga este muy ligado al estudio de la temperatura del medio donde se desarrolla.

Midiendo las temperaturas diarias para un determinado organismo, se puede llevar a cabo una relación de temperatura/tiempo para establecer las fases de desarrollo del mismo. Con esto, al medir la temperatura de un lugar se pueden predecir las fases de desarrollo y actividad de un organismo, es decir, una escala de tiempo fisiológica. Este estudio y monitoreo está basado en unidades de temperatura acumulada por día, que son denominadas Grado-Día o °D (Degree-Days o DD en inglés), que si se calculan en grados Fahrenheit denominaremos °D-F. Al representar estos acumulativos de temperatura por tiempo, obtenemos la denominada integral térmica, que permite representar gráficamente esta actividad y desarrollo.

La temperatura, a partir de la cual un organismo comienza su actividad y desarrollo es distinta. Hay organismos con una temperatura umbral inferior, por debajo de la cual no presentan desarrollo, otros con temperatura umbral superior, a partir de la cual no hay mejora del desarrollo, organismos con desarrollo exponencial, otros con desarrollo lineal, etc. Esto hace difícil que un único modelo no sea apto y para todos los casos y, es por ello, que existen distintos modelos de cálculo de la integral térmica (Zalom, 1983).

En el caso de la *X. luteola*, la temperatura mínima para que pueda desarrollar su actividad es de 11°C (51,8°F), por lo que presenta una temperatura umbral inferior, pero no se conoce temperatura umbral superior, basta con tomar como ejemplo la amplia distribución del insecto por el sur de la Península Ibérica, donde las temperaturas en verano superan los 40°C.

A partir de los estudios de seguimiento basados en el monitoreo de la temperatura (Dreistadt, 2004), se sabe que se puede prever las distintas fases del ciclo biológico de esta plaga sumando aquellas temperaturas a partir de 11°C desde una fecha determinada, en este caso la fecha de inicio del control es el 1 de marzo. Repitiendo este proceso durante varios años, se consigue saber, con cierto margen de error, los momentos en los que se esperan cada uno de los estadios de desarrollo, lo que facilita el manejo y control de la plaga al saber cuándo hay que actuar.

Al considerarse una plaga invasora en Estados Unidos, se han llevado a cabo numerosos estudios e investigaciones para conseguir controlar y erradicar la plaga. La Universidad de California es la que ha formulado más técnicas de control y monitoreo de plaga, así como el plan de manejo en relación con el estado de desarrollo de la plaga. Entre estas técnicas, se encuentra una tabla de cálculo de los grados-día acumulados (Imagen 38), herramienta que facilita la elaboración de la integral térmica.

Esta tabla requiere de temperaturas máximas y mínimas diarias, a partir de las cuales elabora el cálculo del acumulativo diario. De esta manera no es necesario llevar a cabo el desarrollo matemático y los cálculos operativos, pues la herramienta lo calcula de forma fácil y expone los datos de forma sencilla.

Elm Leaf Beetle on Landscape Model

- Lower threshold: 52°F
- Calculation/upper cutoff method: single sine/horizontal
- Biofix: Each season, start accumulating degree-days March 1.
- Additional information on using this model: [Pest Management Guideline](#)

Enter daily temperatures

Specify temperature units: Fahrenheit Celsius

	Min	Max		Min	Max
Day 1			Day 11		
Day 2			Day 12		
Day 3			Day 13		
Day 4			Day 14		
Day 5			Day 15		
Day 6			Day 16		
Day 7			Day 17		
Day 8			Day 18		
Day 9			Day 19		
Day 10			Day 20		

Imagen 38. IPM Calculator, aplicación web que permite el cálculo de los acumulativos de temperatura de forma fácil y sencilla a partir de la temperatura.

Por ello, y por facilitar el cálculo en el futuro, se han estado recopilando las temperaturas diarias de varias estaciones meteorológicas públicas de la ciudad de Madrid para, con estos datos, poder elaborar la integral térmica de la ciudad para *X. luteola*. Cabe destacar que esta metodología requiere de la repetición del estudio térmico durante varios años, por lo que los datos que se puedan obtener con este primer año de estudio, no serán una representación al 100% exacta, sino que requerirá de repeticiones en años posteriores.

Los datos de temperatura se han obtenido de tres de las estaciones meteorológicas de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), cuyos datos se encuentran disponibles de forma gratuita y de libre acceso en la red que corresponden con: el Retiro, Ciudad Universitaria y el Aeropuerto.

1.2. ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA POBLACIÓN PLAGA

Establecer la secuencia y viabilidad de las distintas estrategias de manejo de esta plaga, no sólo es un requisito legal derivado del espíritu del R.D. 1311/2012 sobre Uso Sostenible de Productos Fitosanitarios, sino que es una exigencia del espíritu emanado de los principios de Manejo Biológico Integrado, que pretende conocer la viabilidad y capacidad de control de los distintos modelos sanitarios y con ello poder realizar una protocolización del manejo eficaz técnicamente y acorde con las exigencias del medio y los ciudadanos.

Para ello se propuso la ejecución de cinco repeticiones de cinco estrategias de control diferentes para, de esta forma, poder ponderar los resultados obtenidos y con ello elaborar un protocolo de manejo eficaz que tenga en cuenta, tanto la eficacia de los medios empleados como la ejecución de cada una de ellas en función de la fenología del cultivo y del estado de desarrollo de la población plaga y su importancia poblacional. Para cada una de las estrategias de control se buscaron grupos de 10 ejemplares en cada uno de los puntos donde se iban a llevar a cabo las repeticiones, lo que supone un total de 250 pies (50 en cada repetición). Los criterios de selección de cada uno de los puntos donde se han llevado a cabo las repeticiones, así como la distribución de los pies tratados con cada una de las técnicas que se recogen a continuación, vienen desarrollados más adelante en el apartado Selección de Puntos de Estudio.

Por otra parte, las cinco técnicas de manejo diferentes que se han testado han sido las siguientes:

1. Tratamientos fitosanitarios en aplicación aérea.

Se ha llevado a cabo el tratamiento sobre los pies afectados mediante la aplicación con cañón atomizador de productos en base a alfacipermetrina, en este caso Fastac, autorizado para su empleo en el control de esta plaga. La aplicación se llevó a cabo en el mes de mayo, durante el desarrollo larvario de la primera generación (Imagen 39). Si bien la aplicación de este tratamiento se recomienda ejecutar sobre larvas de segundo y tercer estadio, la celeridad con la que se desarrolló la plaga hizo que se llevase a cabo la aplicación cuando las larvas estaban mayormente en tercer estadio larvario. Este tratamiento se realiza justo después de la eclosión de las puestas de los adultos

hibernantes, de forma que las larvas sean eliminadas y no se produzca el desarrollo de la plaga. La persistencia del tratamiento es de unas semanas si las condiciones climáticas son favorables, por lo que se llevó a cabo una segunda aplicación en el mes de Agosto.



Imagen 39. Camión con cañón atomizador llevando a cabo una aplicación sobre la copa de los olmos del punto de estudio de Aluche.

Asimismo, se tenía prevista la aplicación de lacas biocidas sobre los troncos, se trata de productos formulados de una muy larga persistencia (> 3 meses) al ir liberando por su descomposición un insecticida muy progresivamente. Sin embargo, dado que se formulan con el objetivo de empleo de desinsectación doméstica, no están autorizados para su uso en zonas verdes y se descartó su utilización.

2. Tratamiento fitosanitario con técnicas de inyección al tronco.

Esta técnica, también conocida como endoterapia, permite la inyección al tronco de una sustancia insecticida (Imagen 40). Con ello se consigue un acceso a todo el volumen foliar por difusión interna del producto, además de una larga persistencia del mismo que alcanza varios meses de actividad, con lo que el árbol permanece protegido durante varios meses y no necesita de repeticiones en el tratamiento. Estas técnicas evidentemente pueden ser origen de problemas de lesiones en el árbol, máxime si se trata de sistemas de inyección de alta presión que causan daños en el sistema vascular del árbol al ser preciso inyectar un volumen de caldo en poco tiempo.



Imagen 40. Inyecciones de difusión pasiva colocadas en el tronco de uno de los olmos tratados.
La solución pasará al interior del árbol por la presión ejercida por el flujo de savia.

Las inyecciones se han realizado mediante el sistema Fertinyect, sistema de inyección de difusión pasiva. Consiste en la ejecución de orificios en el tronco donde se inserta un conector ayudado por un martillo de goma o nylon y se conecta una botella presurizada que contiene una solución con el insecticida abamectina en su composición, en este estudio se utilizó el producto Vertimec. La presión de la botella no es superior a 3 kg/cm, presión mínima necesaria para evitar la repulsión del líquido pero inferior a aquella que causa daños vasculares, al ser próxima a la presión de traslocación del árbol. Por tanto, se considera de difusión pasiva, pues su absorción depende de la actividad vascular y con ello la duración del tratamiento puede ser desde horas desde su inicio hasta días en completar su acción en función de la actividad vegetativa del pie en cuestión. El número de botellas a aplicar por árbol dependerá del tamaño del mismo, situando una botella cada 20 cm de perímetro del tronco. Las botellas se situarán justo debajo del primer nudo evitando, en la medida de lo posible, que estén al alcance del público.

Usualmente la ejecución de este tipo de tratamientos se realiza durante la brotación de los árboles afectados, pero en nuestro caso se inicia al constatar la presencia de adultos en copa y primeras puestas para asegurar que estamos en un árbol que será afectado por la plaga. Por tanto, la aplicación se llevó a cabo en el mes de mayo.

3. Tratamiento biológico.

Para este tipo de tratamiento se buscaba utilizar técnicas de manejo biológico aumentativo o inundativo, que consisten en la adición de un agente de control biológico al cultivo. En la actualidad no existen organismos recomendados para el control de la plaga *X. luteola* en los catálogos comerciales de organismos de control biológico. Sin embargo, como fitosanitario se comercializa una formulación en base a *Bacillus thuringiensis* sp. *tenebrionis*, que es citada bibliográficamente como activa para esta plaga. Al tratarse de una bacteria entomopatógena, este producto se considera como tratamiento biológico. Asimismo, se cita que la acción de este organismo no solo proporciona buen control sobre la plaga, sino que no presenta incidencia sobre la fauna auxiliar biocontroladora de la misma.

Sin embargo, es un producto registrado como fitosanitario y sin registro para usos en espacios verdes según los preceptos del R.D.1311/2012 y, por tanto, no habilitado para su uso en estas áreas. En España el nombre comercial del producto es Novodor, y está dirigido a la eliminación del escarabajo de la patata.

Por ello, se realizó la petición para poder utilizar dicho compuesto a nivel experimental, para comprobar su eficacia en el control de esta plaga y con ello utilizarlo en el presente estudio. No obstante, al no recibir respuesta, se llevó a cabo la recogida de muestras de los pies seleccionados para este tipo de tratamiento y en laboratorio, se realizó la aplicación del producto sobre larvas en segundo estadio larvario para determinar su efectividad (Imagen 41). Para comprobar la persistencia del producto, se aplicó sobre hojas y ramas que luego se fueron dando a colonias del insecto que se recogían y se llevaban al laboratorio.



Imagen 41. Cajas de muestras donde se mantenían las colonias recogidas para poder alimentarlas con hojas tratadas con Novodor.

Asimismo, se realizó una aplicación de nematodos sobre pupas de segunda generación. El producto empleado fue Larvanem, cuyo principio activo es el nematodo *Hetherorabditis bacteriophora*.

4. Tratamiento con estrategias de control biológico por conservación.

El tratamiento mediante estrategias de control biológico por conservación consiste en procurar la habitabilidad y desarrollo de organismos de control biológico autóctono. (Nota: El catálogo de organismos de control de *X. luteola* viene descrito en el capítulo sobre la biología de la especie de este trabajo).

Ello significa que se precisa determinar el catálogo de organismos de control biológico autóctonos, como primer punto imprescindible, para lo cual se tomaron muestras del árbol de puestas visiblemente atacadas por parasitoides y capturaron organismos predadores. Tras esa catalogación, se buscaba crear condiciones de habitabilidad de la población auxiliar evitando, además, toda intervención inconveniente de cultivo que dificulte el desarrollo auxiliar.

Por ello, y como se conoce que la fauna auxiliar es capaz de llevar a cabo el control de la plaga, pero a niveles poblacionales normales, se realizaron ensayos para reducir el número de la plaga con técnicas que no afectasen a la fauna auxiliar. Se recurrió a ensayos de operativas que actuaran sobre el descenso de las larvas en el momento de la pupación, impidiendo la bajada al pie del árbol y reduciendo su número en el proceso.

Siguiendo esta línea, se han instalado trampas de captura de procesionaria, que consisten en un anillo que rodeando el tronco, acaba en una bolsa de recogida de los insectos. Asimismo, se han empleado cintas adhesivas de captura, que al ponerlas en el tronco del árbol, podían impedir el descenso de las larvas al pegarse estas al adhesivo. Estas trampas se colocaron antes del descenso de las larvas de la segunda generación, cuando se había constatado la presencia de plaga en los árboles seleccionados y se podía comprobar la eficacia del tratamiento (Imagen).

5. Testigo.

El testigo ha sido el punto de referencia comparativa de la eficacia de las metodologías testadas. Por tanto, en estos ejemplares se ha realizado un seguimiento fenológico completo de la evolución de la plaga, determinando estadios del ciclo biológico y estudios según las condiciones meteorológicas, siendo la base del cálculo de las

integrales térmicas de desarrollo.

1.3. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTUDIO

Como parte del Plan Estratégico se seleccionaron cinco puntos de estudio para monitorear la actividad de la galeruca durante el ciclo biológico correspondiente al año 2017, y realizar los tratamientos prueba para determinar la mejor forma de controlar la plaga. Para la elección de estos puntos de estudio, se llevó a cabo una inspección, previa a la aparición de los adultos hibernantes, en la ciudad de Madrid de zonas que pudiesen ser propicias. Para ello, se contó con la información proveniente de las reclamaciones ciudadanas del año 2016, donde se hacía referencia a galeruca, y la provista por los Técnicos Municipales y Agentes Medioambientales (AMAS). Con la lista de posibles puntos de interés para el desarrollo del estudio, y la posterior inspección de los mismos, se eligieron aquellos cinco que cumplían una serie de requisitos:

- Situación: se buscaba que estuviesen alejados de las viviendas, ya que tanto la realización de tratamientos, como la no realización de los mismos (en aquellos olmos que iban a servir de testigo), podía importunar a los vecinos.
- Número de pies: dado que se iban a realizar cinco tratamientos en cada punto, con 10 olmos por tratamiento (50 en total), se necesitaba que el número de pies fuese suficiente en cada una de las zonas para que fuese un punto óptimo.
- Proximidad: los olmos seleccionados tenían que estar en zonas próximas unos de otros para que las variaciones no fuesen significativas.
- Accesibilidad: tanto para la realización de las aplicaciones de tratamientos, como para el posterior monitoreo, era mejor el contar con zonas que presentaran un acceso fácil para los vehículos de trabajo.
- Antecedentes: otra de las características que se tuvo en cuenta para la elección de la zona fue la presencia constatada de galeruca en años anteriores.
- Presencia de plaga: se tenía que constatar visualmente la presencia de adultos de primera generación en la zona para que fuese apta.

Teniendo en cuenta estas características, los cinco puntos elegidos fueron los siguientes:

PARQUE/ZONA VERDE	BARRIO	DISTRITO
Parque Cerro de Almodóvar	Aluche	Latina
Parque San Isidro	San Isidro	Carabanchel
Centro Cultural y Polideportivo los Rosales	Butarque	Villaverde
Parque Roma	Estrella	Retiro
Parque Darwin	Fontarrón	Moratalaz

Parque Cerro de Almodóvar

Al llevar a cabo la inspección de los puntos de posible estudio, así como la verificación de la presencia de la plaga, se encontraron los primeros adultos de galeruca en el barrio de Aluche, en el distrito de Latina. Por ello, junto con la constatación de la presencia de plaga en años anteriores a través de las reclamaciones que habían realizado los ciudadanos en el año 2016, se decidió seleccionar alguna zona de este barrio como punto de estudio.

A la hora de seleccionar la zona apropiada que cumpliera con los requisitos antes descritos, se buscaron distintos parques para determinar cuál podía ser el más adecuado. Finalmente se optó por el Parque Cerro de Almodóvar, que se encuentra próximo a la calle Duquesa de Parcent.

Este parque presenta un número elevado de olmos, de distintos tamaños y estados vegetativos. Se buscó una zona que fuese fácil de tratar, con el número suficiente de olmos, y se delimitaron los pies por tipo de tratamiento. Cuando se decidió utilizar este parque como punto de estudio, ya se observaban los primeros adultos en todos los olmos seleccionados. Durante todo el estudio, este parque ha estado llevando la delantera en cuanto al desarrollo del insecto, es decir, se encontraban primero aquí las nuevas fases de desarrollo de cada generación de la plaga.

Este parque, asimismo, cuenta con la peculiaridad de que se trata de un parque forestal y que muchos de los árboles que en él se encuentran tienen su origen por trasplante desde otros puntos de la ciudad (Imagen 42). Por otro lado, al ser considerado un parque forestal, no se

realizan tratamiento o cuidados como se podrían realizar en otros parques de la misma zona, por lo que el estado general de algunos olmos se encontraba debilitado.

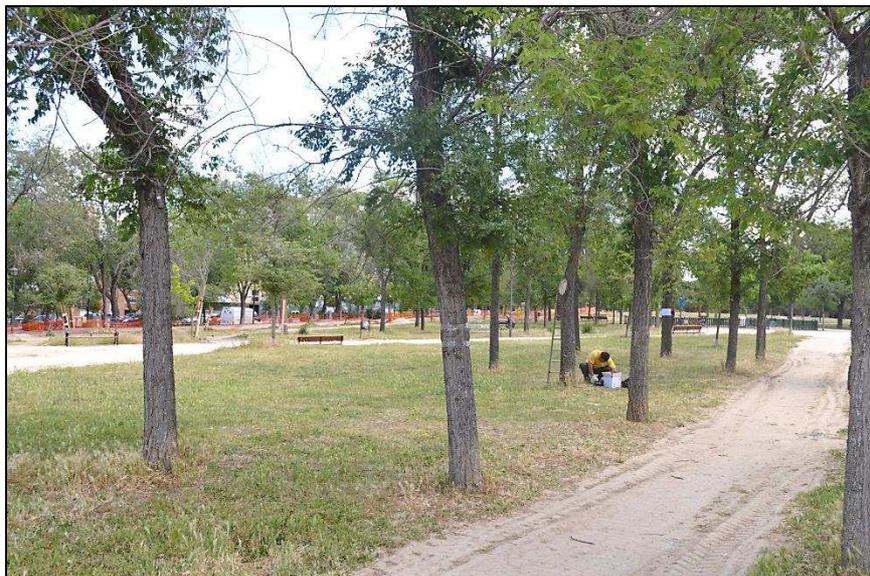


Imagen 42. Fotografía de un de las zonas seleccionadas en el parque Cerro de Almodóvar. Se puede observar que había pistas de tierra para que pudiesen acceder los vehículos de tratamiento.

San Isidro

La selección del parque de San Isidro, en el barrio con el mismo nombre del distrito de Carabanchel, se realizó principalmente por la constatación de la presencia visual tanto del insecto como de los daños dejados por este, en años anteriores. Al contar con un número suficiente de pies para llevar a cabo el estudio, y tener constancia de reclamaciones por parte de los ciudadanos también, se decidió como punto de estudio.

En el parque, se llevó a cabo la selección de la alineación de los olmos que se encuentra entorno al palmeral que está situado delante de la entrada del Tanatorio. El número de olmos allí superaba los necesarios y, además, se encontraban bastante alejados de otros grupos de olmos que pudiesen interferir o modificar los resultados. Esto, junto con el buen estado en el que se encontraban los árboles por el mantenimiento realizado, convertía esta zona en un buen punto para llevar a cabo el estudio.

Como se ha indicado previamente, en años anteriores se había constatado la presencia del insecto durante la primera e incluso segunda generación, pero no se había llegado nunca a un estado de plaga con grandes masas defoliadas. Esto hacía suponer que la presencia de fauna auxiliar que mantenía la población de *X. luteola* controlada era elevada.

Dada la disposición en alineación semicircular de los pies seleccionados, la delimitación de los grupos por tratamiento fue compleja, presentando algunos árboles contacto entre las copas (Imagen 43).



Imagen 43. Fotografía de un de las zonas seleccionadas en el parque San Isidro. Se puede observar que las copas de los distintos pies estaban muy próximas unas a otras.

Zona verde del Centro Cultural Los Rosales

Al revisar las reclamaciones de años anteriores sobre la presencia de *X. luteola*, se observó que había un número elevado de reclamaciones que pertenecían a las zonas próximas de la Avenida de los Rosales, en el barrio de Butarque del distrito de Villaverde. Al llevar a cabo la inspección de la zona, se tuvo que descartar en gran medida debido a la proximidad de muchos de los olmos a las viviendas, pues se encontraban formando alineaciones o grupos a escasos metros de las casas. Por ello, se optó por elegir la zona circundante al Centro Cultural Y Polideportivo De Los Rosales, pues contaba con un número apropiado de pies, no había viviendas próximas y estaba muy cerca de aquellos puntos de los que constaban reclamaciones.

La distribución de esta zona es un tanto diferente, pues los olmos se encontraban bien separados y delimitados entorno al centro cultural (Imagen 44). Esto favoreció la agrupación por tratamientos, ya que físicamente estaban ya delimitados en un número que nos era favorable. Por otro lado, había olmos que se encontraban en un estado mucho más naturalizado, pues estaban en la parte posterior del centro cultural, y estos se mantuvieron como testigos por la

suposición de que podrían albergar mayor fauna auxiliar que aquellos sobre los que se había ejercido algún tipo de control.



Imagen 44. Fotografía de un de las zonas seleccionadas en el Villaverde. Se puede observar que los olmos se encuentran dispuestos de forma regular en hileras, lo que facilitó la delimitación de los distintos tratamientos.

Parque de Roma

Dado que la gran mayoría de las reclamaciones que se habían recogido en años anteriores sobre la presencia de la galeruca del olmo correspondían a distritos de la zona sur/sureste de la ciudad, se optó por incluir un parque que se encontrara en la zona centro de la ciudad. Si bien el número de olmos que se encuentran en los barrios más céntricos de la capital es menor, sí que existen alineaciones que han sufrido la plaga en años anteriores, por lo que se consideró una buena opción el buscar una zona con el número suficiente de pies pata realizar los distintos tratamientos.

El parque que se eligió fue el de Roma, en el barrio de la Estrella en el distrito de Retiro. Este parque se encuentra en muy buenas condiciones, pero en los olmos de las proximidades del mismo se había registrado presencia del insecto con anterioridad. Asimismo, en los terrenos del Centro de Natación M-86, que se encuentra junto al parque, se observó bastante presencia de adultos de primera generación, que causaron importantes daños.

Aunque el parque cuenta con un número elevado de olmos, siendo la especie vegetal más numerosa del mismo, la presencia de dos colegios (Colegio Ciudad de Roma y Colegio

Montserrat) en las zonas próximas a aquellos puntos de los que había constancia previa de plaga y que eran de fácil acceso con los vehículos de tratamiento y seguimiento, supuso un problema a la hora de realizar los tratamientos, pues se debían realizar estos fuera del horario escolar para evitar conflictos con padres y docentes de los centros (Imagen 45).

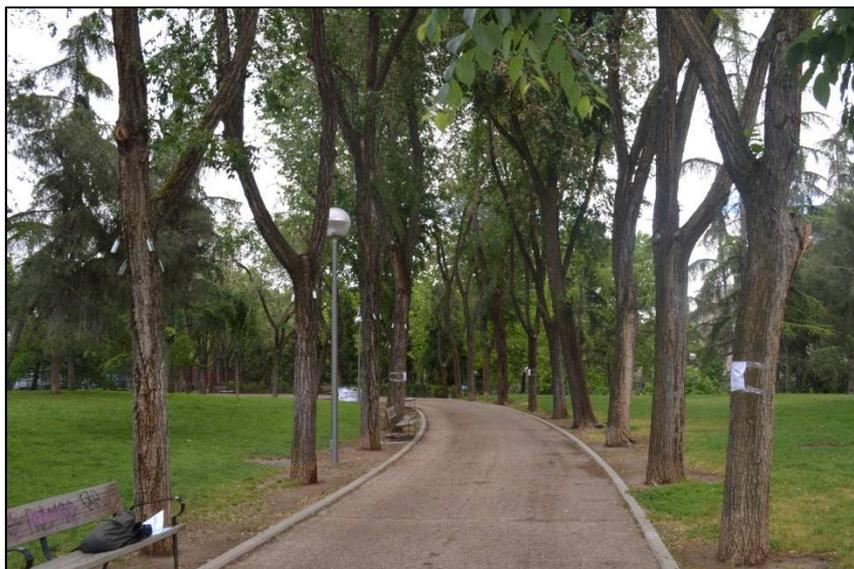


Imagen 45. Fotografía de un de las zonas seleccionadas en el parque de Roma. Se puede observar el buen estado en el que se encuentra el parque así como el acceso para vehículos de tratamiento.

Finalmente se delimitaron los pies para cada uno de los tratamientos de forma que afectasen lo menos posible a los colegios, pero que mantuviesen su proximidad a los puntos afectados en años anteriores (Mapa de los puntos de estudio y tratamiento incluidos en el Anexo 2 y Anexo 3).

Parque Darwin

La presencia de la plaga de galeruca del olmo en el Distrito de Moratalaz ha sido muy elevada desde el momento en el que la población del insecto se descontroló en el año 2014. Si bien es cierto que durante el año 2016 la presencia fue menor que en los años anteriores, ha sido un distrito que viene presentando, de forma reincidente, plaga en mayor parte de los pies. Es por ello que se optó por incluir una zona de estudio en este distrito.

Si bien Moratalaz presenta un número muy elevado de olmos, la gran mayoría de estos se encuentran situados en alineaciones en las calles o en los interbloques de viviendas, lo cual

dificultaba la elección de un punto apropiado que contase con el número suficiente de olmos, así como distancia suficiente a las viviendas.

Finalmente se optó por la elección del Parque Darwin para llevar a cabo el estudio. Este parque se encuentra separado de las viviendas, y se pudo constatar la presencia de adultos de primera generación del año en curso. Si bien presentaba zonas de difícil acceso con los vehículos, este problema se podía solventar al delimitar las zonas de tratamiento y organizarlas de forma adecuada. El mayor problema resultaba porque el número de olmos no era suficiente, por lo que se llevó a cabo uno de los tratamientos en una alineación de una calle próxima (Imagen 46), de forma que los cinco tipos de tratamiento se encontrasen muy próximos (ver imagen del Anexo 2 donde se recogen los puntos de tratamiento en Moratalaz).

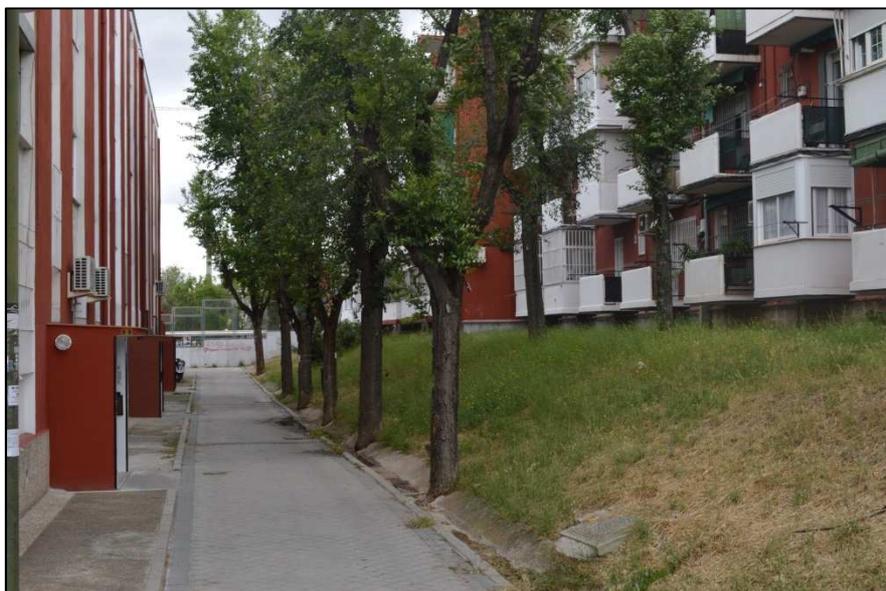


Imagen 45. Fotografía de un de las zonas seleccionadas en Moratalaz. Se trata del punto de tratamiento realizado en la zona de interbloques.

Para evitar que la plaga pudiese importunar a los vecinos de los olmos de la calle seleccionada, se optó por la aplicación de la endoterapia en estos olmos, pues se sabía que era una técnica que no iba a importunar y se le presuponía gran efectividad, por lo que se reducía la posibilidad de que el tratamiento inadecuado pudiese facilitar el desarrollo del insecto en estos árboles.

1.4. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN PLAGA. INVENTARIO PLAGA

Para poder conocer la importancia y dimensión de la plaga en los árboles municipales de la ciudad, se ha llevado a cabo la ejecución de un inventario sanitario del cultivo en Madrid. Este

inventario consiste en la evaluación de los daños apreciados en el cultivo en un periodo de tiempo determinado, de modo que nos permite conocer la dinámica poblacional y de desarrollo en toda la ciudad.

Por ello todas las propuestas operativas, salvo la integral térmica, se basarán en la metodología conocida como grados de infestación o clases de abundancia (Martín & Martín, 2006; Pons et al, 2006).

Dicha metodología trasvasa los datos obtenidos de una observación visual rápida a una clase de abundancia del fenómeno observado en una escala numérica, con lo que se obtiene una rápida apreciación. Los estudios realizados que comparan los valores numéricos con conteos reales en campo, avalan que, este escalado, con un índice de error lógico, es suficientemente valido y preciso. Por tanto, se trata de una base metodológica práctica que puede extenderse al futuro del manejo de la plaga.

El objetivo de esta tabla de valoración es la medición de la intensidad de la plaga, cuya utilidad está en función que conocer o marcar las zonas de inicio de la infección, las previsiones de desarrollo futuro y marcación de las zonas de especial atención ulterior. Por ello se utilizarán como herramienta básica para la ejecución del inventario de la situación y evolución de la plaga en la ciudad. En concreto los valores de ponderación, para la primera generación, quedan como sigue:

GRADO DE INFESTACIÓN	% PRESENCIA PLAGA	OBSERVACIONES
0	NULA	Presencia de adultos, estadios larvarios etc..
1	< 5%	
2	5-15%	
3	15-30%	
4	>30%	

Durante este estudio, el inventario se ha realizado durante la segunda generación de la plaga, de forma que ya existían daños ocurridos durante la primera generación que eran fácilmente observables y valorables (Tabla 2). En este caso se utilizaron tablas de grados de infestación,

pero referidas a la presencia de daños en copa.

Grado defoliación	% Defoliación	Defoliación
0	0	NULA
1	< 10%	LEVE
2	10 - 25 %	MODERADA
3	25 - 50%	ALTA
4	> 50%	MUY ALTA

Tabla 2. Tabla en la que se recogen los niveles de defoliación y se les da un valor en función del porcentaje defoliado de la copa.

Para la evaluación, se tomaron los datos recogidos en el GIS del Ayuntamiento de Madrid correspondientes a la capa referida a toda la población de olmos (*Ulmus sp.*) cultivados en la ciudad, con más de 65.000 ejemplares (ver mapa de olmos para cada distrito en el Anexo 1). Con esta cartografía se ha llevado a cabo la ordenación del cultivo en polígonos de un mínimo de 10 ejemplares y un máximo de 300 según su proximidad geográfica y clase de agrupación de éstos, de forma que resultase lo más homogénea posible.

De esta manera, y tomando siempre como referencia los límites de cada uno de los 21 distritos de Madrid, se subdividió la ciudad en 579 polígonos (ver mapa de polígonos del Anexo 1), de modo que cada uno de ellos fuera una unidad de muestreo. Para la elaboración de dichas divisiones se priorizó la distribución espacial de los ejemplares en previsión de un desplazamiento natural de la plaga. Independientemente de ello, en muchas ocasiones se utilizaron a modo de referencia grandes avenidas o infraestructuras a la hora de marcar los límites de cada rodal, para facilitar la elaboración del inventario.

Una vez elaborada la división, se ha procedido a la evaluación de los daños. A cada polígono se le asignará un valor que será la media de los valores de los olmos situados en dicho polígono. Serán valorados según las tablas expuestas con anterioridad de grados de daños con las observaciones precisas que sean pertinentes, pero que ha de globalizar sus conclusiones más que singularizarlo en pies o ejemplares aislados.

Con todo esto, se pretende tener una fotografía instantánea de la situación sanitaria de la ciudad, localizar los focos de aparición de la plaga, con lo que entender la influencia de las variables del entorno en el desarrollo del insecto, conocer las zonas de especial atención donde poder concentrar los esfuerzos de manejo y, ante todo, valorar y ponderar el desarrollo y

dinámica de población plaga en la ciudad.

1.5. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA POBLACIÓN PLAGA

Los principios básicos de sanidad vegetal inciden en que, para llevar a cabo un manejo sanitario apropiado, hay que tener en cuenta no solo la actividad en sí, sino el seguimiento de la eficacia de los medios empleados para el manejo de plagas y enfermedades. Por ello, la ejecución de todas estas estrategias ha de ser cuidadosamente testadas.

En este estudio, la operativa de seguimiento de las distintas estrategias se concretan en:

1. Tratamientos químicos.

Para comprobar la eficacia de los tratamientos químicos se tomaron muestras del testigo con colonias de la plaga y se realizaron pruebas comparativas de eficacia en laboratorio de los productos utilizados, en este caso Fastac. La toma de muestras se realizó mediante el uso de pértigas de distinto alcance, de forma que se consiguieron colonias del insecto de diversas orientaciones y alturas.

En la zona objeto de estudio se evaluaron visualmente la existencia de plaga y, tras la aplicación y mediante plataforma elevadora (Imagen 46), se comprobó la eficacia de la aplicación realizada en la copa de los árboles testados. Por otro lado, se llevó a cabo un seguimiento del tratamiento para determinar cuándo dejaba de ser efectivo y aparecían de nuevo la plaga.



Imagen 46. Plataforma elevadora con la que se han llevado a cabo las inspecciones en copa de los distintos tratamientos.

2. Tratamiento fitosanitario con técnicas de inyección al tronco.

Para determinar la eficacia de este manejo se ha llevado a cabo el acceso a la copa mediante plataforma elevadora en el momento que el testigo presentaba una población elevada. En el caso de inexistencia de población, se han tomado muestras del árbol

tratado con las que se ha alimentado una colonia activa, para determinar la eficacia.

3. Tratamiento biológico

En el caso de pulverización de la formulación de bacterias entomopatógenas, al no ser viable dicha aplicación se ha comprobado en laboratorio la eficacia del producto sobre la plaga, así como sobre los predadores. Igualmente, en árbol se ha ponderado el éxito de establecimiento de estas poblaciones auxiliares y la evolución del insecto parásito tras este establecimiento.

Para el caso de las aplicaciones de nematodos, se han tomado muestras de pupas y se les ha aplicado la solución en laboratorio, para determinar la efectividad del mismo.

4. Tratamiento con técnicas de control biológico por conservación.

En este caso se ha tratado de medir la evolución de las poblaciones parásitas autóctonas. Se ha comprobado la eficacia de parasitoides en puestas, o la afluencia de predadores de las fases larvarias, evaluándolos en copa mediante plataformas elevadoras, así como la evolución de la población plaga en todo el ciclo mediante grados de infestación.

Por ello se ha implementado la metodología propuesta por Dreistadt et al, en 2004 de toma de muestras para la catalogación de enemigos naturales, además de realizar una inspección en copa en la búsqueda de más organismos de control biológico.

5. Testigo

Se ha realizado la valoración mediante grados de infestación comprobando los estadios de desarrollo de cada fase desde eclosión hasta pupación.

Todas estas estrategias proporcionarán datos que, una vez analizados, nos brindarán una idea clara y concreta de las estrategias más productivas, de forma que permitan la elaboración de una estrategia de técnicas combinadas y por tanto, integradas completa, que tenga en cuenta tanto los medios más eficaces como la modulación de control más adecuada según la fenología del cultivo y la población plaga.

2. RESULTADOS DEL ESTUDIO

2.1. DESARROLLO DE LA PLAGA Y SU CICLO BIOLÓGICO

A partir de los datos de temperatura recogidos a lo largo de la campaña, se ha podido elaborar la integral térmica para la ciudad de Madrid. Asimismo, se ha podido determinar el acumulativo de temperatura para cada uno de los estadios de primera y segunda generación, así como parte de la tercera.

A continuación se presentan los datos de las temperaturas acumuladas para la ciudad de Madrid:

ESTADIO DE DESARROLLO	ºD F MADRID
PRIMERA GENERACIÓN	
Puestas en hoja	372,19
1º Estadio Larvario	441,57
2º Estadio Larvario	565,7
3º Estadio Larvario	826,66
SEGUNDA GENERACIÓN	
Puestas en hoja	1704,42
1º Estadio Larvario	1850,46
2º Estadio Larvario	1984,13
3º Estadio Larvario	2052,85

Estos datos se han señalado en la integral térmica que se presenta (Gráfico 2), en la que se pueden ver las fechas y los estadios de desarrollo de la plaga en función del acumulativo de temperatura (en grados Fahrenheit). El estudio realizado se ha centrado en la primera y segunda generación, pues a partir de la tercera se producía el solapamiento de estadios de desarrollo distintos de generaciones hermanas y era difícil determinar a cual pertenecían. La tabla se encuentra ampliada en los anexos de este documento (Anexo 4), junto con las tablas donde se han recogido los datos térmicos de cada uno de los puntos de estudio.

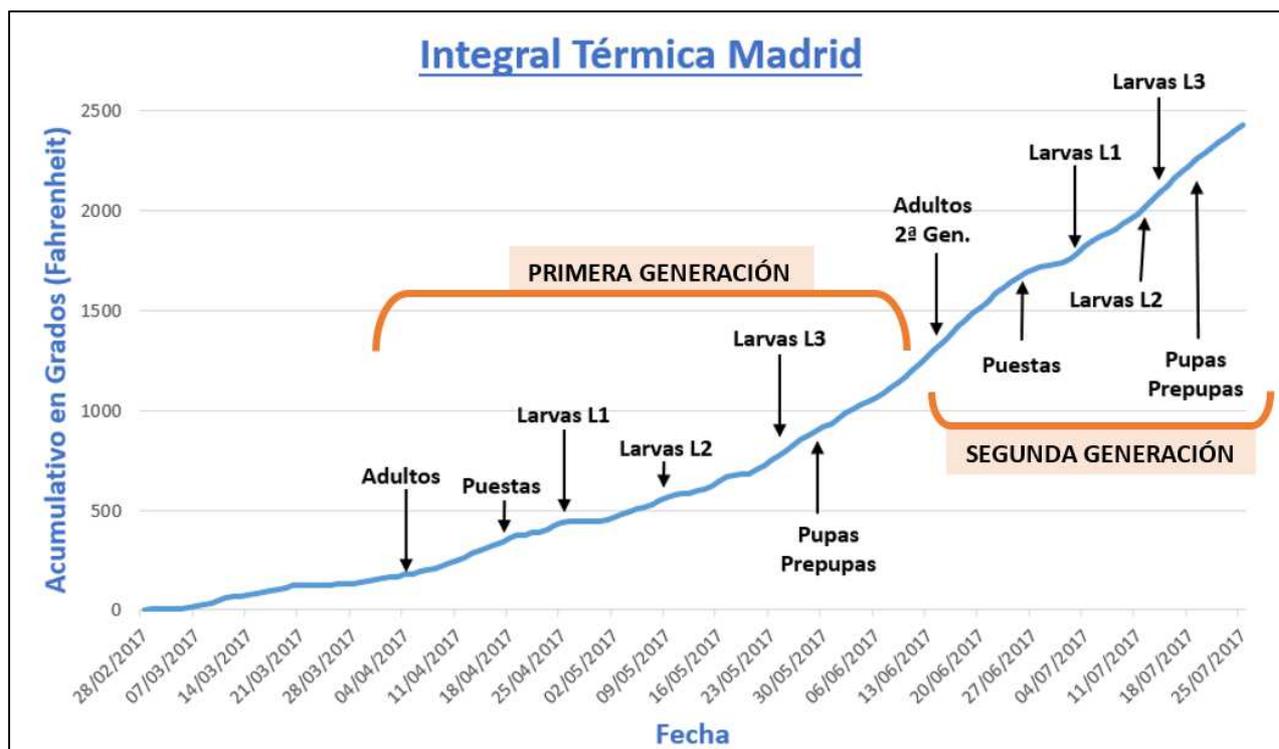


Gráfico 2. Integral térmica para la ciudad de Madrid de la especie *X. luteola* para el año 2017. Aparecen marcados los estadios de desarrollo de la primera y segunda generación.

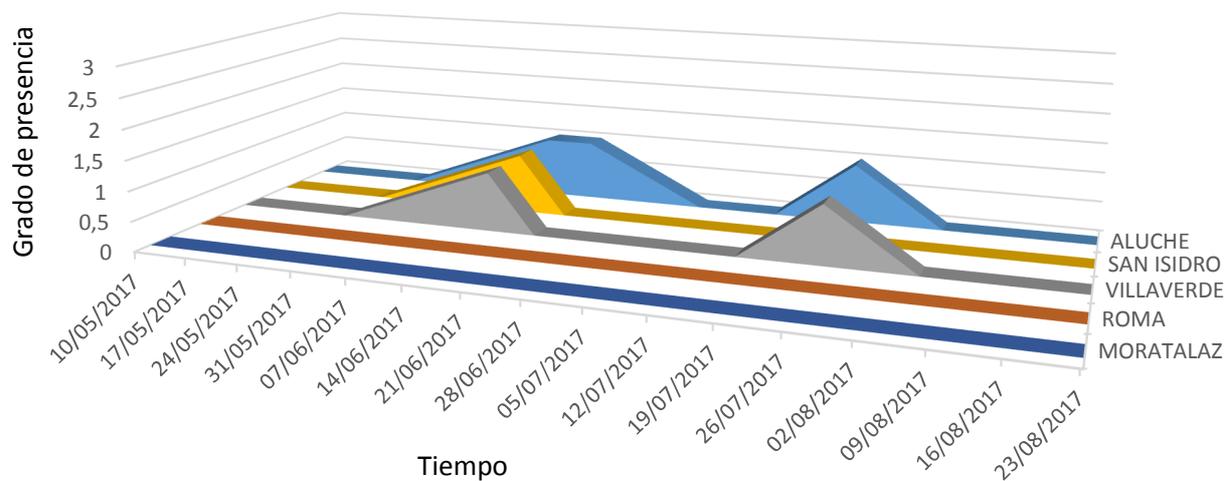
2.2. ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA POBLACIÓN PLAGA

A partir de los distintos tratamientos que se han realizado, y mediante la observación tanto en el terreno como mediante la utilización de plataforma elevadora, se han obtenido resultados en cuanto a la eficiencia de los mismos. A continuación se presentan los resultados de cada uno de los tratamientos realizados.

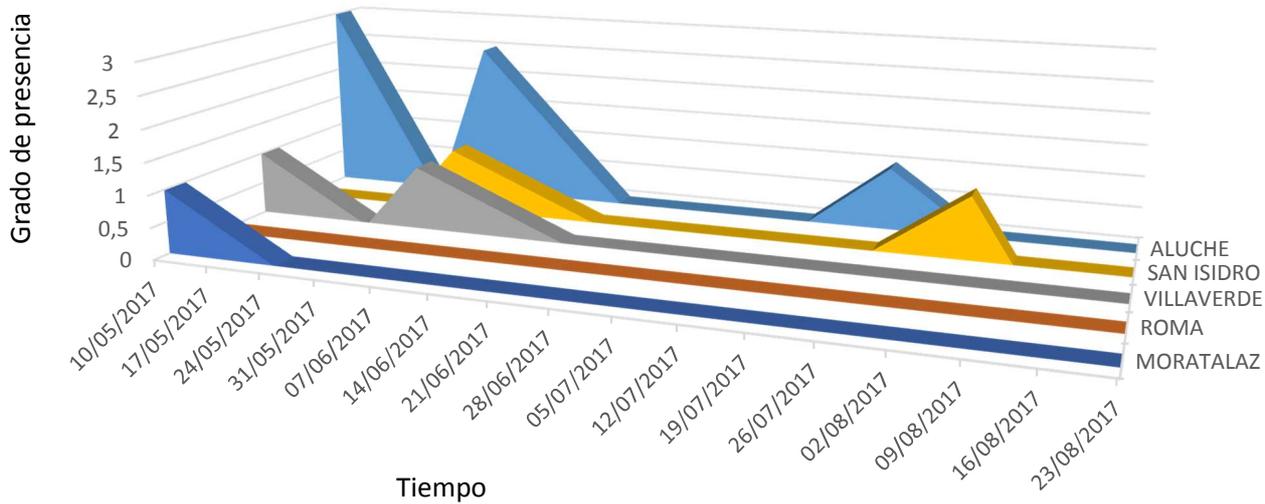
Tratamientos químicos

Para el tratamiento químico por pulverización, se tomaron los valores obtenidos por las tablas de presencia que se completaban durante el monitoreo. De esta forma se han conseguido obtener las siguientes representaciones:

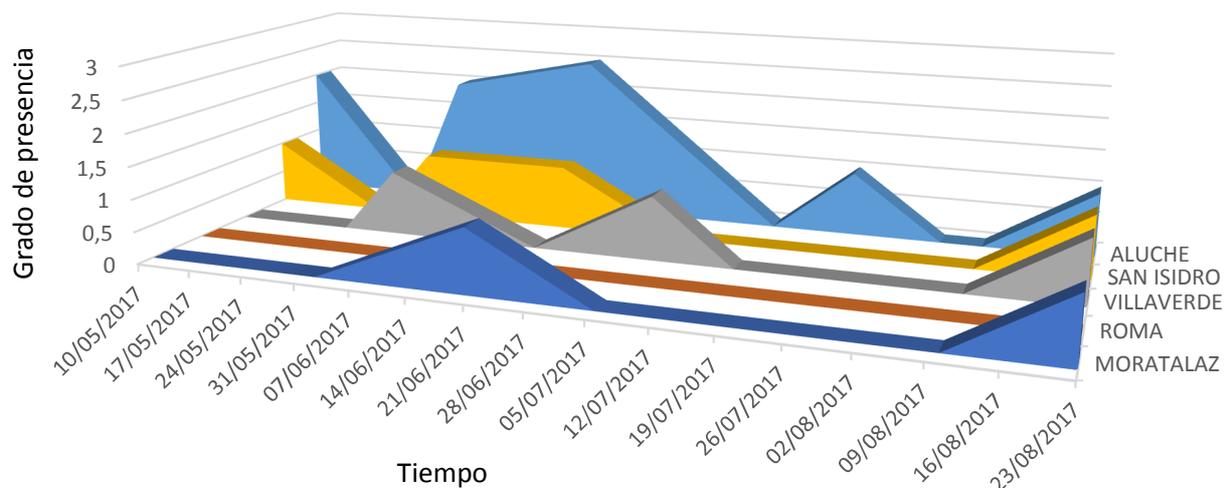
Presencia de pupas



Presencia de larvas



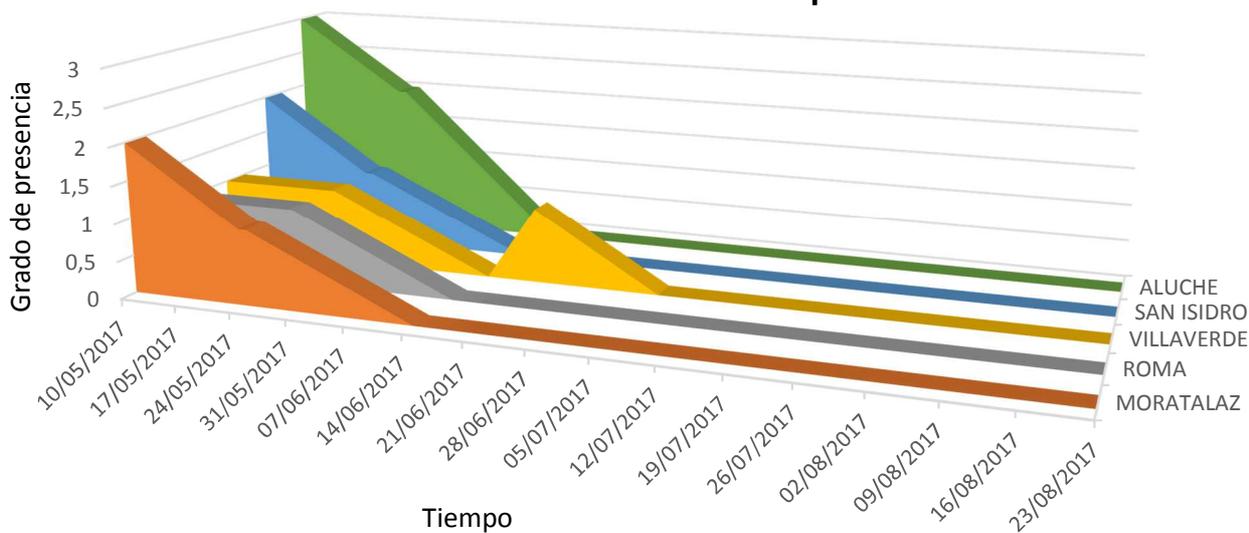
Presencia de adultos



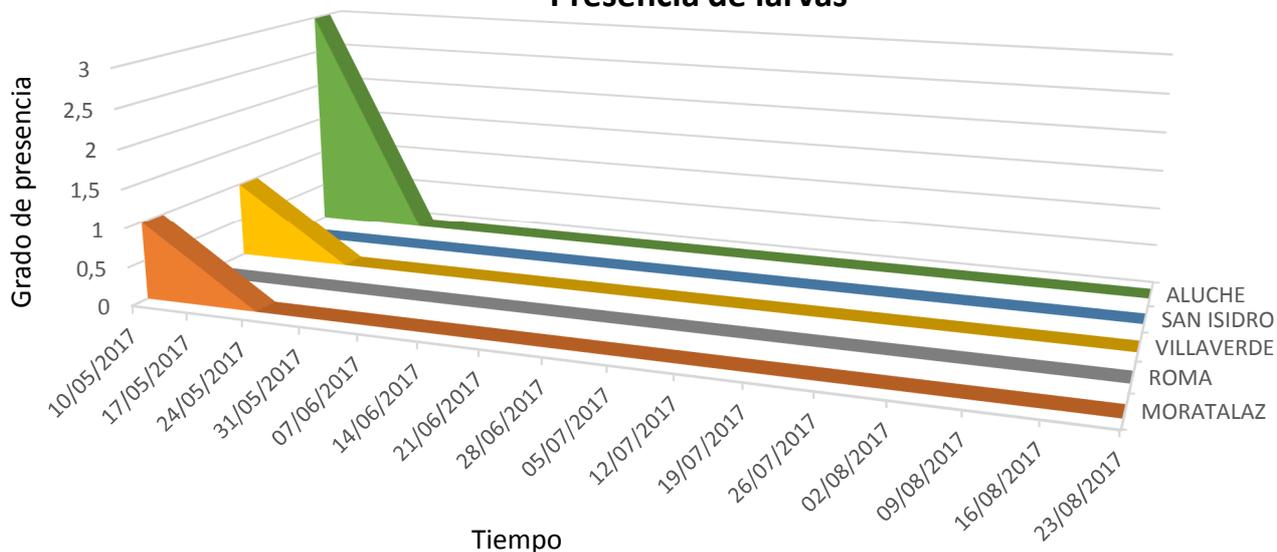
Tratamientos con técnicas de inyección al tronco

Para el tratamiento de endoterapia, al igual que en el caso anterior, se tomaron los valores obtenidos por las tablas de presencia que se completaban durante el monitoreo. De esta forma se han conseguido obtener las siguientes representaciones:

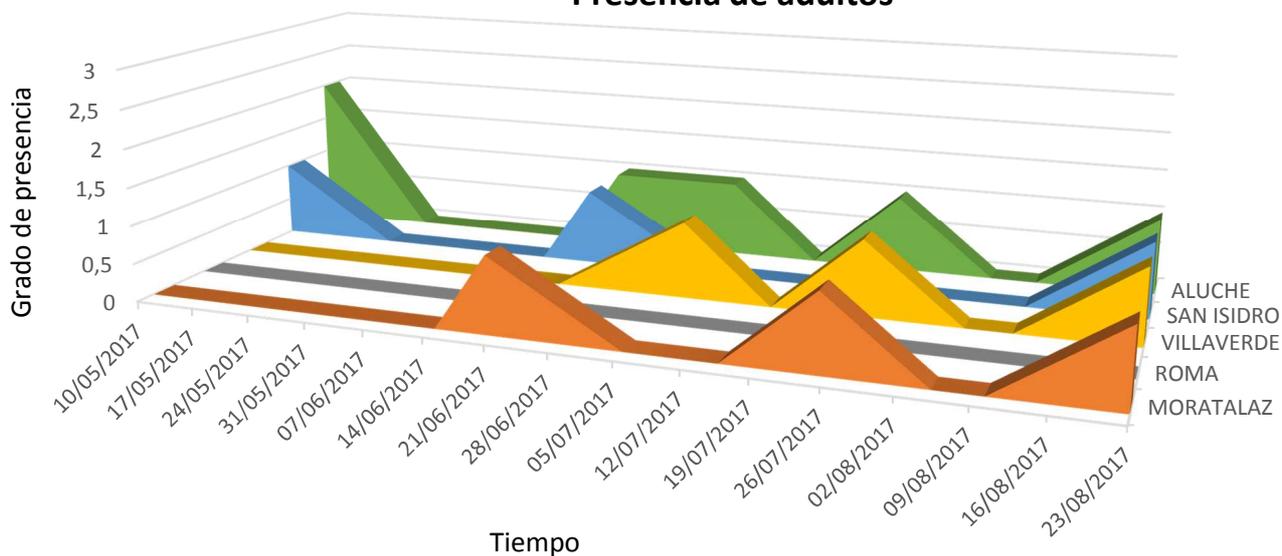
Presencia de puestas



Presencia de larvas



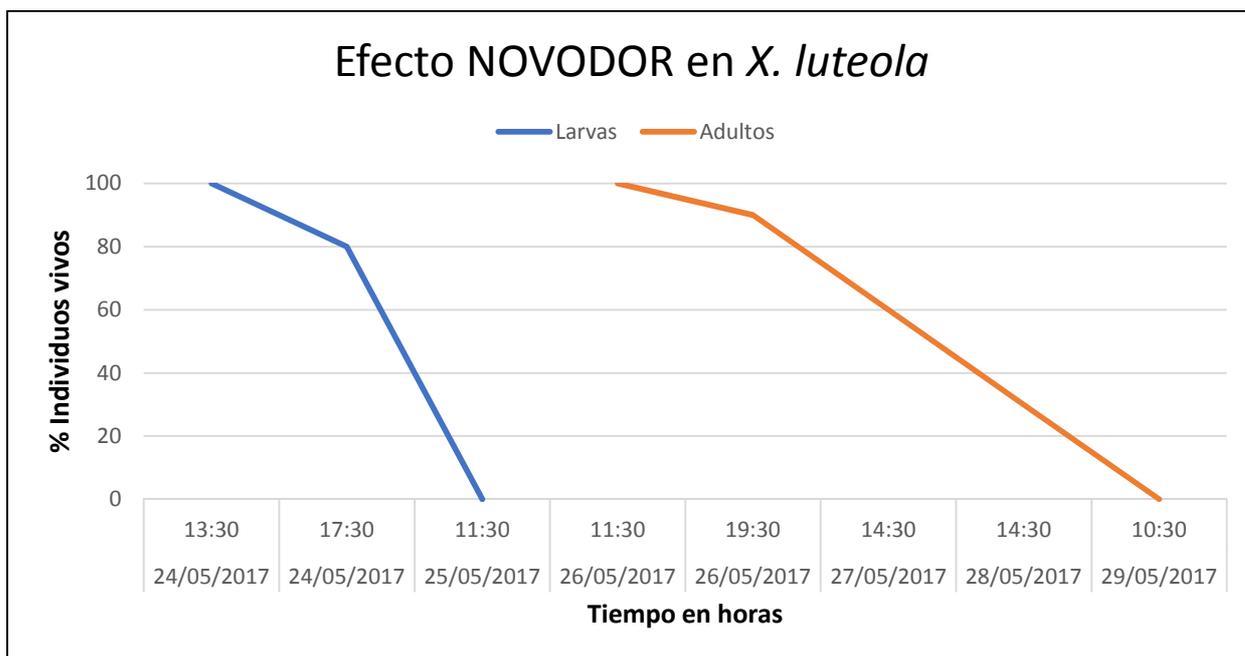
Presencia de adultos



Tratamiento biológico

Tras observar las colonias tratadas con *Bacillus*, se observó que la eficacia sobre las larvas era muy alta, pues en apenas un par de días se encontraban todas muertas. Sobre los adultos se observó eficacia también, pero tardaba más tiempo en hacer efecto el producto tras la ingesta.

Se adjunta una tabla a continuación, donde se puede ver la evolución del tratamiento en larvas, y posteriormente en adultos:



Para determinar la eficiencia de las aplicaciones de nematodos, se realizó una aplicación en laboratorio de la misma solución que se aplicó en campo, y se observó con la lupa si las pupas se habían visto afectadas. A los 5 días se observó la infestación de nematodos en las pupas tratadas (Imagen 47).

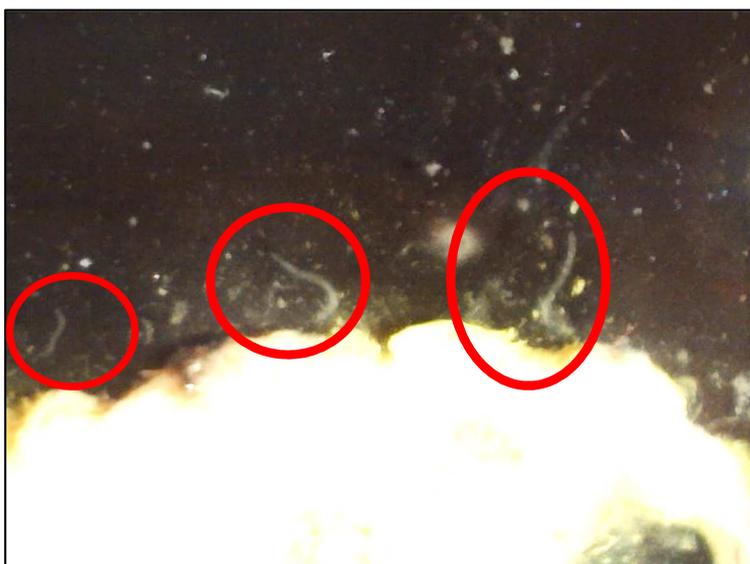


Imagen 47. Detalle de una de las pupas, observada a través de lupa digital, en la que se pueden observar nematodos (círculos rojos) que abandonan el cuerpo del insecto y salen de su interior.

Tratamiento con técnicas de control biológico por conservación

Dado que no hay forma de observar el efecto a gran escala de los tratamientos, se observaron por un lado las trampas colocadas, y por otro lado se evaluó la aplicación de nematodos sobre las pupas en condiciones de laboratorio. La trampa Processatrap no resultó en ningún tipo de efectividad al no conseguir atrapar ni adultos ni recoger larvas de forma eficiente.

Las trampas de captura no resultaron del todo eficaces, pues atrapaban los adultos y otros insectos que pasaban por la zona adhesiva, pero no resultó eficaz frente a las larvas (Imagen 48).



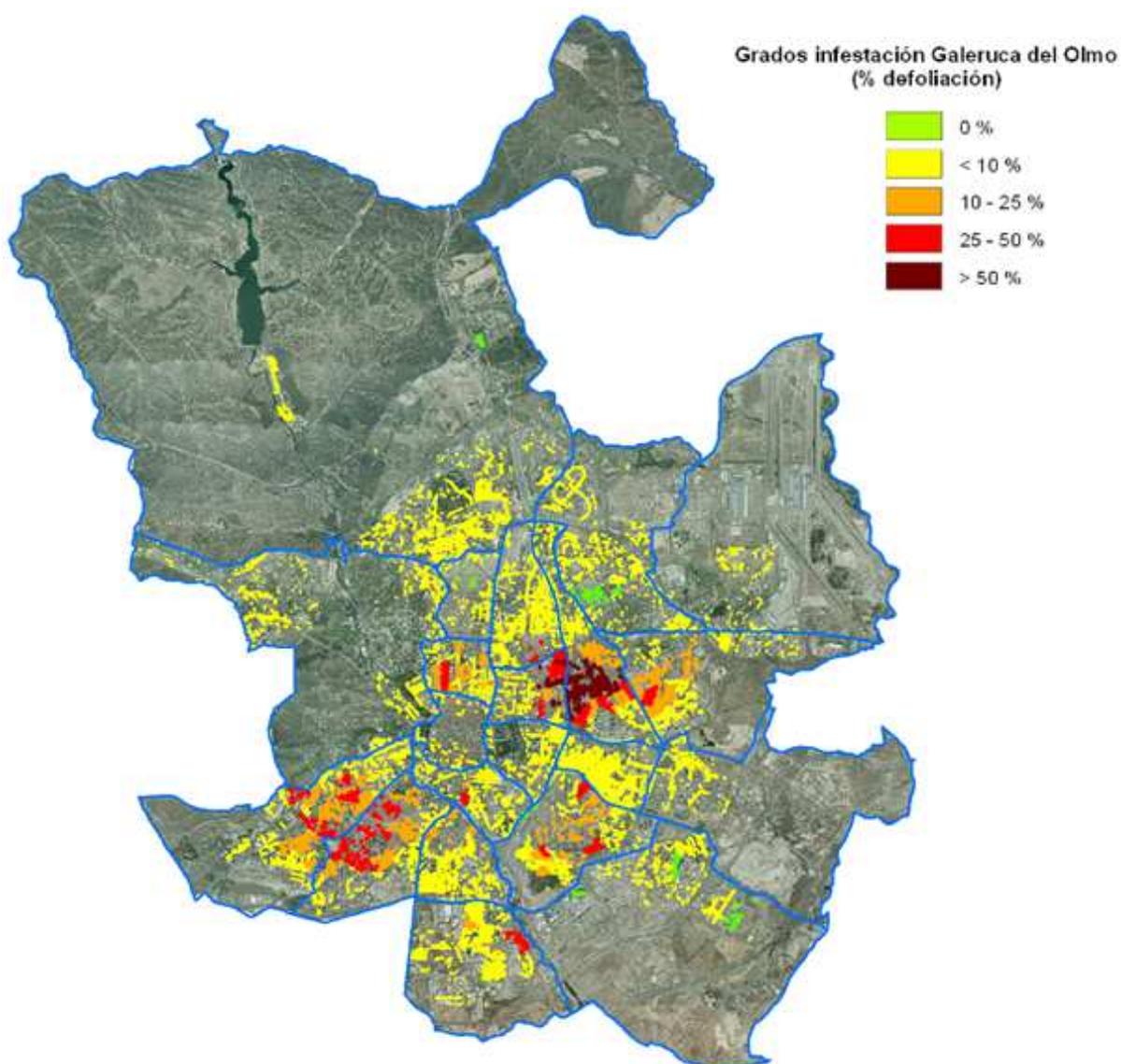
Imagen 48. Cinta adhesiva en la que se pueden observar los adultos de galeruca pegados y algunos otros insectos de menor tamaño.

Testigo

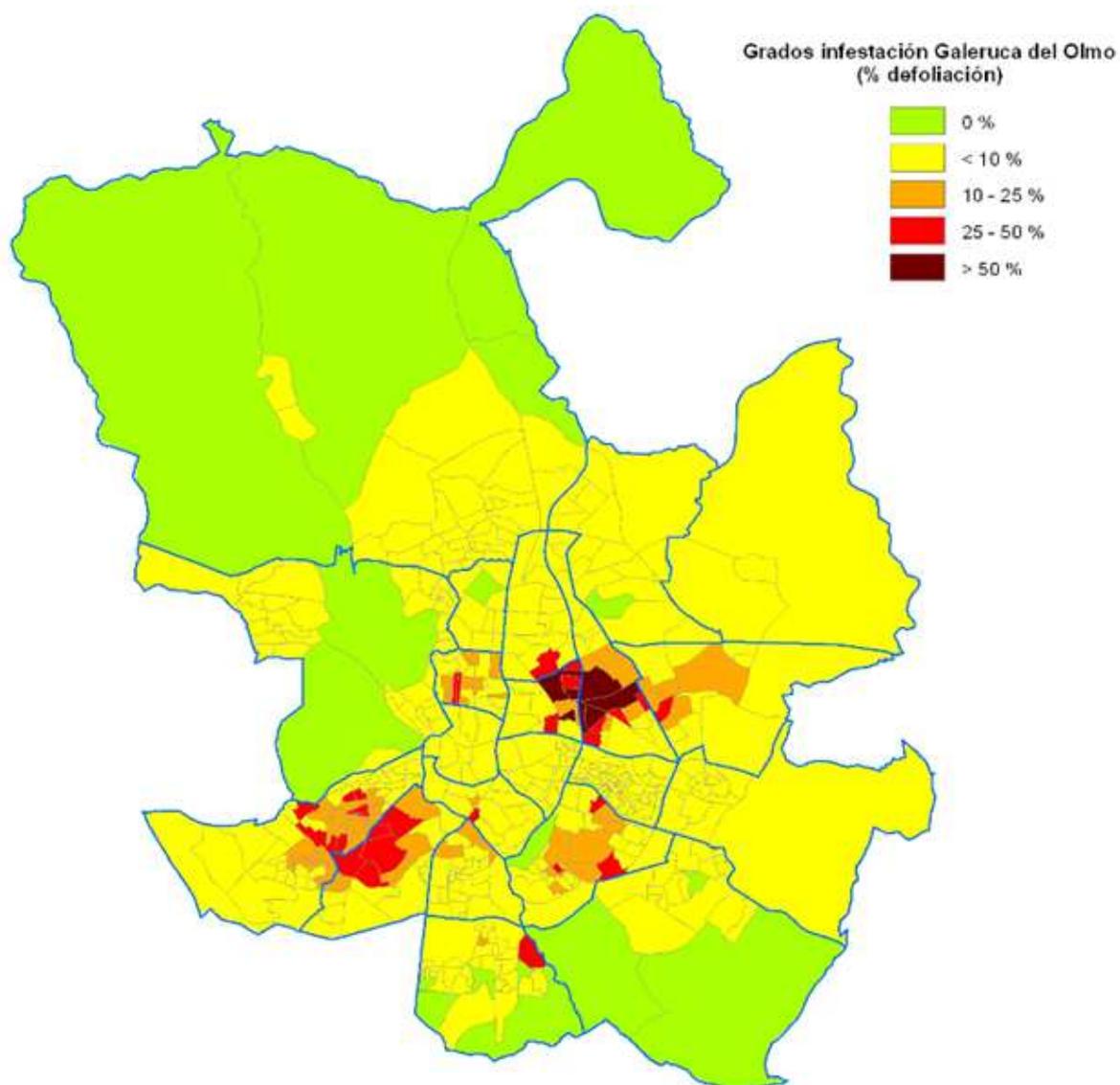
Como en estos pies no se llevaron a cabo tratamientos, han servido para poder llevar a cabo la evaluación de población para elaborar la integral térmica antes descrita.

2.3. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN PLAGA. INVENTARIO DE PLAGA

Una vez finalizado el inventario de la ciudad de Madrid, tras el monitoreo de los 579 polígonos que se habían preparado, se han obtenido los resultados que se presentan en las siguientes tablas. En el Mapa 7, se les ha otorgado un valor a los arboles de forma individual, mientras que en la Mapa 8, se ha presentado la media de los grados que presentaban los árboles que comprendía cada polígono, ofreciendo un valor general de los pies agrupados. En el Anexo 1 se han incluido Mapas de todos los distritos para poder observar mejor cada uno de estos, así como los mapas que a continuación se presentan, pero en mayor tamaño.



Mapa 7. Representación del grado de infestación individual de los olmos inventariados de la ciudad de Madrid.



Mapa 8. Representación del grado de infestación por superficie de polígono de la ciudad de Madrid.

Asimismo, mediante el uso de programa ArcGis se ha calculado el porcentaje de superficie de la ciudad para cada uno de los grados de infestación (Gráfico 3).

Se han obtenido resultados también del número de pies para cada uno de los grados de infestación (Tabla 3), así como el porcentaje (%) de árboles para cada grado de infestación (Gráfico 4).

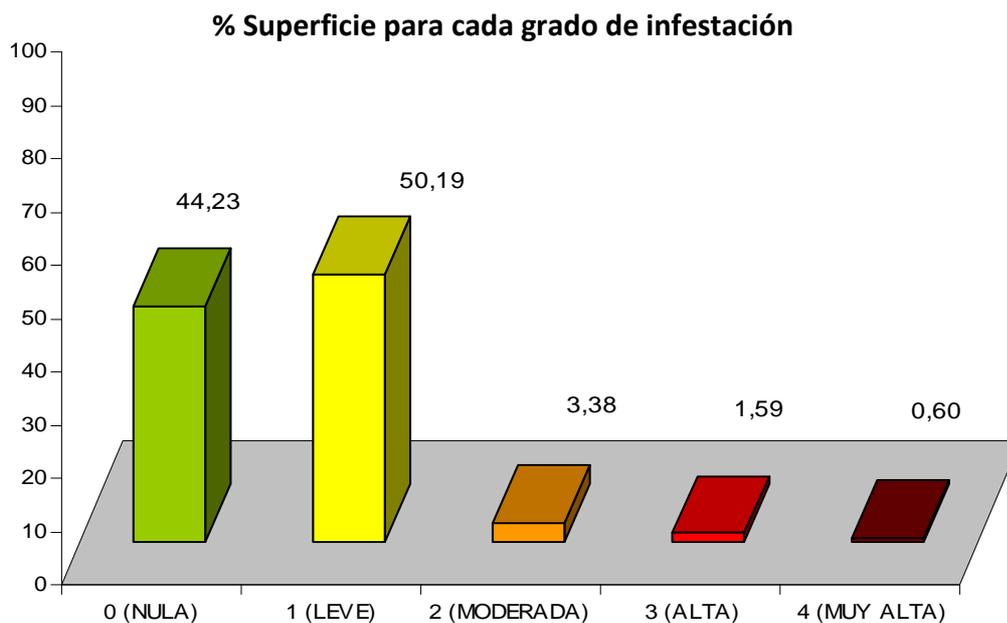


Gráfico 3. Representación de cada uno de los grados de infestación por superficie estudiada.

grado	nº pies	%
0 (NULA)	382	0,59
1 (LEVE)	53606	82,24
2 (MODERADA)	6895	10,58
3 (ALTA)	3223	4,94
4 (MUY ALTA)	1078	1,65

Tabla 3. Número de pies para cada uno de los grados de infestación, así como porcentaje del total que representan.

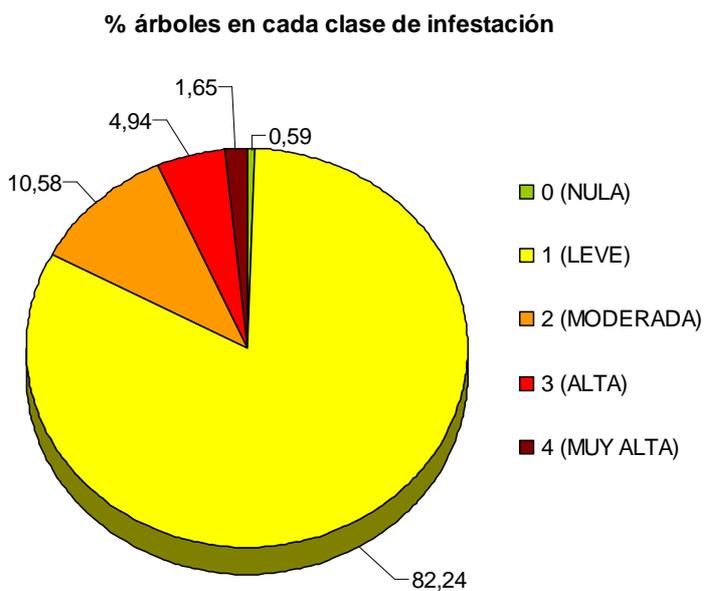


Gráfico 4. Representación del porcentaje de árboles para cada grado de infestación.

3. ANALISIS DE RESULTADOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE GALERUCA DEL OLMO EN LA CIUDAD DE MADRID

3.1. INTRODUCCIÓN

Durante toda la campaña se ha seguido y experimentado el ciclo y capacidad de manejo de la Galeruca del olmo *Xanthogaleruca luteola* Mull en la ciudad de Madrid con el fin de poder modular la respuesta de manejo de esta plaga en los pies que componen la plantación de especies del género *Ulmus*.

En el presente epígrafe, pretendemos realizar un análisis de los resultados obtenidos de las diferentes experiencias llevadas a cabo, con el fin de poder elaborar un “Plan Estratégico de Manejo y Control de la Galeruca del olmo *Xanthogaleruca luteola* en la Ciudad de Madrid”.

Queremos resaltar que, aun teniendo noticias del desarrollo de la plaga en años anteriores, los resultados que se explicitarán a continuación, corresponden al seguimiento realizado este año 2017, por lo que muchas de las conclusiones a las que se llegamos precisarían la corroboración en años ulteriores, más teniendo en cuenta que esta campaña, se han dado unas condiciones climáticas ciertamente singulares.

A este respecto nos referiremos a:

1. Antecedentes
2. Desarrollo de la plaga y su ciclo biológico. La integral térmica singular de la ciudad de Madrid.
3. Desarrollo de metodologías de evaluación de la población plaga por la técnica de Clases de Abundancia o Grados de Infestación.
4. Población de la plaga en la Ciudad de Madrid.
5. Evaluación de estrategias de manejo de la población plaga.

3.2. ANTECEDENTES

Ya hemos citado que esta plaga fue endémica en esta ciudad al comienzo de la última década del siglo pasado y desde entonces hasta el 2014 no se databan daños de consideración (Imagen 49). Ciertamente por experiencia propia, detectamos algún foco de escasa consideración en distritos del Sur de la ciudad durante los años 2010 y 2012, pero fueron controlados con cierta facilidad y se encontraban muy localizados en unos pocos pies.

Igualmente, durante, al menos, esos años, en algunos ejemplares entre los que se encuentran los que configuran hoy la zona de actuación del Parque de San Isidro y otros más, pudimos comprobar daños de adultos de primera generación, que nunca llegaron a más, no pudiendo considerarse como fenómeno plaga.

Por tanto, cabe poder afirmar que durante estos años el insecto plaga estaba presente el medio, puesto que las observaciones de primera generación o los ataques puntuales existían, pero era incapaz de incrementar sus poblaciones con suficiente entidad para llegar a considerarse un insecto plaga.

Por otra parte, es claro que, en aquellos momentos, existía un buen equilibrio entre el crisomélido y sus biocontroladores, puesto que una población residual era capaz de subsistir año tras año (daños de adultos de primera generación), pero era incapaz de proliferar en abundancia a lo largo del ciclo vegetativo.

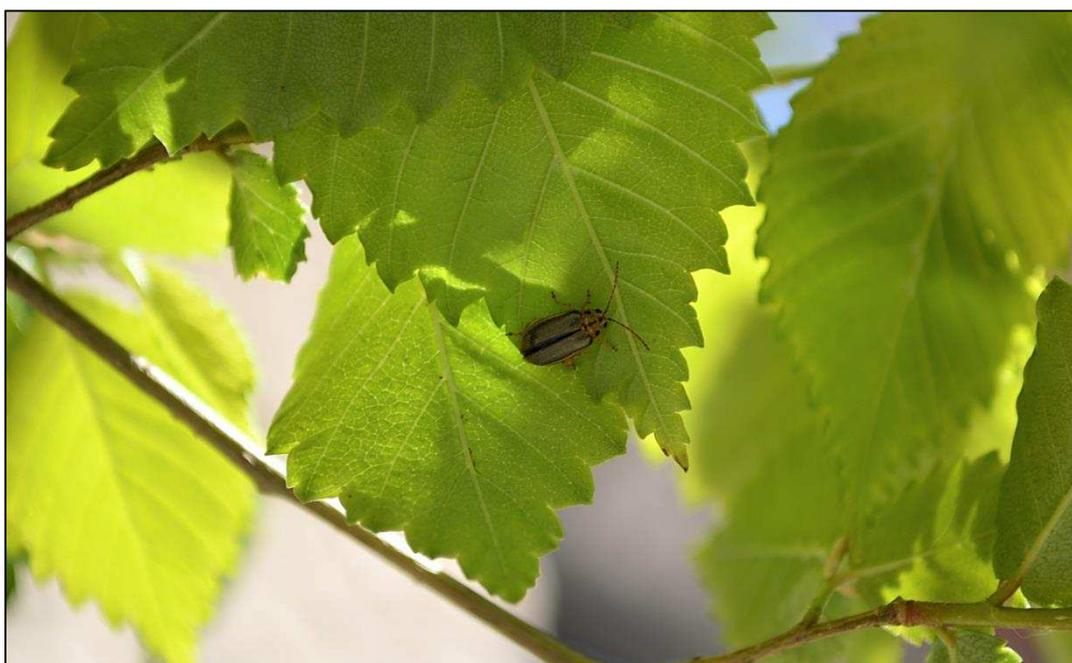


Imagen 49. Ejemplar adulto de *X. luteola* en un olmo que no se ha visto afectado aun por acción del insecto

En cierto momento, este equilibrio se rompió de modo que la población creció exponencialmente y lo que se notó en el verano de 2013 se convirtió en una fuerte expansión poblacional muy activa durante el año 2014 en toda la ciudad. En 2015 la población plaga se concentró algunos distritos, consecuencia quizás, de fenómenos meteorológicos tormentosos a comienzos de verano y una primavera fría y lluviosa durante la primavera 2016, lo que impidió que proliferaran las poblaciones extensivamente.

Las causas de este desequilibrio serán siempre especulativas: una presión insecticida desafortunada contra esta u otras plagas en el cultivo, cambios climáticos con temperaturas invernales inusualmente elevadas favorables a la plaga, el acceso de la plaga a la ciudad proveniente de otras localizaciones con altos niveles de población..., pero está claro que el objetivo último del plan estratégico será procurar alcanzar el equilibrio pretérito y mantenerlo en el tiempo.

3.3. DESARROLLO DE LA PLAGA Y SU CICLO BIOLÓGICO. LA INTEGRAL TÉRMICA SINGULAR DE LA CIUDAD DE MADRID.

La integral térmica de la Galeruca del olmo en la ciudad de Madrid es una técnica básica de predicción de la aparición y desarrollo del insecto, basado en la necesidad los requerimientos térmicos precisos para su desarrollo.

Efectivamente, se sustenta en la característica de los insectos como animales ectotermos, con lo que los procesos bioquímicos que constituyen su actividad vital tienen una temperatura mínima para desarrollarse, una óptima y una máxima por encima de la cual no se desarrollan. En el presente caso los estudios llevados a cabo por Dreistadt sobre este crisomélido, establecen ese mínimo térmico o umbral térmico en 11°C. y desarrolla una integral predictiva de cálculo o integral térmica para esta población.

Así en estos mismos trabajos, Dreistadt, estudia el ciclo biológico del insecto en California y refleja los datos (tabla 1), como los valores de esta técnica en dicha localización, expresados en Grados Día Fahrenheit (°D F). Con ello la Universidad de California establece una aplicación web que posibilita el cálculo de dicho valor.

A bote pronto, tomando como base los datos publicados por Dreistadt, cabría suponer que los datos obtenidos en la ciudad de Madrid no validan esta tecnología como útil en el pronóstico de la aparición y desarrollo de esta plaga, puesto que las diferencias de los valores absolutos obtenidos respecto a los reportados en California son distantes.

COMPARATIVA INTEGRAL TÉRMICA CALIFORNIA – MADRID 1ª GENERACIÓN			
ESTADIO DE DESARROLLO	ºD F CALIFORNIA (Dreistadt,2.004)	ºD F MADRID (ESTACIÓN RETIRO)	DIFERENCIA ºD F
PRIMERA GENERACIÓN			
Puestas en hoja	509 ± 95	372,19	- 136.81
1º Estadio Larvario	635 ± 112	441,57	- 193.43
2º Estadio Larvario	794 ± 162	565,7	- 228.30
3º Estadio Larvario	857 ± 167	826,66	- 30.34
SEGUNDA GENERACIÓN			
Puestas en hoja	1715 ± 167	1704,42	- 10.58
1º Estadio Larvario	1962 ± 131	1850,46	- 111.54
2º Estadio Larvario	2055 ± 158	1984,13	- 70.54
3º Estadio Larvario	2129 ± 162	2052,85	- 69.15

Eso sí considerando el error estamos cerca o en rango, lo que nos permite verificar la validez de esta técnica, puesto que existen dos precisiones que podría justificar esta desviación:

1. En nuestro ánimo empírico, los datos térmicos obtenidos se obtienen de una estación meteorológica de acceso público (AEMET), por tanto, se refieren a condiciones macroclimáticas locales y no a las microclimáticas singulares de los lugares donde están plantados los ejemplares testados.
2. En nuestro caso son valores absolutos obtenidos en un año de monitorización. Año por otra parte, con valores no especialmente típicos de nuestras condiciones climáticas

Sin embargo, está claro que el rango de error de la integral térmica es elevado. Dreistadt, recomienda comenzar las monitorizaciones en campo a partir de los 300 ºD F.

Como posible explicación hipotética de esta desviación, es cierto que, si las temperaturas invernales que superen el umbral térmico inferior, esto es, 11°C, antes del 1 de marzo, influirán en el adelanto de la puesta de huevos de 1ª generación respecto a los valores previstos en un inicio, puesto que, como se puede apreciar, las desviaciones fuera del rango de error se producen en los valores de fases del ciclo de 1ª generación. Por tanto, según las condiciones térmicas invernales podremos prever las posibles correcciones sobre las previsiones iniciales. Dreistadt, determinó que la fecha de comienzo de este cálculo era 1 de marzo tras tres años de estudio consecutivos por lo que no procuramos corregir esta fecha de inicio.

Con estas prevenciones y a pesar de esta desviación, nos parece una tecnología tremendamente útil en la monitorización de la plaga y a más en la planificación previa del manejo a emplear, pues es casi el aspecto básico para un correcto control, ya que además de poder ajustar las monitorizaciones, se puede prever el desarrollo de los distintos estadios larvarios donde ajustar las técnicas de control más eficaces.

Sea como fuere en la ciudad de Madrid, se debería repetir esta práctica durante al menos otras dos temporadas vegetativas para corroborar los valores de esta Integral Térmica de Galeruca del Olmo en la ciudad y poder calcular su rango de error.

3.4. METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA POBLACIÓN PLAGA POR LA TÉCNICA DE CLASES DE ABUNDANCIA O GRADOS DE INFESTACIÓN

El manejo integrado de plagas y enfermedades tiene como base la evaluación de la presencia de plagas y enfermedades y la dinámica poblacional de las mismas sobre los cultivos objetivo. Entre ellas se estableció establecer como base de evaluación la metodología conocida como el establecimiento de grados de infestación o Clases de Abundancia (Pons et al., 2006).

Ambas se basan en la cuantificación de la presencia de plaga mediante una escala preestablecida que refiere una apreciación visual de la presencia del agente parasitario a un número interpretativo.

En nuestro caso, como ya hemos explicado, hemos implementado varios modelos de tablas interpretativas, en función de los objetivos pretendidos y los estadios de desarrollo de la población plaga, de modo que distinguiremos entre:

1. Tabla de evaluación de poblaciones, en función de las generaciones presentes, se evalúan la presencia de las distintas fases biológicas, los estadios de desarrollo y la

abundancia de las mismas, son útiles en el seguimiento del ciclo biológico, la determinación de los momentos de actuaciones de control y el seguimiento de la eficacia de las mismas.

2. Tabla de evaluación de daños, la técnica de grados de infestación, está diseñada inicialmente para la evaluación de poblaciones plaga sobre el cultivo. Sin embargo, en el inventario de presencia en la ciudad, evaluar los daños resulta una vía más acertada para el estudio pretendido, pues es más útil cifrar el nivel de afección en un momento determinado que no a lo largo del ciclo de cultivo

Con este desarrollo se consigue un modelo de evaluación rápido, pero de suficiente solvencia técnica y nos permite hacer evaluaciones con un menor gasto temporal y, por tanto, de suficiente solvencia técnica al ser “fotos instantáneas” de una plaga de rápido desarrollo

3.5. POBLACIÓN DE LA PLAGA EN LA CIUDAD DE MADRID

Teniendo en cuenta estas premisas, cabe distinguir varios aspectos sustanciales de análisis.

La presencia global de galeruca durante el presente año casi podríamos considerarla como moderada habida cuenta que se ha encontrado un número localizado de pies con fuerte presencia (Imagen 50), mientras que mayoritariamente los árboles raramente han alcanzado daños visuales de consideración (valor 3 en grados de afección).

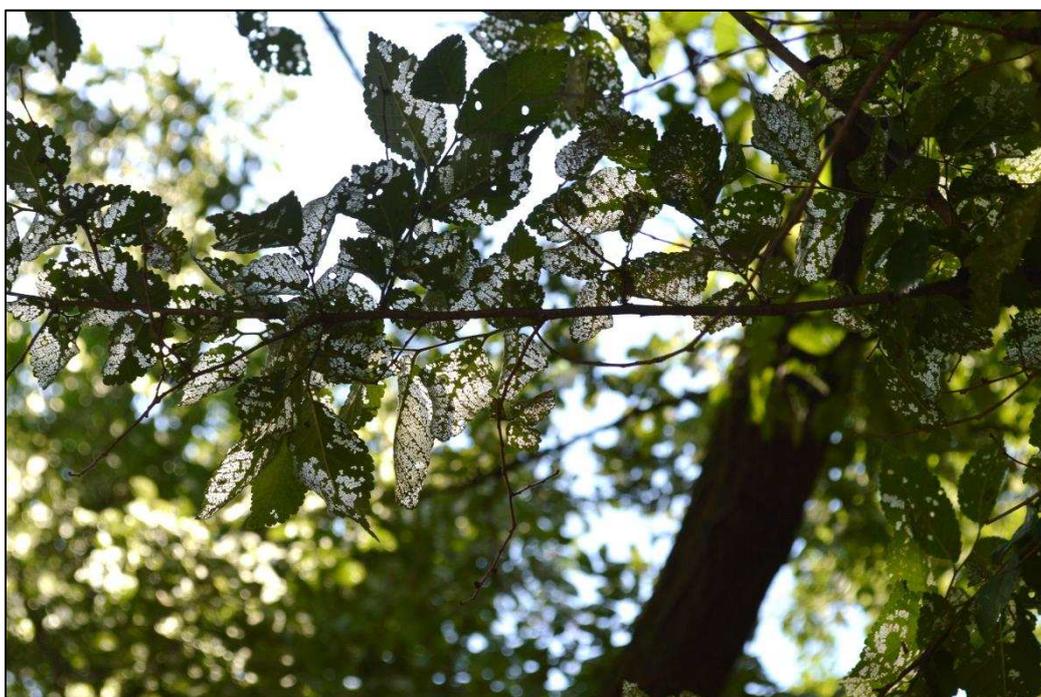


Imagen 50. Olmo con gran afección de galeruca. Se puede observar como presenta hojas muy defoliadas y en un estado semitransparente.

Por otra parte, la evolución meteorológica de este año ha sido especialmente favorable para el desarrollo de la plaga ya que, condiciones de sequía en primavera verano, junto a temperaturas elevadas continuadas hasta bien entrado el otoño, han tenido como resultado la presencia de hasta cinco generaciones de galeruca. Es cierto que, durante la primavera y verano tuvieron lugar dos fuertes precipitaciones en forma de tormenta, que ocurrieron, una entre la primera y segunda generación y la segunda muy al inicio de la tercera generación, con lo que redujo escasamente la población del insecto.

Por otra parte, esta presencia moderada, no se ha correspondido con una fuerte presión insecticida u otras operaciones terapéuticas de alcance.

Cabe por tanto intentar conciliar la dualidad buenas condiciones de desarrollo / moderada presencia del fenómeno plaga, para poder explicar cómo en condiciones favorables para la explosión de plaga esta no ha alcanzado niveles de importancia.

Los datos obtenidos de las observaciones en campo, nos impiden llegar al análisis de la totalidad de situaciones que concurren en la ciudad, pero, sin embargo, nos ofrecen suficientes elementos que nos permiten sintetizar una sólida hipótesis de dinámica de desarrollo del insecto, como son:

1. Población inicial.

Es cierto que la población fundacional de imagos provenientes de la diapausa invernal no ha sido especialmente tan numerosa como en años precedentes, salvo en las zonas que han resultado más afectadas. Por sí mismo, no explica el menor desarrollo de la plaga, ante condiciones favorables a lo largo de la época estival.

2. Efectos de desarrollo de otras poblaciones de insectos plaga.

En primavera gran parte de los olmos de la ciudad sufrió la presencia de una fuerte población del pulgón *Tinocallis sp.* Esta población fue catastrófica para la evolución del insecto plaga, pues, la primera y segunda generación del insecto plaga tuvieron enormes dificultades de desarrollo en los pies afectados, ya que, en unos casos, una gran proporción de larvas neonatas perecieron ahogadas en la melaza profusa que produjo el ataque de este áfido y en otros se apreciaba la ovoposición de galeruca en el haz de

la hojas, superficie donde la larva tiene grandes dificultades de alimentación al ser dificultoso atravesar la cutícula que recubre en esta superficie foliar (Imágenes 51 y 52).



Imagen 51. Larvas neonatas de galeruca que se han visto atrapadas por la melaza producida por el pulgón y han muerto.



Imagen 52. Hoja con una puesta en la que la presencia de pulgones es muy elevada.

Esta situación se mantuvo, a lo largo de la primavera, en distritos que han sufrido la plaga con profusión en años precedentes.

A comienzos de verano, la población de pulgón, que se procuró que no fuese controlada en modo alguno, tras finalizar su ciclo biológico desapareció del árbol, sin embargo, tampoco aumentó de modo espectacular la presencia del crisomélido

3. Presencia de fauna auxiliar

Con la ausencia de población de pulgón, se esperaba un fuerte crecimiento de galeruca durante la época estival habida cuenta de las condiciones favorables para este insecto, máxime en zonas protegidas de avatares climáticos u otras adversidades del entorno (masas interbloques, alineaciones...), sin embargo, este incremento no fue tan notable como se esperaba. En estas localizaciones, de gran presencia antaño, se han capturado

puestas parasitadas por *Oomyzus galerucae* y la presencia del parásito *Lebia sp*, que fue capaz de mantener las poblaciones en umbrales relativamente bajos, aún sin llegar a equilibrio poblacional, pero suficiente para no resultar una presencia masiva.

Es por ello que, es la presencia y fomento de esta fauna auxiliar, la mejor garantía de manejo de esta plaga.

4. A pesar de ello los imagos de último estadio son más abundantes que el año anterior aseguran un inicio de plaga en la próxima primavera superior al del ciclo precedente.

Estos elementos, sucedidos de modo adecuado, pueden explicar esta población más moderada que elevada de la plaga sobre el cultivo.

3.6. EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LA POBLACIÓN PLAGA

En esta experiencia se han evaluado cuatro medios de manejo y control más un testigo realizadas tres en campo en cuatro repeticiones de cinco ejemplares cada una y un método en condiciones de laboratorio por dificultades administrativas.

El último extremo de esta experiencia no es estrictamente evaluar la viabilidad de estos métodos, sino la eficacia de estos con el fin de que juiciosamente utilizados en combinación sinérgica, lleguen a formar parte de un sistema de manejo integrado de esta plaga.

Las metodologías utilizadas han sido:

1. Manejo fitosanitario en tratamiento aéreo

Basado en el empleo de un piretroide autorizado para el control de este insecto, que por restricciones de registro, sólo puede ser aplicado una vez por ciclo de cultivo, contando como posible alternativa un segundo producto de esta familia, con una autorización más genérica, pero que no refiere este inconveniente de empleo habida que nos enfrentamos ante un insecto con unas cuatro generaciones anuales. Sea como fuere en nuestro caso dos aplicaciones han sido suficientes.

2. Manejo fitosanitario por endoterapia

Aplicación de una abamectina por inyección al tronco, aplicada un poco más tarde de la época aconsejada para constatar la presencia de larvas activas sobre los pies testados.

3. Manejo biológico por conservación

La producción industrial de parasitoides o predadores de esta plaga hoy por hoy no es previsible. Sabemos que se están haciendo intentos de conseguir la obtención de *Oomyzus gallerucae*, como parasitoide activo para su empleo como agente de control biológico aumentativo. En principio se trata de una producción con dificultades de éxito habida cuenta que estamos ante un organismo exclusivista de galeruca, lo que complica su cría a niveles aceptables.

Por otra parte las noticias que tenemos de ensayos realizados con manejos inundativos fuera de nuestras fronteras, porque según citan, la necesidad de liberación de insectos para conseguir un nivel de parasitación de equilibrio es de tal volumen que lo hacen impracticable, de tal modo que, la población autóctona de este insecto si ya existe es teóricamente mucho más eficaz en control de la plaga, por lo que los resultados no son especialmente alentadores sobre los resultados de tal estrategia, habida cuenta que estos están ya presentes en el entorno.

No contando en el mercado con ningún enemigo natural comercial, como base de un programa de manejo biológico aumentativo, optamos por buscar un modelo simple de manejo biológico por conservación para que fuera extensible a toda la ciudad, con lo que se optó por los ensayos que dificultasen la movilidad de la plaga, aunque se planificaron otras actuaciones, aspiración de pupas, lavados... que no hubo que realizar habida cuenta de los resultados obtenidos.

4. Manejo biológico con entomopatógenos

Se sabe de la eficacia de formulaciones fitosanitaria en base a la aplicación de *Bacillus thuringiensis* var *tenebrionis* sobre esta plaga y, es más, mayoritariamente la literatura foránea consultada, recomienda el empleo de esta formulación que, más allá de presentar el perfil ecotoxicológico más favorable, no tiene ningún efecto negativo para la fauna auxiliar. Sin embargo, la legislación española (R.D. 1311/2012) impide el empleo de esta formulación entre otros motivos por contradecir algunos preceptos del Anexo VIII de la citada disposición oficial, situación que no ocurre, según nuestros datos, en países de nuestro entorno.

Dada esta circunstancia se procedió a gestionar las debidas autorizaciones oficiales para su posible uso a nivel de ensayo de campo donde comprobar tanto la eficacia de las mismas como la inocuidad sobre la fauna útil, sin recibir a día de hoy

respuesta; por lo que decidimos realizar esta experiencia en laboratorio en muestras compuestas por hojas con larvas y puestas parasitadas y no parasitadas, para comprobar los extremos ya referidos de eficacia e inocuidad para entomofauna útil y conocer la viabilidad del producto contra la citada plaga.

Por otra parte, se ensayó la eficacia del empleo de nemátodos entomopatógenos, en concreto *Hetherorabditis bacteriophora* para el control de pupas en el suelo de cultivo (Imagen 53).



Imagen 53. Muestra de pupas infectadas con nemátodos, se puede observar como presentan un estado pegajoso debido a la descomposición de los tejidos favorecida por los nemátodos.

5. Testigo

Ejemplares sin ningún manejo donde poder comprobar las diferencias cuantitativas de poblaciones entre ejemplares con prácticas de manejo y estos pies.

3.7. RESULTADOS

Globalmente es cierto que las prácticas de manejo son globalmente suficientemente satisfactorias en eficacia, pero con la condición de ser ejecutadas en los momentos más oportunos, siendo, en algunos casos, incluso contraproducentes si se realizan fuera de época óptima de ejecución.

Singularizando cada una de ellas, se puede extraer los siguientes análisis de sus resultados:

1. Manejo fitosanitario en tratamiento aéreo

A nuestro entender, las aplicaciones fitosanitarias se deben concentrar en el control de primera y segunda generación, pues a partir de aquí los efectos de estos tratamientos pueden ser incluso contraproducentes (Imagen 54).

Por otra parte, el producto básico elegido Alfacipermetrina 10% (Fastac, Basf), indica en sus condicionantes específicos, que sólo se ejecutará un tratamiento por año. En laboratorio realizamos aplicaciones sobre parasitoides adultos capturados contra la que demostraron, como era esperable, una elevada contundencia.

Por todo ello, en nuestros pies, sólo se ha ejecutado una única aplicación. Eso sí existió la previsión de que se podría ejecutar un segundo pase con Cipermetrina al 10%, en caso preciso en segunda generación, además de la posible complementariedad con aplicaciones en descenso de plaga sobre el tronco del árbol.



Imagen 54. Tratamiento aéreo realizado durante el estudio en el parque Cerro de Almodóvar.

Los resultados de este medio de control, evidentemente están muy relacionados con la presencia de plaga. En nuestro caso, fueron eficaces en el momento de aplicación y tuvieron repercusión en el desarrollo estival de la plaga, pero por si mismos no presentan control suficiente a medio plazo en el caso de fuertes infestaciones, eso sí, complementados con otras prácticas de manejo adicionales, fundamentalmente la captura de larvas en descenso de copa y

aplicaciones insecticidas en tronco y ramas primarias en verano, mantienen la población de insecto plaga en niveles aceptables.

Ahora bien, su éxito o fracaso está directamente relacionado con los siguientes criterios técnicos de ejecución en los que se ha de ser seguidos con el máximo rigor posible:

- Evidentemente son activos contra larvas de galeruca, las aplicaciones sobre adultos, además de resultar ineficaces pueden ser nocivos contra la población autóctona, especialmente parasitoides de puestas, con lo que se contribuye al fomento del desarrollo de la plaga. Bien es cierto que es la fase adulta la que resulta molesta para los usuarios de zonas verdes.
- Realizar aplicaciones contra primera y segunda generación de galeruca sólo en tercer estadio larvario, para minimizar los efectos secundarios contra la población auxiliar parasitoides de las puestas de la plaga. Por ello a partir de segunda generación cuando en el árbol conviven todos los estadios larvarios, cualquier aplicación de estos productos conducen a un rápido descenso de la parasitación y con ello casi el fomento de desarrollo del fenómeno plaga.
- Es trascendente la calidad de la aplicación. Se trata de productos de contacto, muy contundentes, pero poco persistentes. Realizar una aplicación parcial sobre copa o exageradamente abundante contribuye a la ineficacia del tratamiento.

2. Manejo fitosanitario por endoterapia

Una única aplicación de abamectina por esta técnica es suficiente para el control de esta plaga durante todo el ciclo de cultivo, introduciendo esta sustancia activa en el torrente de savia que se distribuye por todas las estructuras vegetales (Imagen 55).

Por ello la ejecución de técnicas de endoterapia, resultan totalmente eficaces, pero evidentemente no fomentan el desarrollo de fauna auxiliar ante la ausencia de plaga. Eso sí, en zonas de fuerte infestación a lo largo del año se aprecia un incremento de daños de adultos que, provenientes de plantaciones próximas, causan daños antes de ser controlados.



Imagen 55. Tratamiento por endoterapia realizado en uno de los olmos de estudio.

El momento de ejecución preciso será en primavera tras la plena brotación constatada la presencia de adultos. En nuestro caso, atrasamos la aplicación a la apreciación larvaria para constatar la eficacia en árbol contra esta fase, con gran eficacia y se midió la persistencia de efectos en laboratorio durante todo el ciclo de cultivo alimentando larvas con hojas de árboles tratados, manteniéndose niveles de eficacia notable.

Esta contundencia con ausencia de desarrollo auxiliar, para nosotros, nos aparta del objetivo de equilibrio pretendido.

Es igualmente cierto que se trata de una técnica potencialmente lesiva para las estructuras leñosas y, por ello, no exenta de polémica. En todos ellos se producirán daños en el leño que resultan igualmente nocivos y según que métodos resultan, además, dañinos al sistema vascular leñoso por la sobrepresión que se ejerce sobre el mismo, aunque se afirme todo lo contrario.

Por todo ello, nos parece una técnica muy aplicable en zonas especialmente comprometidas o para el uso en ejemplares aislados de cierta singularidad, pero quizás no utilizado de manera extensiva, siempre eligiendo técnicas de endoterapia de difusión pasiva, que evidentemente son más dilatadas de ejecución, pero menos dañinas vascularmente.

3. Manejo biológico por conservación

Las estrategias de manejo biológico por conservación consisten en implementar estrategias que permitan el fomento de la fauna auxiliar.

En el caso que nos ocupa, las actuaciones exportables a las prácticas de mantenimiento se refieren a dos aspectos básicos cuales son la regulación de poblaciones por métodos mecánicos y mejoras vegetativas con clara influencia a nivel sanitario.

En cuanto al primer aspecto se trata de buscar metodologías útiles de control de la galeruca, intentando impedir o al menos dificultar la fase de pupación de la plaga. A este respecto se planificaron cuatro actuaciones posibles: utilización de trampas comerciales para el control de larvas de procesionaria, utilización de cinta plástica adhesiva, uso de colas entomológicas y utilización de aparatos aspiradores manuales para la aspiración de pupas del suelo.

De estas cuatro las dos últimas no se han ejecutado. En el primer el uso de cola entomológica es una práctica fácil y seguro que productiva, pero el no poder retirar la superficie pegajosa durante tiempo, probablemente afecte a la apariencia visual del tronco, siendo una zona donde se adherirán insectos, polución o cualquier otro material que no desaparece si no es con el empleo de disolventes orgánicos potencialmente dañinos para la planta o cuando estas se hayan desnaturalizado o degradado. En cuanto al empleo de aspiradoras manuales, son un elemento práctico y útil, siempre que galeruca pupa en el suelo, pero en nuestro caso hemos apreciado que, en zonas urbanas, máxime en olmos en alineación en alcorque, los hábitos de pupación en el suelo son minoritarios prefiriendo hacerlo en resquebrajaduras del tronco o ramas.

En cuanto al trapeo. Se ensayaron las trampas Processatrap (Koppert), diseñadas para la captura de larvas en tronco de procesionaria (Imagen 56), pero que son de fácil colocación y por diseño, existiría alguna posibilidad de uso. Efectivamente, como suponíamos, resultó un fracaso notorio, pues la pupación se produjo en torno al borde de la trampa.



Imagen 56. Processatrap instalada en un olmo del punto de estudio de Aluche.

Sin embargo, la captura en tronco con cinta plástica adhesiva para la captura de insectos, resulto francamente provechosa consiguiendo una captura considerable en la mayoría de los casos, aunque es cierto que algunas orugas pupan en ramas y ni siquiera llegan al suelo.

Su eficacia es mayor siempre que se cumplan dos condiciones básicas. Por una parte, han de estar colocados a cierta altura del suelo, cuanto más próxima a la cruz del árbol mejor, puesto que como hemos dicho muchas veces la pupación se produce en el leño. Por otra parte, la colocación cuidadosa es fundamental, puesto que ha de cubrir con suficiencia la rugosidad del tronco, pues en caso contrario la galeruca es capaz de pupar en el espacio que queda entre la cinta y la corteza.

Por otra parte, según ciertos autores, en los procesos de oviposición e ingestión de la galeruca en la planta objetivo, esta es capaz de emitir al medio sustancias volátiles que actúan como compuestos semioquímicos con capacidad de atracción de parasitoides de puestas, más concretamente atracción sobre *Oomyzus gallerucae* (Meiners & Hilker, 1997; Collaza et al, 2004), en suma, estaríamos en el caso de terpenoides elicitores.

No tenemos capacidad de detectar estos compuestos en el medio, pero si hemos estudiado la intensidad del ataque y presencia de parasitoides entre ejemplares en buenas condiciones vegetativas y en deficiente estado de desarrollo. En este caso son muy notorias las diferencias de evolución de la plaga en ambos casos, siempre inferiores en los ejemplares con riego y buen suelo de exploración que aquellos con peores recursos.

No se puede establecer la capacidad de emisión de sustancias al medio aumente en plantas con excelente estado vegetativo a diferencia de aquellos pies en peores condiciones de cultivo, pero es claro que aquellos que presentan un mayor volumen foliar y superficie vegetativa útil y con ello supuestamente un metabolismo más activo, serán capaces de emitir con más eficacia dichos elicitores.

Por tanto, desde un punto de vista práctico, será muy útil fomentar el desarrollo vegetativo de los pies afectados para aumentar su capacidad de atracción de entomofauna auxiliar

4. Manejo biológico con entomopatógenos

Mayoritariamente la literatura extranjera consultada recomienda las aplicaciones de *Bacillus thuringiensis* var. *tenebrionis* como producto microbiológico activo contra la fase larvaria de galeruca del olmo, cuya gran diferencia es su nula afeción sobre entomofauna útil.

Desde este punto de vista, a nosotros nos parecería la solución ideal de control si nuestro objetivo es alcanzar el equilibrio poblacional entre plaga y enemigos naturales. Sin embargo, este producto hasta hace relativamente poco no se comercializaba en nuestro país, ni teníamos constancia que se hubiera ensayado aquí. Actualmente el producto si se comercializa bajo la marca Novodor (Kenogard), eso sí, registrado para su empleo para el control de escarabajo de la patata, y con una frase de riesgo que no cumple con los requisitos al respecto del ANEXO VIII del R.D. 1311/2012 sobre Uso Sostenible de Productos Fitosanitarios.

Por ello el producto, al menos a corto plazo no se podrá usar para el control de galeruca del olmo. Ahora bien, nos interesaba comprobar si todas las citas literarias al respecto, casi univocas sobre su eficacia y oportunidad de empleo, eran válidas para nuestras condiciones de cultivo. Por ello, intentamos realizar los trámites de petición de utilización del producto en condiciones usuales de cultivo ante las autoridades, a día de hoy sin respuesta a dicha petición.

Por ello optamos, al menos de realizar experiencia de utilización en laboratorio, para lo cual, recolectamos, en campo, ramas con presencia de galeruca en diferentes estadios de desarrollo (Imagen 57), incluso imagos y buscar hojas con claros signos de puestas parasitadas, que colocadas en condiciones controladas fueron rociadas con la formulación citada a la dosificación recomendada. Tras esta aplicación se evaluaron los resultados, y se dejaron en cajas entomológicas para la cría de parasitoides.



Imagen 57. Ramilla con larvas en estados L2 y L3, que se recogió y se llevó a laboratorio para ser tratada con Novodor.

Los resultados han sido altamente satisfactorios con una muy alta mortandad de los diferentes estadios de desarrollo, aunque teníamos cierta prevención de ausencia de control en 3º estadio larvario, y nacemento normal de parasitoides respecto a hojas no tratadas testigo.

Nos quedaría comprobar la persistencia del producto sobre la planta que suponemos elevado, pero para ello deberíamos realizar pulverizaciones sobre árboles en cultivo.

Por tanto, todas las recomendaciones recopiladas en la literatura foránea se cumplen en nuestras condiciones climáticas y podría ser una herramienta tremendamente útil en la gestión integrada de esta plaga con el fin de conseguir el equilibrio poblacional. Por ello, habida cuenta de la legislación vigente y la calidad del producto, o se modifica la formulación y el registro, o se modifican en el futuro los criterios del ANEXO VIII del RD, o no se podrá utilizar dicho compuesto, lo que nos obliga a un manejo fitosanitario indudablemente de mayor impacto ecotóxico.

4. CONCLUSIONES

Habida cuenta del análisis de estos datos podemos concluir que:

1. El objetivo último del manejo y control de esta plaga ha de ser en procurar que se den condiciones de equilibrio poblacional entre las poblaciones de insecto plaga y los biocontroladores autóctonos en los olmos de la ciudad. Para ello, actuaciones masivas o realizadas a destiempo, son incluso contraproducentes para el manejo de esta deficiencia sanitaria.
2. Es preciso complementar y proseguir en el conocimiento de la plaga. Comprobar la integral de la integral térmica y poder calcular el margen de error en la ciudad; avanzar en el conocimiento de prácticas de control distintas a las ensayadas aún con posibilidades de error; continuar en la identificación de biocontroladores autóctonos si existiesen e identificar el número de generaciones de la plaga y la biología concreta en la ciudad de Madrid, son aspectos en los que sería aconsejable profundizar.
3. La herramienta fundamental para la toma de decisiones de control, será el seguimiento continuo del ciclo evolutivo del insecto y la determinación lo más juiciosa posible de las zonas de fuerte infestación. Para ello se implementado la metodología básica de valoración de estos extremos que, evidentemente, podrán ser modificadas si existen circunstancias que así lo aconsejen, pero siempre a partir de estas mismas herramientas y bajo criterios comunes a todos los responsables del manejo del cultivo.
4. Las actuaciones fitosanitarias aéreas se ejecutarán durante el desarrollo del 3º estado larvario de primera y segunda generación. Fuera de esta época sólo se realizarán en situaciones muy excepcionales y sobre un número muy limitado de ejemplares.
5. Las actuaciones con técnicas de endoterapia serán preferentemente ejecutadas en zonas de difícil acceso, con intensidad de plaga elevada y tras la constatación de aparición de la plaga, pero no de manera indiscriminada.
6. La estimulación de la actividad vegetativa de estos ejemplares, en suma, la vigorización del cultivo, es un aspecto muy favorable al decrecimiento de la intensidad de la plaga por crecimiento de la fauna auxiliar.

7. A partir de segunda generación las actuaciones de trampeo en base a bandas de captura de larvas en descenso de pupación, junto al control fitosanitario en troncos y ramas son herramientas que pueden modular favorablemente la población del insecto plaga. Es útil, aunque menos provechoso, la utilización de nematodos entomopatógenos contra prepupas y pupas. La conjunción de estas medidas puede llegar a ser suficiente para la consecución de una plaga a niveles aceptables para el ciudadano, escasamente para el control de la plaga

5. PLAN ESTRATEGICO DE MANEJO Y CONTROL DE LA GALERUCA EN MADRID

El manejo sanitario de cualquier plaga o enfermedad bajo criterios de manejo biológico integrado, ha de basarse ineludiblemente en tres planteamientos básicos:

- La vigilancia del cultivo o monitorización con sus exigencias de rutinas, recorrido eficaz y comunicación, para la determinación del estado de desarrollo de la plaga y la evolución del cultivo, como herramienta básica de la toma de decisiones terapéuticas.
- La modulación de poblaciones hasta niveles aceptables no nocivos para el vegetal y en este caso, no molestos para los ciudadanos.
- La planificación sensata de la utilización de todas las medidas de control precisas que puedan ser ejecutadas de modo sinérgico, priorizando aquellas que fomenten el control biológico de la plaga.

Siguiendo estos criterios básicos y con los datos recabados en el presente estudio las recomendaciones de manejo quedan como sigue:

1. Adecuación y establecimiento de los grados de infestación de la plaga. Esta elaboración habrá de conseguirse con el acuerdo de todos los participantes en el seguimiento de la plaga, para conseguir un criterio único. Contemplarán la evaluación de la población plaga, diferentes según las generaciones observadas. Para la toma de decisiones, como las medidas a adoptar en función de estas apreciaciones, se realizarán tablas de actuación, ya sea tratamientos aéreos, endoterapia, tratamiento cultural o no actuación, evidentemente cumpliendo los requisitos de la legislación vigente, reservando aquellas más contundentes a pies donde sea preciso su ejecución, no a zonas completas de actuación.
2. Elección de los pies para el seguimiento del ciclo evolutivo y densidad de plaga en el otoño del año pretérito en número suficiente, de tal modo que, al menos, existan dos repeticiones de ejemplares en nivel máximo de infestación, otros dos en media y otros dos en mínima. Estos habrán de estar lo más equidistantes posible y se incrementarán en función de la densidad de cultivo.
3. Ejecución de la integral térmica y comenzar el seguimiento más exhaustivo a partir de las 300 °DF.

4. Las actuaciones fitosanitarias se ejecutarán preferentemente en primera generación, que en el caso de tratamientos aéreos, se ejecutarán en pies con larvas en tercer estadio de desarrollo, quizás con necesidad de recurrencia en segunda en iguales condiciones y sólo en situaciones excepcionales en tercera generación. Aprovechando estas aplicaciones, se ejecutarán acciones de vigorización del cultivo, esto es, adicción de bioestimulantes, fertilización foliar o riego programado, bien por separado o ejecutadas conjuntamente.
5. Repetición del inventario de abundancia de plaga en la ciudad de Madrid, ejecutado en la misma fenología de plaga (2ª generación) utilizando los mismos elementos de juicio, puesto que no sólo nos servirá para conocer la intensidad real del problema, sino como un elemento realmente comparativo, poder analizar los resultados de las prácticas ejecutadas (seguimiento sanitario), los errores cometidos y con ello poder subsanarlos, además de modular las intervenciones y necesidad de esfuerzos futuros en la gestión de la plaga, sobretodo en años venideros.
6. A partir de segunda generación se procurarán medidas culturales o mecánicas, antes que tratamientos aéreos, teniendo en cuenta que preferimos intentar fomentar la acción de los biocontroladores autóctonos en nuestro cultivo, y que, para una acción contundente, siempre hay tiempo.
7. La necesidad de control de otros agentes sanitarios capaces de actuar contra los olmos de la ciudad, se harán con medios complementarios al objetivo plaga, como, por ejemplo, para el control de *Euproctis chrysorrhoea* L mediante formulaciones de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*; si fuera preciso el control de pulgón aplicación no a la totalidad de copa de aceites minerales o vegetales o en el control de escolítidos aplicaciones localizadas en tronco de insecticidas activos en el tronco del árbol.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Zarazaga, M.A. (2015). Orden Coleoptera. Revista IDE@ - SEA, 55: 18 pp.
Accesible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_55.pdf
- Ayuntamiento de Madrid (2012). Artrópodos Invasores Ocasionales. Gestión Integrada de Plagas; Prevención y control. Área De Gobierno De Medio Ambiente, Seguridad Y Movilidad. Instituto de Salud Pública.
- Ayuntamiento de Madrid (2015). Información para actuación por parte de propietarios particulares ante la presencia de la galeruca del olmo. Tróptico. Área De Gobierno De Medio Ambiente Y Movilidad. DG De Zonas Verdes, Limpieza Y Residuos.
- Balcells, E. (1975). Algunos aspectos biológicos y ecológicos de crisomélidos (insectos, coleópteros) defoliadores de plantas montañesas en territorios mediterráneos. Anal. Inst. Bot. Cavanilles 32 (2): 357-57:2.
- Bantock T. & Botting J. (2013) British Bugs. An online identification guide to UK Hemiptera. [Fecha de consulta: noviembre 2017] www.britishbugs.org.uk
- Barrientos, J. A. (ed.) (2006). Curso Práctico de Entomología. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona. 41. Entomologia. Asociación Española de Entomología, CIBIO-Centro Iberoamericano de Biodiversidad & Universitat Autònoma de Barcelona. 947 pp.
- Bauernfeind, R. J. (2005). Elm Leaf Beetles. Kansas State University.
- Beenen, R. (2010). Galerucinae. In: Löbl I & Smetana A (Ed.) Catalogue of the Palaearctic Coleoptera 6: 74–75, 443–491. Apollo Books, Stenstrup.
- Bonnemaison, I. (1964). Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. Volumen II. Oikostau. Barcelona.
- Britton, W. E. (1932). The Elm Leaf Beetle Outbreak. Conn. Agricul. Exper. Stat. 84.
- Chapman, A.D. (2009). Numbers of Living Species in Australia and the World, 2nd edition. Australian Biological Resources Study, Canberra. Chinery, M. (1984). Guía de campo de los insectos de España y de Europa. Barcelona: Ediciones Omega.
- Dahlsten, D.; Tait, S.; Rowney, D & Gingg, B. (1993). A monitoring system and development of ecologically sound treatments for elm leaf beetle. Journal of Arboriculture 19-4.

- Dahlsten, D.; Tait, S. & Rowney, D. (1994). Development of integrated pest management programs in urban forests: the elm beetle (*Xanthogaleruca luteola* (Müller)) in California, USA. *Forest Eco. Mag.* n65.
- Dahlsten, D.; Rowney, D. & Lawson, A. (1998). IPM helps control elm leaf beetle. *California Agriculture*, Vol 52. 2.
- Dreistadt, S. H. & Dahlsten, D. L. (1990). Relationships of Temperature to Elm Leaf Beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) Development and Damage in the Field. *Journal of Economic Entomology*, Volume 83, Issue 3, 1
- Dreistadt, S. H. (2004). *Pests of Landscape Trees and Shrubs: An Integrated Pest Management Guide*. UC ANR Publication 3359. 437 pp.
- Dreistadt, & Lawson, (2014). *Elm Leaf Beetle. Integrated Pest Management for Home Gardeners and Landscape Professionals*. University of California. UC ANR Publication 7403.
- Galán, P.; Gamarra, R.; García, J. I. & Alvarez, S. (2013). Árboles Ibéricos, género *Ulmus*. En: <http://www.arbolesibericos.es/>
- GBIF Secretariat (2017). *Xanthogaleruca luteola* (Müller, 1766). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist Dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2017-11-12.
- Hemenway, R. & Whitcomb, W. H. (1967). Ground Beetles of the Genus *Lebia* Latreille in Arkansas (Coleoptera: Carabidae): Ecology and Geographical Distribution. *Journ. Arkans. Acadm. Of Scie.* Vol 21, art 6.
- Hickman, C. P.; Roberts, L. S.; Keen, S. L.; Larson, L.; l'Anson, H & Eisenhour, D. J. (2009). *Principios integrales de Zoología*, decimocuarta edición. Interamericana, Madrid. 915 pp.
- Howard, L. O. (1897). The Spread of Land Species by the Agency of Man; with Especial Reference to Insects. *Science*, New Series, Vol. 6, No. 141, pp. 382-398.
- Huerta, A.; Chiffelle, I.; Puga, K.; Azúa, F. & Raya, J. E. (2010). Toxicity and repellence of aqueous and ethanolic extracts from *Schinus molle* on elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola*. *Crop Protection* 29. 1118-1123.
- ITIS (2017). *Integrated Taxonomic Information System*. Online database, <http://www.itis.gov>
- Jong, Y. et al. (2014) *Fauna Europaea* - all European animal species on the web. *Biodiversity Data Journal* 2: e4034. doi: 10.3897/BDJ.2.e4034.

- Kaya, H.K.; J.L. Joos; L.A. Falcon & A. Berlowitz (1984). Suppression of codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) with the entomogenous nematode, *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). *J. Econ. Entomol.* 77
- Lefoe, G.; Dominiak, B. C. & Davies, J. (2014). Elm leaf beetle *Xanthogaleruca luteola* (Muller) dispersal across south eastern Australia (1989- 2011). *Plant Protection Quarterly* Vol.29 (2).
- Lobo, M. (2015). Biodiversidad entomológica Ibérica. *Revista IDE@ - SEA*, 3: 8 pp. Accesible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_3.pdf
- López, J. C. (2003). Taxonomía y sistemática de los olmos ibéricos. En: *Los Olmos Ibéricos. Conservación y Mejora Frente a la Grafiosis*. Parques Nacionales, Madrid.
- Lovett, A. L. (1916). *The Elm Leaf Beetle*. Oregon Agricultural College, Extension Service. Coll. Bull.226.
- Luna, I., Defagó, M. T. & Salvo, A. (2015). Estudio exploratorio de la interacción *Xanthogaleruca luteola* – *Ulmus* spp. en la ciudad de Córdoba. *Revista Facultad De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, Vol. 2, No. 1.
- Martín Argos, A. & Martín Argos, J. (2006). *Estrategias de lucha en zonas verdes urbanas*. Presentación curso. Projardin. Madrid.
- McPherson, G., L.; Costello, J.; Harding, S.; Dreistadt, M. L.; Flint and S. Mezger (2009). National elm trial: Initial report from Northern California. *Western Arborist*. Fall:32–36.
- Muñoz, C.; Pérez, V.; Cobos, P.; Hernández, R. & Sánchez, G. (2007). *Sanidad Forestal*. Ediciones Mundi-Prensa. Dirección General para la Biodiversidad, Ministerio del medio Ambiente.
- Ordóñez-Reséndiz, M. M.; López-Pérez, S. & Rodríguez-Mirón, G. M. (2013). Biodiversidad de Chrysomelidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- Planelló, M^a R.; Rueda, M^a J.; Escaso, F.; Herrero, O. & Narváez, I. (2015). *Manual de Entomología Aplicada*. Editorial Sanz y Torres. Madrid.
- Polunin, O. (1984). *Árboles y arbustos de Europa*. Ediciones Omega. Barcelona.
- Pons, X.; Lumbierres, M.; Eizaguirre, M. & Albajes, R. (2006). Plagas de los espacios verdes urbanos: bases para su control integrado. *Bol. San. Veg. Plag.* 32: 373-384.
- Raupp, M. J.; Shrewsbury, P. M. & Herms, D. A. (2010). Ecology of herbivorous arthropods in urban landscapes. *Annu Rev Entomol.* 55:19-38.

- Ribera, I.; Melic, A. & Torralba, A. (2015). Introducción y guía visual de los artrópodos. Revista IDE@ - SEA, 2: 31 pp.
Accesible en: http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_2.pdf
- Romanyk, N. & Cadahia, D. (cord.), (1992). Plagas de Insectos en las masas forestales españolas. Ediciones Mundi-Prensa. Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Solla, A. & Cobos, P. (2003). Otras plagas y enfermedades de los olmos. En: Los Olmos Ibéricos. Conservación y Mejora Frente a la Grafiosis. Parques Nacionales, Madrid.
- Sutherland, C. A. (2006). Elm Leaf Beetles. New Mexico State University. College of Agriculture and Home Economics.
- Thuston, G. S. (1998). Biological control of elm leaf beetle. Journal of Arboriculture 24(3).
- Udvardy, M. D. F. (1975). A classification of the biogeographical provinces of the world. IUCN Occasional Paper no. 18. Morges, Switzerland.
- Xue, H-J. & Yang, X-K. (2010). Species Catalogue of *Pyrrhalta Joannis* (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) of the World. Entomotaxonomia. Vol.32 pp.119-136.
- Zahradník, J. & Chvála, M. (2010). Enciclopedia de la Ciencia: Insectos. Tikal Ediciones. 493 pp.
- Zalom, F. G., P. B. Goodell, L. T. Wilson, W. W. Barnett, and W. J. Bentley. (1983). Degree-Days: The Calculation and Use of Heat Units in Pest Management. University of California Division of Agriculture and Natural Resources Leaflet 21373.
- Zhang, Z.-Q. (2013). Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness (Addenda 2013). Zootaxa, 3703, 1–82.