

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



**EFICACIA Y JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ENDOTERAPIA
CON INYECTOR FIJO, A PARTIR DEL ESTUDIO DE LA RESPUESTA
FISIOLÓGICA DE LA PALMERA (*Phoenix sp.* y *Washingtonia sp.*) PARA EL
CONTROL DEL PICUDO ROJO (*Rhynchophorus ferrugineus*)**

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y DEL
MEDIO RURAL**

ALUMNA: Patricia Llusar Saura

TUTOR: Prof. D. Vicente Castell Zeising

TUTOR EXTERNO: D. Francisco Ferrandis Esteve

Curso Académico: 2018-2019

VALENCIA, noviembre de 2018

RESUMEN:

Título: Eficacia y justificación del diseño del sistema de endoterapia con inyector fijo, a partir del estudio de la respuesta fisiológica de la palmera (*Phoenix sp.* y *Washingtonia sp.*) para el control del picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*)

[ES] La aparición en la última década del *Rhynchophorus ferrugineus* (picudo rojo) ha supuesto un gran impacto tanto visual como económico, pues esta plaga ha afectado notoriamente a la mayor parte de las palmeras de la cuenca Mediterránea.

Debido a que las palmeras son un elemento esencial en la mayor parte de parques y jardines públicos, uno de los principales problemas del control de esta plaga es el nivel de exposición humano, pues su tratamiento mediante productos químicos puede resultar muy perjudicial.

Un sistema de lucha contra esta plaga totalmente respetuoso con el ser humano y con el medio ambiente es la endoterapia “Sospalm”, dicho sistema está basado en la inyección de producto fitosanitario con perforación única en el estípite de la palmera a través de una cánula (piqueta) plástica. El objeto del presente trabajo es la demostración de la eficacia de dicho sistema y justificación de su diseño, a partir de un estudio de la respuesta fisiológica de la palmera.

El estudio consiste en realizar un seguimiento del estado y evolución de 12 palmeras con diferentes grados de infección (muy grave, grave, intermedio y sin síntomas) por picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*), a partir de la aplicación de inyecciones periódicas según calendario de tratamiento, teniendo en cuenta la importancia del comportamiento de las materias activas empleadas (imidacloprid), además de la adecuada metodología que este sistema requiere para su efectividad. Las inyecciones se realizan según el protocolo marcado del sistema cada 15 días o cada 30 días según el nivel de infestación, siendo el tiempo de duración del tratamiento de 5 meses. Se ejecuta en areáceas del género *Phoenix sp.* (*P. canariensis*) y *Washingtonia sp.* combinando *W. robusta* y *W. filifera* debido a su gran interés ornamental e incidencia de la plaga sobre estas.

Por último, se realiza una valoración económica de los costes que conlleva la instalación y mantenimiento del sistema “Sospalm” en comparación con otros sistemas de control del picudo rojo.

PALABRAS CLAVE: *Phoenix*, *Rhynchophorus ferrugineus*, *endoterapia*, *Washingtonia*

Autor: Patricia Llusar Saura

Valencia, noviembre de 2018

Tutor académico: Prof. D. Vicente Castell Zeising

Tutor técnico: D. Francisco Ferrandis Esteve

ABSTRACT

Título: Efficiency and justification of the design of the endotherapy system with fixed injector, based on the study of the physiological response of the palm tree (*Phoenix sp.* and *Washingtonia sp.*) for the control of red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*)

[EN] The emergence in the last decade of *Rhynchophorus ferrugineus* (red palm weevil) has caused a significant impact both visual and economic, since this plague has notoriously affected most of the palms of the Mediterranean basin.

Palms are an essential element in most public parks and gardens, therefore one of the main problems of control of this plague is the level of human exposure, since a treatment based on chemical products can be very damaging.

A fight system against this plague totally respectful with the human being and with the environment is the endotherapy “Sospalm”. This system is based on the injection of plant protection product with unique perforation in the stipe of the palm tree through a plastic cannula (pickaxe).

The aim of this work is the demonstration of the efficiency of this system and justification of its design, from an exhaustive study of the physiological response of the palm.

The study consists in monitoring the status and evolution of 12 palms with varying degrees of infection by red weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*), from the application of periodic injections according to treatment schedule, taking into account the importance of the behaviour of the active subjects employed; In addition to the appropriate methodology that this system requires for its effectiveness. The injections are done each 15 days or 30 days according to the level of infestation, with the duration of the treatment 5 months. The study runs in Arecáceas of the *Phoenix sp.* genus. (*P. canariensis*) and *Washingtonia sp.* combining *W. robusta* and *W. filifera* due to its great ornamental interest and incidence of the plague on these.

Finally, there is an economic assesment of the costs involved in the installation and maintenance of the “Sospalm” system compared to other red weevil control system

KEYWORDS: *Phoenix*, *Rhynchophorus ferrugineus*, endoterapia, *Washingtonia*

Student: Patricia Llusar Saura

Valencia, november of 2018

Tutoress: Prof. D. Vicente Castell Zeising

Cotutor: D. Francisco Ferrandis Esteve

AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar, a mi familia:

A mis padres y hermano por vuestro tiempo, interés y apoyo en esta etapa.

A Carles por ser mi pilar fundamental y estar ahí cuando más lo necesito.

A Jaume por escucharme siempre que lo he necesitado, sobre todo al comienzo de este trabajo.

- A mis amigos:

A mis compis de TFG, al fin y al cabo, amigos: Mireia, Fedro, Víc y Edu, gracias, sin vosotros esta larga etapa no hubiese sido lo mismo.

- A todo el equipo de Provefe:

A Paco por ser mi director técnico, confiar en mí, darme tu apoyo y la oportunidad de realizar este trabajo.

A todo el equipo Sospalm: Ximo, Alfredo y José Luis, por vuestra dedicación, conocimientos y brindarme la oportunidad de aprender de vosotros.

A Santi, por ser mi compi de calidad por preocuparte y facilitarme en todo momento las cosas para poder avanzar en este trabajo.

En general, gracias a todo Provefe.

- A mi tutor académico:

Gracias Vicente, por estar siempre disponible cuando lo he necesitado, revisar y revisar el trabajo, darme tu visión mas objetiva y tranquilizarme cuando más nerviosa estaba.

Índice

1.	Introducción	1
1.1	Generalidades de las palmeras	1
1.1.1	Clasificación botánica.....	1
1.1.2	Morfología.....	1
1.1.3	Fisiología.....	7
1.2	Antecedentes del picudo rojo (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i>).....	9
1.2.1	Historia y evolución geográfica	9
1.2.2	Importancia económica	10
1.2.3	Biología y ecología	11
1.2.4	Sintomatología del ataque por picudo rojo	13
1.3	Métodos de control de la plaga actuales.....	14
1.3.1	Control físico	14
1.3.2	Control biológico	15
1.3.3	Control químico	16
2.	Objetivos del trabajo	18
3.	Material y métodos	19
3.1	Fundamentos teóricos del sistema “Sospalm”	19
3.2	Justificación del diseño “Sospalm”	21
3.3	Metodología.....	22
3.4	Ensayo experimental	28
3.3.1	Material vegetal	28
3.3.2	Registro de observaciones	32
4.	Resultados y discusión.....	33
5.	Conclusiones	38
6.	Bibliografía	39
7.	Anejo I.....	41
8.	Anejo II.....	44
9.	Anejo III.....	47

Índice de figuras

Figura 1. Raíces por encima del suelo _____	2
Figura 2. Corte transversal en estípite de palmera _____	3
Figura 3. Estípite de <i>Phoenix canariensis</i> _____	3
Figura 4. Ramificación en <i>Phoenix dactylifera</i> _____	4
Figura 5. Corona de una palmera _____	5
Figura 6. Palmas de <i>Phoenix canariensis</i> _____	6
Figura 7. Dátiles en palmera <i>P. dactylifera</i> _____	7
Figura 8. Corte transversal del estípite _____	8
Figura 9. Evolución geográfica de la plaga _____	10
Figura 10. Ciclo biológico del picudo rojo _____	12
Figura 11. Estados larvarios del picudo rojo _____	13
Figura 12. Ave depredadora de picudo rojo (carraca) _____	15
Figura 13. Ducha foliar y endoterapia en <i>P. canariensis</i> _____	16
Figura 14. Piqueta "Sospalm" instalada en palmera _____	20
Figura 15. Diseño de la piqueta "Sospalm" _____	21
Figura 16. Ataque basal en <i>P. canariensis</i> _____	23
Figura 17. Mantener estanqueidad con un mástic sellador _____	24
Figura 18. Croquis de situación de palmeras _____	28
Figura 19. Palmeras canarias de 6 metros de altura _____	29
Figura 20. Palmeras canarias de 3 metros de altura. _____	29
Figura 21. Palmeras del género <i>Washingtonia</i> sp. _____	30
Figura 22. Evolución palmeras nº 3, 10, 11 y 12. Día 2/11/2018 _____	33
Figura 23. Evolución palmera nº 2. Día 2/11/18 _____	34
Figura 24. Estado de las palmeras nº 6 y nº 7 a día 15/07/18 _____	35
Figura 25. Crecimiento de cogollo en palmeras nº 6 y nº 7 a día 16/10/18 _____	35
Figura 26. Crecimiento de brote principal en palmera Nº 9 a día 02/11/18 _____	36
Figura 27. Evolución de palmera nº 9 a día 02/11/18 _____	37

Índice de tablas

Tabla 1. Número y forma de instalación de las piquetas "Sospalm"	23
Tabla 2. Dosis y tiempo de protección de las materias activas.	26
Tabla 3. Diferencias de endoterapias	41
Tabla 4. Comparativa de costes de distintas endoterapias.....	42
Tabla 5. Coste de ducha foliar	42
Tabla 6. Comparativa de costes de ducha foliar + endoterapia	43

1. Introducción

La introducción del presente trabajo aborda tres partes: la clasificación botánica y las generalidades morfológicas y fisiológicas de las palmeras; la evolución e historia de la plaga de picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*), así como su biología y ecología y, por último, los métodos actuales de control de la plaga.

1.1 Generalidades de las palmeras

1.1.1 Clasificación botánica

Las palmeras son plantas leñosas, pertenecientes a la familia de las Arecáceas, familia anteriormente denominada como Palmáceas o Palmae. La familia de las Arecáceas comprende más de 3000 especies, lo que sitúa a las palmeras como el conjunto de monocotiledóneas más importantes del reino vegetal (Cañizo, 2011).

La clasificación botánica de las palmeras es la siguiente

- Reino → Vegetal
- División → Espermatofita (plantas con semillas)
 - Subdivisión → Angiosperma (plantas con flores)
- Clase → Monocotiledóneas
- Orden → Arecales
- Familia → Arecáceas
 - Subfamilias: 5
 - Tribus: 12
 - Géneros: 190
 - Especies: aproximadamente 3.000 (siendo *Phoenix canariensis*, *P. dactylifera*, *Washingtonia robusta* y *W. filifera* las consideradas en este trabajo)

1.1.2 Morfología

Según indica Mota (2006), las Arecáceas, aunque por sus estructuras y apariencias sean similares a las demás especies de porte arbóreo, presentan algunas diferencias muy significativas.

Sistema radicular

Las funciones básicas del sistema radicular de las palmeras coinciden casi por completo con las de los árboles, siendo las de proporcionar nutrientes a la planta, anclaje de esta al suelo y establecimiento de relaciones simbióticas entre plantas y hongos o microorganismos presentes en el suelo.

Las palmeras se caracterizan por poseer un sistema radicular fasciculado, formando un haz de abundantes raíces delgadas y alargadas que surgen de la base del tallo, característica propia de las plantas monocotiledóneas. Estas raíces crecen de forma radial, en todas direcciones, pudiendo cubrir grandes superficies. Además, no se observa una raíz principal como ocurre en los comúnmente llamados árboles, pues las palmeras presentan un haz de raíces las cuales se diferencian en primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias. Las raíces primarias surgen de la base de tallo y proporcionan anclaje a la planta, las secundarias surgen de las primarias y así, sucesivamente, con las de menor orden. Este tipo de sistema radicular permite una sujeción al suelo evitando las caídas por desarraigo del suelo a causa de fuertes vientos.

En especies del género *Phoenix*, una característica radicular importante es la apreciación de raíces adventicias por encima del suelo, en la base del tronco (Figura 1). Aunque es más habitual en *Phoenix dactylifera* que en *P. canariensis*.



Figura 1. Raíces por encima del suelo

Estípite o tronco

El tallo de las palmeras es denominado estípite o estipe. A diferencia de los árboles, no posee anillos de crecimiento (Figura 2), ya que aumenta de grosor hasta llegar a un diámetro definitivo (máximo) y es entonces cuando se inicia el crecimiento en altura. En la parte superior del estípite se encuentra una zona ensanchada denominada balona, rodeada por un conjunto de vainas foliares que sirven para proteger el meristemo.

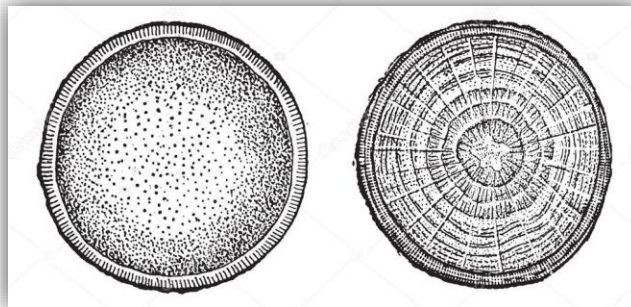


Figura 2. Corte transversal en estípite de palmera
Fuente: <https://sp.depositphotos.com> (03/09/2018)

Las similitudes existentes entre el estípite(imagen izquierda) y el tronco de un árbol(imagen derecha) son de carácter funcional, pues es un órgano encargado de sostener y elevar la copa y mantener unida la copa y el sistema radicular favoreciendo la translocación de nutrientes (Figura 3).



Figura 3. Estípite de *Phoenix canariensis*

La corona

La corona de las palmeras (copa en los árboles) está compuesta por la yema apical, hojas y flores, siendo la yema apical el único punto de crecimiento de la palmera y, por tanto, más vulnerable. Aunque en algunas especies como *Phoenix dactylifera* puede haber otras yemas (Figura 4).



Figura 4. Ramificación en *Phoenix dactylifera*

Las vainas de las hojas con peciolos con largas espinas protegen la yema apical de cualquier agresión, de ahí a su disposición rodeando toda la circunferencia del estípite (Figura 5).



Figura 5. Corona de una palmera

Las palmas

La función básica de las hojas o palmas es la misma que la de cualquier especie arbórea: realizar la fotosíntesis, proceso químico que permite, gracias a la luz y el CO₂ atmosférico, transformar sustancias orgánicas a partir de la savia bruta transportada desde las raíces. Las palmeras son plantas de hoja perenne, nunca quedan desprovistas de ellas ya que producen continuamente hojas nuevas.

La forma y tamaño de las hojas de las palmeras tiene mucha diversidad, éstas se reparten en el tramo superior del tronco. En algunas especies de palmeras (*Phoenix* sp.) la vaina perdura en el tronco hasta mucho después de la caída de la hoja o palma, denominándose vaina a la parte basal del peciolo que se ensancha y abraza el estípite (Figura 6).



Figura 6. Palmas de Phoenix canariensis

Las inflorescencias, frutos y semillas

Las inflorescencias en las palmeras se producen al alcanzar la madurez, siendo las floraciones más tempranas a los 3-6 años y las más tardías a los 30-80 años. Las inflorescencias se caracterizan por ser pequeñas y de un color blanquecino.

Las flores pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas, es decir, son especies monoicas: en el mismo pie se pueden encontrar ambos sexos.

Después de la fecundación del ovario, éste se transformará en fruto. Los frutos son bayas o drupas, siendo muchos de ellos comestibles como es el caso del dátil o el coco, pero muchos otros de carácter tóxico para el consumo humano (Figura 7).



Figura 7. Dátiles en palmera *P. dactylifera*

1.1.3 Fisiología

La fisiología de las palmeras es un tanto peculiar, principalmente por las características anatómicas que se han descrito anteriormente

Su sistema vascular está formado por miles de haces longitudinales conductores lignificados que atraviesan el estípite hasta que llegan a la parte del cogollo. Estos, en su interior, comprenden el xilema y el floema, los cuales se encuentran envueltos por unas fundas de fibras de esclerénquima, englobadas de células parenquimáticas

Como se ha comentado anteriormente en el apartado de morfología, las palmeras carecen de anillos de crecimiento y de cambium, características que se pueden observar al realizar un corte transversal al estípite de la palmera, pues no se aprecian zonas diferenciadas (sí se observa corteza, periciclo y médula) (Figura 8).



Figura 8. Corte transversal del estípite
Fuente: www.sites.google.com (11/06/2018)

Este hecho implica que las palmeras no utilizan un sistema de cicatrización frente a las heridas como las especies arbóreas, pues estas últimas presentan una compartimentación de la madera herida o infectada de forma que ésta se extienda lo más mínimo posible, gracias a los anillos de crecimiento que se encargan de formar una capa interna cada año que cierre las heridas.

El modo de defensa que presentan las palmeras no es otra que la de aislar el área dañada rápidamente de los tejidos sanos. En un primer momento, reaccionan con bastante similitud a las plantas dicotiledóneas, pues se produce necrosis y desecación de las células heridas y vecinas a ellas, posteriormente se seccionan en tabiques las células de parénquima que se encuentran en contacto con los haces vasculares próximos a la herida, secretando compuestos fenólicos y geles ácidos que contienen pectina. Al contrario que en las especies arbóreas no se produce tilosis en los vasos, por tanto, sus heridas no son cerradas, pudiendo persistir en el estípite durante toda la vida de la palmera, siendo todas estas reacciones anatómicas comprendidas en una zona limitada de 10 a 20 mm alrededor de la herida (Weigner y Liese, 1995).

Uno de los inconvenientes que podía presentar éste tipo de compartimentación singular es la estabilidad de la palmera frente a esas heridas no cicatrizadas. No obstante, la propia palmera tiene un sistema de protección frente a este inconveniente de forma que extrae sílice del suelo para reforzar el estípite, el cual se acumula en las zonas afectadas haciendo más rígidas las paredes que rodean la herida (Estévez *et al.*, 2011).

Las heridas en el estípite pueden deberse a diversos factores: podas, desgarros de corteza, daños por obras y estípites desprotegidos, chorreo constante de agua que acaba en pudrición del estipe, malas prácticas de endoterapia, etc.

1.2 Antecedentes del picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*)

1.2.1 Historia y evolución geográfica

El picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) es un escarabajo originario de las regiones tropicales del Sudeste Asiático y Polinesia, encontrándose en países como India, Filipinas, Pakistán, Camboya, Indonesia, Vietnam, Japón, China y Tailandia. El *Rhynchophorus* es el género de escarabajo más letal encontrado actualmente en las palmeras, principalmente por su alta capacidad de adaptación, pues éste se ha expandido en pocos años mundialmente, y por su *modus operandi*, se alimenta de los tejidos sanos del interior de la palmera pudiendo coexistir al mismo tiempo sus 4 estados: huevo, larva, pupa y adulto.

La plaga se introdujo por Egipto en el Norte de África en 1993, continuando su expansión, mediante la importación de palmeras hacia los países europeos como Italia, Francia, Portugal y España (Figura 9). Su presencia en España tuvo lugar sobre los años 90 con la importación de palmeras infectadas por la plaga procedentes en mayor medida de Egipto e Indonesia.

Este coleóptero es conocido en su zona de origen por ser una plaga natural de la palmera cocotera *Cocos nuccifera*, no obstante, su amplia capacidad adaptativa y su llegada al norte de África le ha permitido ser plaga de la palmera datilera *P. dactylifera*, una palmera considerada baja en nutrientes y tejido muy fibroso y con su llegada a Europa de la palmera canaria *P. canariensis*, convirtiéndose en la palmera más vulnerable frente a esta plaga, por su alto contenido en nutrientes, factor muy atractivo para el coleóptero.

La primera aparición en España de este insecto tuvo lugar en Granada (Almuñécar) en 1995, con su consiguiente extensión hacia las costas de Málaga y Granada (Motril). Posteriormente, se expandió por toda la costa andaluza hasta que, finalmente en el año 2004, se detectó la plaga en el palmeral de Elche (considerado el mayor palmeral de Europa) situado en la Comunidad Valenciana.



Figura 9. Evolución geográfica de la plaga
Fuente: Web "Sospalm" (20/06/2018)

En un principio se relacionaba esta plaga con temperaturas características de las zonas costeras del Mediterráneo, descartándose que existieran otros municipios del interior de la Península Ibérica. Actualmente hay evidencias claras de que la plaga se ha expandido por todo el territorio español en ciudades como Badajoz, Zaragoza, Madrid, Pontevedra, Ávila, etc.

Esto se explica por la gran capacidad de adaptación que sitúa a la plaga en una de las más mortíferas a nivel mundial, ya que ha pasado de zonas tropicales con temperaturas entre 25-35 °C y humedades relativas del 90% como es el sureste asiático a zonas como el norte de África con temperaturas muy bajas por la noche <0 °C y temperaturas muy altas durante el día > 40 °C.

1.2.2 Importancia económica

Como ya se ha comentado, el picudo rojo es una especie invasiva que con su llegada a España y en concreto a la zona del mediterráneo supuso la desaparición de un elevado número de especies de palmeras causando graves daños económicos en viveros y administración pública, además del gran impacto visual que causa la pérdida del patrimonio y la biodiversidad. En los años 2006-2008 comenzó la urbanización masiva en las zonas del litoral promoviendo una demanda importante de palmeras para ajardinamiento, estas, provenientes en mayor medida de Egipto con niveles de infestación muy elevados, provocaron solo en la administración pública de Andalucía un gasto de 16 millones de euros, arrancando un total de 3.982 palmeras.

Desde el año 2006 y hasta el año 2009 la Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia taló un total de 4.516 palmeras, la mayor parte de ella *Phoenix canariensis*, pero en el año

2009 se dejó de talar las palmeras por parte de la Consejería pasándole la competencia de la tala a los ayuntamientos, algunos de los cuales redactaron ordenanzas para que los propietarios de palmeras fueran los encargados de la eliminación de las palmeras de su propiedad, pudiendo someterse a sanciones en el caso de que no se cumpliera con las medidas fitosanitarias de obligado cumplimiento (Dolores Corral, 2013).

En el caso de la Comunidad Valenciana entre los años 2004-2009 se destruyeron hasta 19.677 palmeras, la mayoría de la especie *P. canariensis*, ocasionando tanto a la administración pública como al particular pérdidas por valor de aproximadamente 27 millones de euros. Esta información ha sido extraída de un artículo del periódico Levante en el año 2011 debido a la dificultad de encontrar en las páginas web oficiales del ministerio el impacto económico que ha supuesto la plaga del picudo rojo.

Por otra parte, Elche es considerada la capital de Europa en producción de dátiles y el declive de su cultivo fue consecuencia de la llegada del picudo rojo, el cual provocó en 2014 la tala de 49.254 palmeras en la ciudad y en los 6 primeros meses del año 2015 se llegaron a talar hasta 27.816 palmeras por este mismo motivo, la mayor parte de estas palmeras se encontraban en viveros, los cuales se encontraban obligados a aplicar tratamientos cuando se detectaba la existencia de la plaga o a destruir las palmeras, un coste que muchos de ellos no pudieron asumir (Serrano, 2018).

1.2.3 Biología y ecología

El picudo rojo es una especie de la orden Coleóptera perteneciente a la familia Curculionidae. Se trata de un insecto de aproximadamente 3,5 cm, de un color marrón rojizo muy característico y un rostro muy alargado que acaba en forma de pico. Este coleóptero, como todos, es holometábolo, lo que significa que presenta una metamorfosis completa, pasando por 4 estadios biológicos (huevo, larva, pupa, y adulto) (Figura 10).



*Figura 10. Ciclo biológico del picudo rojo
Fuente: Universidad Miguel Hernández*

Como se puede observar en la imagen el ciclo comienza con la puesta de los huevos en el interior de la palmera pudiendo poner cada hembra unos 300 huevos aproximadamente. Una de las características más significativas de las hembras es la capacidad de fraccionar la puesta hasta en 3 localizaciones distintas, permitiéndole poner huevos en zonas diferentes de la misma palmera o de palmeras cercanas.

Los adultos machos, que se encuentran tanto en las palmeras sanas como en las enfermas, liberan unas feromonas con la finalidad de atraer a las hembras para agregarse y aparearse.

Estas, una vez atraídas y fecundadas, realizan perforaciones tanto en los brotes, base de la hoja, heridas y cicatrices de las palmeras con la finalidad de depositar los huevos, posteriormente los protegen tapando los agujeros.

Los huevos eclosionan a los 3-5 días de la puesta, comenzando las larvas a alimentarse de los tejidos jóvenes de la planta, excavando galerías en el interior de la palmera provocando a medio plazo la muerte del ejemplar. Desde que las larvas salen del huevo pasan por 9 estados larvarios, en los cuales el tamaño de la cabeza y el cuerpo aumentan según avanza su desarrollo (Figura 11).



Figura 11. Estados larvarios del picudo rojo
Fuente: Universidad Miguel Hernández (03/09/2018)

A los 45-60 días, las larvas en estado L-9 (la imagen de abajo a la derecha) se alimentan de la zona más externa del estipe, zona más rica en fibras, que utilizarán en la construcción del capullo. Una vez dentro del capullo pasarán por los estadios de pupa para completar su reorganización física y en el plazo de un mes convertirse en adulto.

El picudo rojo es un insecto con alta capacidad reproductiva, que en las condiciones ambientales de la zona mediterránea completa su ciclo en apenas 3 o 4 meses, lo que significa que puede presentar voltinismo, es decir, hasta 3 generaciones en un mismo año. Solo abandonan la palmera los insectos en estado adulto y lo hacen cuando esta ya no puede acoger a la próxima generación o cuando en ella ya no queda material vegetal sano para poder alimentarse.

Los adultos machos, que son los primeros en abandonar la palmera en la que se encuentran hospedados, se sienten atraídos por unas sustancias volátiles liberadas por las palmeras, denominadas kairomonas. Esta liberación de sustancias se produce como resultado de heridas realizadas en la palmera por golpes o podas.

Según los estudios realizados por Ávalos *et al.* (2013) el picudo rojo es capaz de recorrer distancias muy largas en un solo vuelo sin interrupción, siendo la distancia máxima alcanzada en campo de 11.244 m y de 20 km en el caso del ensayo en laboratorio. No obstante, más del 63% de los individuos recorren una distancia inferior a los 100 m, clasificándose su tipo de vuelo como corto.

1.2.4 Sintomatología del ataque por picudo rojo

La sintomatología varía en función de la especie de palmera, siendo los síntomas que a continuación se detallan los propios de *P. canariensis*.

Algunos de los síntomas visuales que se pueden encontrar en las palmeras afectadas por el picudo rojo son:

- Hojas tiernas centrales comidas o con punta de flecha
- Hojas tiernas del penacho central decaídas y con coloraciones parduzcas
- Hojas de la corona desplomadas
- Orificios en las tábalas de la balona y del estípite
- Hojas externas caídas a causa de un desgarró a nivel de inserción con el tronco
- Restos de pupas entre tábalas y hojas

En *P.dactylifera* los síntomas propios además de los ya mencionados coincidentes con los de *P.canariensis* son los ataques laterales al estipe y los ataques basales, siendo una vía de entrada las raíces adventicias o los hijuelos propios de esta especie.

1.3 Métodos de control de la plaga actuales

Los graves daños ocasionados por la plaga han despertado el interés por encontrar la solución idónea a este problema. Actualmente se pueden encontrar numerosos estudios que proponen diferentes métodos de actuación y control del picudo rojo, siendo muchos de ellos complementarios entre sí.

1.3.1 Control físico

La colocación de trampas, y el saneamiento manual o mecánico, son algunas de las técnicas que se utilizan actualmente como control físico de picudo rojo.

La colocación de trampas tiene como objetivo el monitoreo y captura masiva de los coleópteros, reduciendo de esta forma la población. Estas trampas no están consideradas como una solución a la plaga de forma individual, pero si resultan muy eficaces conjuntamente con otros métodos, además de permitir la obtención de información sobre la presencia y persistencia de la plaga. No obstante, mencionar, que en las conclusiones obtenidas en los estudios realizados por Llorens *et al.* (2012) se indica que “mas del 30% de los adultos de picudo rojo no acceden directamente a la trampa por lo que si la trampa se colocara en el estípite de la palmera, se incrementaria el riesgo de que los picudos atraídos, accedieran a la palmera en lugar de entrar en la trampa”.

La cirugía o saneamiento se basa principalmente en la eliminación de partes afectadas de la palmera, es un método utilizado en palmeras que se encuentran gravemente afectadas, pues uno de los principales problemas que presentan es la pudrición de tejidos y la consiguiente infección por

hongos, por tanto, con este método se consigue eliminar formas vivas de la plaga o la aparición de enfermedades fúngicas; además de determinar si la yema apical está afectada o no.

La finalidad del **uso de microondas** no es otra que la de emitir microondas que eleven la temperatura del árbol durante 30-50 min hasta que el picudo rojo muere por hipertermia, que consiste en que las partículas de agua del insecto friccionan entre sí y provocan la muerte del coleóptero. El riesgo de este método es que la determinación de la humedad en el interior de la palmera dificulta establecer el tiempo de aplicación de las microondas, por tanto, un exceso de tiempo puede provocar la muerte de células del ejemplar.

1.3.2 Control biológico

Numerosos son los estudios realizados sobre el control de picudo rojo a partir de organismos vivos capaces de controlar la población de la plaga en una palmera afectada. El control biológico se emplea como una técnica alternativa al uso de productos químicos, no obstante, este método resulta muy útil como preventivo. De esta forma, se consigue reducir el uso de productos fitosanitarios, teniendo en cuenta las problemáticas de estos en zonas urbanas públicas.

Los depredadores autóctonos participan en la disminución de la población de la plaga de forma natural. En el palmeral de Orihuela han tratado de frenar la expansión del picudo favoreciendo la cría de mochuelos y carracas. Aunque no se considera una solución para el control de la plaga, son útiles como método preventivo y complementario a otros métodos (Figura 12).



*Figura 12. Ave depredadora de picudo rojo(carraca)
Fuente: www.yporquenounblog.com (16/07/2018)*

El uso de nemátodos y hongos entomopatógenos son técnicas biológicas con buen carácter preventivo. La forma de aplicación de los nemátodos es mediante ducha directamente al cogollo o balona con abundante caldo, procurando que penetre totalmente por la inserción de las hojas. El

microorganismo nemátodo (*Steinernema carpocapsae*) entra en contacto con la larva y penetra dentro de él por sus aperturas naturales, alimentándose de sus jugos internos y liberando una toxina que provoca la muerte de la larva. Los hongos entomopatógenos como la *Beauveria bassiana* colonizan el insecto hasta su muerte, además hasta que ello ocurre, el picudo adulto se convierte en vehículo de transmisión del hongo a otras palmeras, no obstante, el comportamiento del hongo depende de la humedad y temperatura, siendo ésta, esencial para su eficacia. La forma de aplicación de éste último es mediante espolvoreo en la balona.

1.3.3 Control químico

El control del picudo rojo mediante productos fitosanitarios es actualmente el método más empleado y eficaz. Este control se puede realizar mediante ducha foliar (pulverización directa al cogollo de la palmera) o mediante la técnica de endoterapia (inyecciones directas al tronco del producto fitosanitario). A pesar de ser muchas las materias activas estudiadas que presentan buenos resultados en la aplicación de ducha foliar, la tendencia actual es eliminar tanto en ámbitos públicos como privados algunas materias activas por su alto nivel de toxicidad no sólo para las personas sino para el medio ambiente y particularmente las abejas, sensibles a los neonicotinoides.

Por otro lado, también se debe tener en cuenta la excesiva humedad que se aporta a la palmera después de un tratamiento con ducha foliar (Figura 13), pues la dificultad de penetración del líquido en la misma hace que se precise de una cantidad de caldo muy elevada generando un entorno idóneo para el desarrollo de hongos que puedan provocar la muerte del ejemplar.



Figura 13. Ducha foliar y endoterapia en *P.canariensis*
Fuente: www.Sospalm.com (16/07/2018)

El sistema de protección bajo la técnica de endoterapia (Figura 1.13) se basa en aplicar el producto fitosanitario sistémico mediante una inyección al tronco de forma que sea la savia la encargada de translocar el insecticida hacia la zona donde pudiera existir el ataque. Las larvas del picudo al ingerir los tejidos del interior de la palmera mueren por intoxicación y/o contacto al contener éstos el producto químico. Se considera una alternativa y/o complemento a la ducha foliar que evita la dispersión del insecticida en el medio ambiente, sin crear las condiciones óptimas para el desarrollo de los hongos en la balona.

2. Objetivos del trabajo

En el Real Decreto 1311/2012 de 14 de septiembre BOE(15/09/2012), por el que se establecía el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los productos fitosanitarios, mediante la reducción de los riesgos y efectos del uso de plaguicidas en la salud humana y el medio ambiente, aparecía, entre las muchas novedades que trajo dicha publicación, la dedicada a la regulación específica de los tratamientos con productos fitosanitarios en los denominados ámbitos distintos a los de la producción agraria.

Cada año son menos las materias activas autorizadas para ducha foliar en el ámbito de parques y jardines cuya finalidad es la de reducir los riesgos y efectos nocivos de las mismas sobre la salud humana y el medio ambiente. Esto explica la razón por la que han surgido, en los últimos años, numerosas técnicas alternativas para el control de plagas y enfermedades.

El presente trabajo muestra la eficacia de una técnica de endoterapia, totalmente respetuosa con el medio ambiente y el ser humano, denominada “Sospalm”, basada en la inyección del producto fitosanitario mediante una cánula plástica instalada en el estípite de la palmera, aprovechando su anatomía y fisiología, de forma que los mismos haces vasculares de la palmera translocan el insecticida hasta llegar el cogollo.

Cabe destacar que la finalidad del presente trabajo no es la de obtener unos resultados cuantificables sobre la evolución de las palmeras, si no poder determinar, a partir de los síntomas visuales y auditivos y el estado inicial de los ejemplares, cómo han respondido éstos, frente a un tratamiento de endoterapia y de qué forma se puede evaluar su respuesta visualmente.

Con el objetivo de conocer el impacto económico que conlleva la implantación de este sistema, se realiza una comparativa económica de los costes de instalación y mantenimiento de la técnica “Sospalm” frente a otros métodos de control del picudo rojo.

3. Material y métodos

Este tercer apartado aborda 3 partes: los fundamentos teóricos del sistema “Sospalm” en los cuales se basa el estudio; la metodología empleada durante el ensayo; y por último la descripción del ensayo experimental (material vegetal empleado, equipos de medida y toma de datos).

3.1 Fundamentos teóricos del sistema “Sospalm”

Para el estudio de los principios fundamentales en que se basa el sistema de endoterapia “Sospalm”, es necesario introducir previamente algunos conceptos sobre la endoterapia.

La inyección de sustancias en las especies arbóreas es una técnica muy antigua que se remonta a la época helenística. Su utilización con fines terapéuticos se viene utilizando desde mediados del siglo XX en el marco de la lucha contra plagas y enfermedades de las plantas.

La técnica de endoterapia ha sido foco de investigaciones en cuanto a las consecuencias anatómicas y sanitarias que provocan las heridas producidas en los árboles y sobre todo en los mecanismos de cicatrización de las diferentes especies a las cuales se les practica dicha técnica.

Como se ha comentado anteriormente, la fisiología y anatomía de los árboles difiere en gran medida de la de las palmeras. En las especies arbóreas, la madera situada en el corazón del tronco se encuentra formada por células muertas y, por tanto, son incapaces de activar mecanismos que produzcan resistencia cuando se produce una herida, algo muy distinto ocurre en las palmeras, pues la totalidad del estípite se encuentra formado por tejidos vasculares y parenquimáticos que permanecen vivos. La zona del tronco o estipe donde se encuentran los haces vasculares activos en cada especie justifica la profundidad a la que se realizan las inyecciones, punto óptimo de descarga del insecticida. En especies arbóreas las profundidades de inyección no son más de 8 a 10 cm, descargando el insecticida en los anillos donde se encuentran los haces vasculares activos. En el caso de las palmeras, la profundidad es mayor ya que como se ha comentado, la totalidad del estipe cuenta con dichos haces.

Algunas especies de palmeras como *P. dactylifera* pueden tener el estipe ramificado o varios brazos emergiendo de la base, en este último caso en cada brazo se inyecta como un estipe individual.

La endoterapia se emplea cada vez con mayor frecuencia, no obstante, como cualquier técnica, su mal uso puede provocar problemas sanitarios y biomecánicos, por lo que se debe recurrir a buenas prácticas para asegurar el éxito y que ésta no acarree problemas mayores.

El sistema de endoterapia "Sospalm", surge de la necesidad de encontrar un método alternativo a la aplicación foliar de productos químicos; además de la necesidad de prevenir y controlar la plaga del picudo rojo con su llegada a territorio español, puesto que la mayor parte de palmeras se encuentran situadas en zonas de ámbito público como son los parques y jardines, y el nivel de exposición humano a ciertas técnicas de aplicación foliar mediante productos químicos es muy elevado y perjudicial.

Como ya se ha comentado la técnica de endoterapia no es una técnica innovadora de tiempos actuales, sin embargo, si es innovador el sistema que se emplea para practicarla. En la endoterapia tradicional un requisito indispensable es el de realizar perforaciones con la misma frecuencia que se inyecta, es decir, se perfora el tronco, se inyecta el producto fitosanitario y se vuelve a tapar.

El sistema de endoterapia "Sospalm" se diferencia concretamente en esa cuestión, ya que desarrolla una cánula plástica (piqueta) que permanece fija introducida en el estípite de la palmera, sin necesidad de realizar perforaciones en cada repetición del tratamiento (Figura 14).



*Figura 14. Piqueta "Sospalm" instalada en palmera
Fuente: www.Sospalm.com (01/08/2018)*

Weiner y Liese (1995) mencionan en su artículo el proceso de respuesta de las palmeras ante una herida, que son: necrosis, sección en tabiques de las células del parénquima, y secreción de compuestos fenólicos y geles ácidos que contienen pectina ,para que esto se produzca las células heridas deben haber entrado en contacto con el aire.

Tras años de investigación y desarrollo, "Sospalm", comprobó que una herida sin entrar en contacto con el oxígeno evita la necrosis y la sección en tabiques de las células del parénquima, manteniendo los haces vasculares funcionales, base del fundamento del modo de uso del sistema, ya que al realizar la instalación de la cánula plástica fija (piqueta "Sospalm") en el estipe, ésta, se encuentra cerrada y se sella evitando cualquier tipo de contacto con el exterior. De esta forma la palmera no interpreta que con la perforación se le ha provocado una herida, manteniendo los haces vasculares activos para translocar los productos químicos que se inyectan.

3.2 Justificación del diseño "Sospalm"

El diseño de la piqueta "Sospalm" es producto de un estudio exhaustivo del comportamiento de la palmera, de la plaga del picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*) y de una continuada búsqueda de soluciones frente a los problemas surgidos en el momento, relacionados con sistemas de aplicación anteriores, como la posible manipulación por personal ajeno e intoxicaciones por los productos químicos aplicados.

La piqueta "Sospalm" (Figura 15) se caracteriza por ser una cánula de material plástico de color verde. Su longitud puede ser de 15 cm o 25 cm, decidiéndose que longitud es la idónea según el diámetro del estípote de la palmera. A lo largo de la piqueta se pueden encontrar unos orificios laterales además de una punta perfilada (apertura donde finaliza la piqueta), de esa forma el producto aplicado tiene varias vías de escape, se favorece su difusión y el contacto del producto con haces vasculares, lo que permite mayor cobertura.

La piqueta cuenta con un tapón hermético que mantiene el cierre estanco con una anilla de sujeción, se trata de un cierre de tipo Allen, el cual dificulta la manipulación por personal ajeno y con unas espoletas para favorecer la estanqueidad.



Figura 15. Diseño de la piqueta "Sospalm"
Fuente: [www."Sospalm".com](http://www.) (01/08/2018)

Según los estudios realizados por Llorens *et al.* (2014) sobre el estado sanitario del punto de instalación de la piqueta "Sospalm" después de 4 años de uso, en palmeras instaladas en marzo del

2010, inspeccionadas en abril del año 2014, no se aprecia necrosis y se mantiene intacta la capacidad de translocación del insecticida inyectado.

3.3 Metodología

La parte experimental del estudio se ha realizado siguiendo los protocolos de actuación del sistema “Sospalm” marcado por los resultados obtenidos en los ensayos realizados años anteriores por la Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural en colaboración con la Catedra Palmeral d’Elx de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

La metodología marcada por el protocolo de instalación, dosificación y aplicación es requisito indispensable para la efectividad del sistema de endoterapia “Sospalm”. En el anejo II se puede encontrar el mencionado protocolo.

Instalación de la piqueta.

En primer lugar, se numerarán los materiales necesarios para la instalación de la piqueta en el estípite de la palmera:

- Taladro
- Broca de 8 x 450 mm de madera
- Piqueta “Sospalm” de 15 o 25 cm
- Mástic de poda para mantener la estanqueidad
- Martillo de vinilo

Para comenzar cabe destacar que para la instalación de la piqueta “Sospalm” no es necesario realizar el cepillado del estípite, siempre y cuando se elimine una tábala de la zona donde se quiere perforar y se mantenga la estanqueidad en el área del orificio.

Usando un taladro y una broca, se practica una perforación en el estípite de la palmera con una inclinación de 45 ° hacia abajo para favorecer la entrada del líquido, pues éste viaja a

través de la cánula por gravedad. Se debe perforar con una broca hasta el centro del tronco, donde se encuentra el mayor número de haces vasculares. El orificio que se practica con la broca tiene una longitud de 45 cm (debe introducirse toda la broca repetidas veces para sacar al exterior la viruta), teniendo en cuenta que la piqueta mide como máximo 25 cm, hay un hueco de 20 cm denominado cámara de difusión, donde se acumula el producto para ser translocado por la savia hasta la parte aérea.

La altura a la que se realiza el punto de instalación depende de la especie, siendo recomendada en *P. dactylifera* y *Washingtonia sp.* una instalación lo más próxima al suelo por su

vulnerabilidad a los ataques basales. En *Phoenix canariensis* al no ser frecuentes los ataques laterales y basales se recomienda instalar a 1,5 m aproximadamente para facilitar las labores a los operarios. Tal y como mencionan los estudios realizados por Llorens *et al.* (2014), la altura de la palmera no condiciona el punto de instalación ya que el insecticida translocado por la savia llega al meristemo apical sin importar la distancia entre el punto de instalación y el meristemo.



Figura 16. Ataque basal en *P. canariensis*
Fuente: www.hoy.es (2/08/2018)

El nº de piquetas por palmera a instalar depende de la especie en cuestión, véase tabla 1.

Tabla 1. Número y forma de instalación de las piquetas "Sospalm"

ESPECIE	N.º DE PIQUETAS	FORMA
<i>Phoenix canariensis</i>	Por tener estípote ancho se aconseja instalar 3 piquetas "Sospalm"	En forma de estrella, con una separación de 120º y a la misma altura.
<i>Phoenix dactylifera</i>	Por tener estípote más estrecho se aconseja instalar 2 piquetas "Sospalm"	Con una separación de 180º
<i>Washingtonia sp.</i>	Se recomiendan instalar entre 2 y 3 piquetas "Sospalm" dependiendo de la especie	En forma de estrella, con una separación de 120º y a una altura cercana al suelo (vulnerable a ataques basales)

Una vez realizado el orificio, se inserta la piqueta "Sospalm" con las espoletas en vertical, ayudándose con un martillo. Como se ha comentado en el apartado anterior, la estanqueidad del orificio es un factor limitante a la hora de la efectividad del sistema por lo que se debe pintar el cuello de la piqueta con un mástic sellador empujando la piqueta hasta acabar de introducirla y que haga tope con el tronco (figura 17).



Figura 17. Matener estanqueidad con un mástic sellador

Dosificación y aplicación del producto

Para poder realizar una buena inyección con garantías de efectividad, en primer, lugar, se debe elegir la materia activa a emplear, pues el comportamiento de ésta al ser mezclada varía. Las materias activas con registro a fecha del ensayo en España son 4: imidacloprid 20%, abamectina 1,8%, tiametoxan 25% y acetamiprid. Como se ha comentado, cada materia activa tiene un comportamiento al ser mezclada, además de una persistencia distinta, a continuación, se detallan las cualidades de cada una de ellas. Cabe destacar que todas estas materias activas tienen actividad sistémica.

- Imidacloprid 20%. Cloronicotinilo con actividad insecticida por vía sistémica y residual, actúa por contacto e ingestión siendo absorbido tanto por vía radicular como foliar. Un dato importante que tener en cuenta con los productos que contengan imidacloprid 20% es que mezclado junto con agua tiende a cristalizar imposibilitando a los haces vasculares de la palmera translocarlo. A partir de los resultados obtenidos en “el ensayo para determinar la eficacia por endoterapia, de imidacloprid disuelto en diversos disolventes, para el control del picudo rojo de las palmeras” realizado por Llorens *et al.* (2013) se concluye que esta materia activa disuelta en un abono líquido a base de microelementos, denominado “Sospalm” líquido, no cristaliza y, por tanto, permite a los haces vasculares de la palmera translocarla.

- Abamectina 1,8%. Acaricida/insecticida con actividad sistémica, que actúa por contacto e ingestión, siendo absorbido tanto por vía radicular como foliar. Los productos que contienen esta

materia activa no tienen problemas al ser mezclados. Por tanto, pueden ser mezclados tanto con agua destilada con “Sospalm” líquido, aunque se sugiere el uso de “Sospalm” líquido.

- Tiametoxan 25%. Se trata de un neonicotinoide de segunda generación, sistémico, con actividad insecticida por contacto e ingestión. El único producto comercial con esta materia activa se llama Actara y es polvo, lo que lo obliga a mezclarlo con un disolvente. A pesar de tener fácil disolución con agua destilada o “Sospalm” líquido alguno de los excipientes del producto no se diluye, obligando a realizar la mezcla y dejar que repose alrededor de 10 minutos, posteriormente la mezcla presenta 2 estados, una fase líquida y una fase sólida (la precipitación de los mencionados excipientes), usando para la inyección únicamente la parte líquida. Según el ensayo realizado en palmeras canarias por Llorens *et al.* (2013) sobre el efecto curativo y la persistencia de tiametoxan, los tratamientos realizados a 60 días con esta materia activa se muestran bastante efectivos en ese tipo de palmeras para picudo rojo. Lo que significa que la persistencia del insecticida le confiere a la palmera un mayor tiempo de protección.

- Acetamiprid 20%. Se trata de un neonicotinoide, sistémico con actividad insecticida presentando en forma de polvo soluble, posee actividad larvicida y ovicida. En este caso, la mezcla también se puede realizar con agua destilada o “Sospalm” líquido, aconsejándose por los micronutrientes que aporta el “Sospalm” líquido.

La eficacia de estas 4 materias activas se demuestra a partir del ensayo realizado por Llorens *et al.*, (2012), sobre la eficacia de 10 productos insecticidas inyectados en el tronco de la palmera mediante piquetas “Sospalm”, en una parcela privada situada en las Bayas (Elche), en el cual se concluye que las palmeras instaladas con el método “Sospalm” e inyectadas con la materia activa Imidacloprid (20%), tiametoxan 25%, abamectina 1,8% y acetamiprid 20% se encuentran sanas.

A continuación, se adjunta una tabla con las dosis recomendadas y las repeticiones oportunas de cada materia activa.

Tabla 2. Dosis y tiempo de protección de las materias activas.

materia activa	dosis/ piqueta	tiempo de protección
imidacloprid 20% + "Sospalm" líquido	3 cm ³ imidacloprid 20% + 10 cm ³ "Sospalm" líquido	hasta 30 días
abamectina 1,8% + "Sospalm" líquido/agua destilada	6,5 cm ³ abamectina 1,8% + 6,5 cm ³ "Sospalm" líquido/agua destilada	hasta 30 días
tiametoxan + agua destilada	2 g tiametoxan + 10 cm ³ agua destilada	hasta 60 días
acetamiprid 20% + "Sospalm" líquido/ agua destilada	2 g acetamiprid + 10 cm ³ "Sospalm" líquido/agua destilada	hasta 30 -45 días

Una de las ventajas que presenta la endoterapia "Sospalm" frente a las demás técnicas, es la posibilidad de emplear diversas materias activas con la finalidad de evitar resistencias de la plaga; además de poder emplear ciertas materias activas en lugares y/o épocas donde no se puedan como por ejemplo mediante ducha foliar.

Cabe destacar que la frecuencia de las repeticiones del tratamiento depende del estado en el que se encuentren las palmeras, habiendo dos protocolos de actuación en cada caso, el primero sería para aquellos ejemplares que se encuentren atacados con síntomas externos visuales, el cual se llamaría protocolo curativo y la frecuencia de las repeticiones sería cada 15 días; el segundo protocolo sería para aquellos ejemplares que aparentemente no presenten síntomas pero tengan un riesgo potencial de ataque. Ambos protocolos se adjuntan en el Anejo II.

Ensayo

La metodología empleada en el ensayo es la citada anteriormente, no obstante, a continuación, se detalla el tiempo de duración del ensayo, así como la materia activa empleada y la frecuencia en las repeticiones.

Al no tratarse de un ensayo para demostrar la eficacia de las materias activas, si no la eficacia del método "Sospalm", se decide emplear para realizar las inyecciones 3 cm³ de Imidacloprid (20%) y 10 cm³ de "Sospalm líquido" piqueta, básicamente por la facilidad de aplicación de esta solución, aunque cualquiera de las 4 materias activas detalladas anteriormente es igual de eficaz.

La duración del ensayo tiene lugar durante 5 meses comprendidos entre el 12 de mayo de 2018 al 15 de octubre de 2018, siendo el 12 de mayo el día de la instalación del sistema en las palmeras seleccionadas y el primer día de inyección.

Dado el estado de gravedad en el que inicialmente se encuentran algunos de los ejemplares, las repeticiones de aquellos con evidencia de ataque se han realizado cada 15 días (protocolo curativo). Una vez se han tomado evidencias de la evolución favorable de cada una de las palmeras se ha continuado el tratamiento con el protocolo de actuación preventivo, repeticiones cada 30 días.

Como metodología de refuerzo para analizar internamente el estado evolutivo de las palmeras, se ha empleado un estetoscopio para auscultar los estípites de cada una de las palmeras, ya que a través de él se puede escuchar el sonido que producen las larvas comiendo en el interior de estas, esta metodología esta basada en el trabajo de final de grado realizado por Jorge (2015) sobre la técnica de ultrasonidos para la detección, bajo simulación en laboratorio, de galerías producidas por el picudo rojo en *P. canariensis*.

La comparativa de costes económicos que se adjuntan en el Anejo I de las distintas endoterapias y de la ducha foliar se ha elaborado a partir de la información facilitada por parte de las casas comerciales vía telefónica.

3.4 Ensayo experimental

El ensayo se ha realizado en una parcela privada de la playa de Nules, Castellón (figura 18).



Figura 18. Croquis de situación de palmeras

3.3.1 Material vegetal

El ensayo de eficacia se ha realizado sobre 12 ejemplares del género *Phoenix* sp. y *Washingtonia* sp. Se trata de palmeras de diferente edad, altura y grado de infección con la finalidad de poder extrapolar la eficacia del sistema a diferentes situaciones y especies.

De las 12 palmeras del ensayo, 6 de ellas son *Phoenix canariensis* y con una altura de 6 m (Figura 19).



Figura 19. Palmeras canarias de 6 metros de altura

De la misma especie *Phoenix canariensis*, se encuentran dos palmeras de una altura de 3



6

7

metros aproximadamente (Figura 20).

Figura 20. Palmeras canarias de 3 metros de altura

Del género *Washingtonia sp.* se encuentran 3 *W. filifera* de aproximadamente 6 m y una *W. robusta* de 12 m (Figura 21).

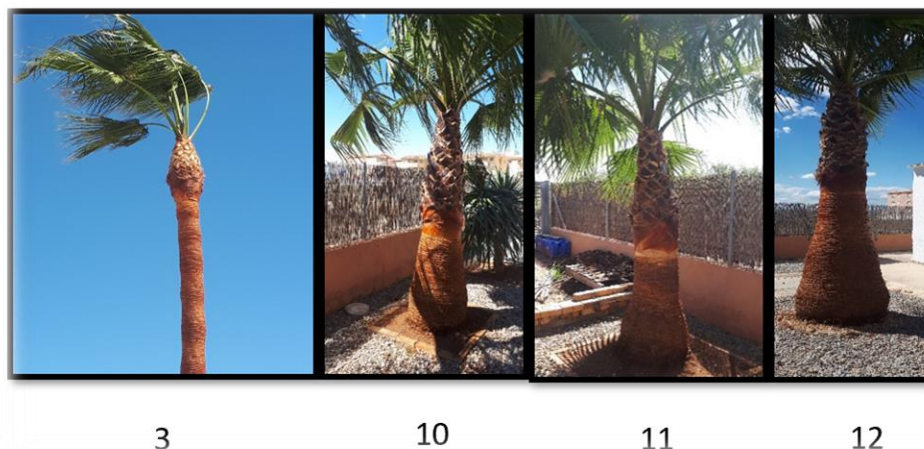


Figura 21. Palmeras del género *Washingtonia* sp.

Cabe destacar que estas fotografías fueron tomadas el día de inicio del ensayo, es decir, previo a la instalación del sistema “Sospalm” se realizan las fotografías y se analiza el estado inicial y los síntomas que se encuentran en cada una de las 12 palmeras por la infestación de picudo rojo. La evaluación de daños se califica en “muy grave”, “grave”, “intermedia” y “sin síntomas aparentes”.

PALMERA Nº 1. Se trata de una palmera de la especie *P. canariensis* a la cual, previamente a la intervención de la técnica “Sospalm”, el propietario realiza un saneamiento de palmas infestadas (cirugía) dada la gravedad de la infestación, esta cirugía ha provocado una necrosis del cogollo al no protegerlo del sol mediante una malla de tela. La evaluación de esta palmera se califica como “muy grave” a causa de ser una palmera que no ha brotado tras realizarse el saneamiento de palmas, no obstante, a pesar de visualmente parecer “muerta” se notan evidencias de que sigue habiendo translocación de savia por lo que se sigue incluyendo a esta palmera en el ensayo.

PALMERA Nº 2. Se trata de una palmera de la especie *P. canariensis* a la cual calificamos con un nivel de infección de “grave” ya que se aprecian numerosas secreciones (orificios) y serrín provocados por la larva en la zona de la balona y en el estípote, se percibe cierta asimetría en la morfología de las palmas, lo que indica que parte del cogollo está afectado y por ello tiende a inclinarse. Numerosas palmas se encuentran mordidas.

PALMERA Nº 3. Se trata de una palmera de la especie *W. robusta* a la cual calificamos con un nivel de infección “sin síntomas aparentes” puesto que no se aprecian secreciones, la asimetría de las palmas se encuentra en buen estado y no hay evidencias de palmas mordidas. No obstante,

dada la cercanía que presenta a las demás palmeras gravemente infectadas, se decide incluirla en el ensayo con el protocolo preventivo.

PALMERA Nº 4. La palmera nº 4 pertenece a la especie *P. canariensis*. Esta palmera se califica con un nivel de infección “grave” por la morfología asimétrica de las palmas, las numerosas secreciones en balona y estípite y la evidencia de palmas mordidas.

PALMERA Nº 5. Se trata de una *P. canariensis*, calificada con un nivel de infección “intermedio”, ya que se evidencian algunas secreciones en la zona de la balona y alguna palma mordida pero no se encuentra asimetría en la morfología de las palmas.

PALMERA Nº6. La palmera nº 6 se trata de una *P. canariensis* de aproximadamente 4 m de altura, calificada con un nivel de infección “muy grave”. Esta palmera se caracteriza por tener ataques basales que ponen en peligro la estabilidad de la propia palmera, de hecho, se aprecia cierta inclinación en el estípite hacia la zona en la que se encuentran las numerosas secreciones. Principalmente esto es debido por el alto nivel de infección de picudo rojo pero también por la infección de hongos provocada por los tratamientos con duchas foliares y la putrefacción provocada por la descomposición de la materia orgánica ingerida por la larva.

PALMERA Nº 7. El estado en el que se encuentra la palmera nº 7 es de “muy grave” ya que se encuentra un orificio de aproximadamente 15 cm de radio en un lateral del estípite, además de las incontables secreciones alrededor de todo el estípite y la inclinación que presenta la palmera hacia la zona en la que se encuentra el ataque. En el interior del orificio se puede observar el nivel de putrefacción de los tejidos vegetales, así como 17 machos, 21 hembras y 4 larvas de picudo rojo.

PALMERA Nº 8. Se trata de una palmera *P. canariensis* a la cual, previo a la instalación del sistema “Sospalm”, se le realiza una cirugía, dado el nivel de infección en el que se encuentra, saneando toda la palma para promover la brotación. Esta palmera se califica como “muy grave”.

PALMERA Nº 9. Se trata de una palmera *P. canariensis* la cual se califica como “grave” por las numerosas secreciones que se encuentran en la balona, la inclinación de las palmas hacia la parte más afectada del cogollo y las numerosas palmas que se encuentran mordidas.

PALMERAS Nº 10, 11 y 12. Se trata de palmeras de la especie *W. filifera* calificadas con un nivel de infección “sin síntomas aparentes” pues no se encuentran secreciones ni hojas mordidas, no obstante, se recurre a la misma decisión que en la palmera nº 3, no siendo un ejemplar particularmente atractivo para la plaga, se decide incorporarlo al ensayo ya que en la zona hay numerosos registros de ataques a esta especie.

3.3.2 Registro de observaciones

El registro de observaciones del presente trabajo ha consistido en una valoración visual y de la evolución que han tenido las palmeras desde el momento en el que se decide implantar la endoterapia “Sospalm”, teniendo en cuenta siempre el estado inicial de las mismas (síntomas) y la gravedad de estos, además del seguimiento por sonido (larvas masticando).

El registro se ha realizado con la misma frecuencia que las inyecciones, es decir, en la fecha programada para realizar el tratamiento se han analizado los síntomas tanto internos como externos de cada una de las palmeras y se han anotado en una tabla acompañados de fotografías para poder analizar visualmente la evolución. Las observaciones se han ido anotando en una tabla de seguimiento la cual se adjunta en el Anejo III.

Desde el primer momento se han establecido cuales son los síntomas que caben esperar en el caso de que la evolución de la palmera sea favorable, específicos para cada palmera, pues como ya se ha comentado el estado fitosanitario de cada una de ellas era muy dispar.

4. Resultados y discusión

Siguiendo la metodología empleada en el registro de las observaciones, el último día programado para realizar el tratamiento, se realiza un diagnóstico visual y auditivo final de cada ejemplar para poder evaluar su evolución.

Puesto que la intervención con el tratamiento de las palmeras correspondientes al género *Washingtonia* (palmeras nº 3, 10, 11 y 12) era meramente preventivo, ya que desde el inicio no presentaban síntomas aparentes de tener un ataque por picudo rojo, se concluye que el objetivo de protección ha resultado favorable pues las palmeras el día de finalización del ensayo continúan sin ningún síntoma aparente de infestación. Cabe destacar que el crecimiento en altura de palmas ha sido muy notable, factor que puede deberse a la inyección del “Sospalm” líquido puesto que es un producto elaborado a partir de micronutrientes (Figura 22).



Figura 22. Evolución palmeras Nº3,10,11 y 12. Día 2/11/2018

En el caso de la palmera **Nº 1** la respuesta al tratamiento no ha sido favorable, pues la palmera ha continuado sin emerger el brote y no ha habido indicios de que el ejemplar este vivo. Como se comentaba en la descripción, el estado inicial de la palmera previo a la intervención con el sistema “Sospalm” ya era crítico, puesto que el cogollo se encontraba necrosado y por tanto se la calificó en el nivel “muy grave”, aunque había movimiento de savia en el interior de la misma (síntoma que se percibía al realizar las inyecciones), la yema apical se encontraba muerta que se puede considerar que el ejemplar se encontraba muerto al inicio del ensayo.

Sin embargo, en la palmera **Nº 2** se ha evidenciado una notable mejoría en su evolución, los síntomas que han indicado (Figura 22) han sido: aumento en el número de palmas, palmas nuevas

no mordidas, brote erecto sin inclinación, simetría de las palmas y, confirmada la recuperación del ejemplar el 15 de julio de 2018, se abandona el protocolo curativo comenzando con el protocolo preventivo.



Figura 23. Evolución palmera nº2. Día 2/11/18

En las palmeras **Nº 4** y **Nº 5** han presentado una evolución favorable, distinguida por el incremento del número de palmas nuevas, la ausencia de palmas mordidas y la simetría del cogollo. Cabe destacar que a estos dos ejemplares se les practicó una poda el 15 de septiembre en la que se cepilló la balona y parte del estípote con el objetivo de sanear y eliminar palmas viejas (Figura 23).

Las palmeras **Nº 6** y **Nº 7** han sido calificadas con una evolución favorable a pesar del estado inicial en el que se encontraron. En la **Nº 6** en un principio se observó un incremento en la inclinación del estípote provocado por la pudrición de este. La misma situación ocurría en la palmera **Nº 7**, que, además presentaba un gran orificio en el estípote, el cual, comprometía la estabilidad de la palmera. Aunque en un primer momento se observó que la evolución era desfavorable puesto que no se apreciaba cogollo y las palmas iban desplomándose, esto se puede apreciar en la siguiente fotografía (figura 24), en el registro de observaciones realizado el día 15 de septiembre se comenzó a observar el crecimiento del brote principal (ojo) totalmente erecto, sin lateralización y con los foliolos intactos y se dejó de percibir el sonido de las larvas comiendo en el interior de la palmera (figura 25).



Figura 24. Estado de las palmeras N°6 y N°7 a día 15/07/18



Figura 25. Crecimiento de cogollo en palmeras N°6 y N°7 a día 16/10/18

La evolución de la palmera **N° 8** y **N° 9** ha sido considerada favorable. En el caso de la palmera **N° 8** como ya se ha comentado en el apartado , se le practicó una cirugía para eliminar material vegetal infestado previa a la instalación, su evolución ha estado marcada por el crecimiento del brote principal ya que el brote principal esta creciendo rápidamente, sano y sin evidencias de

mordeduras en los foliolos, a partir del día 16 de julio de 2018 se decide pasar al protocolo preventivo puesto que los síntomas que presentan ambas palmeras son de una notable mejoría.



Figura 26. Crecimiento de brote principal en palmera Nº 9 a día 02/11/18

La palmera **Nº 9**, como ya se ha comentado, se encontraba en un nivel de infestación grave, la evolución de esta palmera se ha evidenciado principalmente por el crecimiento erecto del brote principal, pues en el momento previo al ensayo se encontraba completamente inclinado y con peligro de caída. Por otra parte, las palmas nuevas se encuentran sin mordeduras por el insecto y con el estetoscopio a partir del día 15 de agosto de 2018 parece que se dejan de oír las larvas comiendo en el interior del estípote.



Figura 27. Evolución de palmera N°9 a día 02/11/18

Estos resultados coinciden con el ensayo sobre eficacia con endoterapia “Sospalm” realizado por la Generalitat de Catalunya en el municipio de Mataró sobre palmeras canarias en los años 2011 y 2012. El ensayo mencionado concluye que los productos ensayados mediante la técnica de edoterapia “Sospalm” están ejerciendo un buen efecto de protección contra la plaga en las palmeras tratadas.

También se pueden comparar con los resultados obtenidos en el ensayo realizado en Ibiza por el Consell de Ibiza, Tragsa y los Ayuntamientos de Santa Eulària del Riu y de Sant Josep de Sa Talaia en los años 2012 y 2013, el cual concluía que, en entornos con baja y media densidad de la plaga, muestra buenos resultados y en entornos con alta densidad de plaga requiere de ser combinado con duchas foliares, manteniendo aun con dosificaciones inferiores a las recomendadas un buen nivel de protección.

En cuanto a las tablas comparativas de costes adjuntadas en el Anejo I, se observa que, teniendo en cuenta en cada sistema de endoterapia la mano de obra, coste de inversión o amortización del equipo, coste de producto y número de inyecciones por palmera y año, el sistema de endoterapia más económico es el sistema “Sospalm” seguido del sistema “Arborsystems”.

5. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos acerca de la evolución visual y auditiva de cada una de las palmeras, se puede concluir que el tratamiento de endoterapia bajo la técnica “Sospalm” ha resultado eficaz y ha mejorado el estado de los ejemplares que se encontraban gravemente afectados.

No obstante, en el presente trabajo se ha demostrado que la eficacia de la técnica “Sospalm” va completamente ligada a la realización de las buenas practicas de la misma, por lo que es requisito indispensable el cumplimiento de los protocolos de actuación marcados del sistema.

En cuanto a la comparativa de costes de los sistemas de endoterapia actuales en el mercado, se concluye que, a pesar de requerir de una inversión inicial, la técnica de endoterapia “Sospalm” resulta la más económica incluso comparada con los costes del tratamiento mediante ducha foliar, dato importante puesto que como ya se ha comentado a lo largo del trabajo, el tratamiento mediante ducha foliar presenta inconvenientes en cuanto a contaminación y en cuanto a excesiva humedad en la palmera.

Por último, cabe destacar que al ser un sistema de endoterapia que permite la complementación con otros métodos de control de picudo rojo, se concluye que la combinación de la endoterapia “Sospalm” junto con la ducha foliar es aconsejable puesto que proporcionará una mayor protección tanto a nivel interno de la palmera como a nivel externo; además de reducir el numero de aplicaciones anuales mediante ducha foliar y disminuir el impacto ambiental y la exposición del ser humano.

6. Bibliografía

- Cañizo, J.A. (2011). *“Palmeras. Todos los géneros y 565 especies”*. (3ª ed.) Madrid. Ed. Mundi-Prensa, 1150 pp.
- Dolores, J. (2013). *El picudo rojo de las palmeras. Descripción, comportamiento y daños en el término municipal de Cartagena*. Trabajo fin de grado. Cartagena, Universidad Politécnica de Cartagena.
- Estévez, A; Ferry, M. y Gómez, S. (2011) *Endoterapia en palmeras. Estudio de la eficacia y persistencia de tiametoxan en tratamientos preventivos contra el picudo rojo*. Phytoma, Vol 226, 42- 48.
- Gestión del Medio Rural de Canarias (GMR Canarias). (2016). *Trabajos en palmeras-manual de buenas prácticas*. 37 pp.
- Jorge, D. (2015). *Utilización de la técnica de ultrasonido para la detección, bajo simulación en laboratorio, de galerías producidas por el picudo rojo en palmeras *Phoenix* sp*. Trabajo fin de grado. Valencia, Universidad Politécnica de Valencia, 38 pp.
- Llorens, J.M., Esteve, R., Gamón, M. Urbán, A., Serrano, F., Ahumada, A. y Antón M. (2014). *Ensayo de presencia de residuos de diversos insecticidas en datiles y meristemas de palmeras tratadas por endoterapia*. Cátedra Palmeral de Elche- Universidad Miguel Hernández.
- Llorens, J.M., Esteve, R., Linde, N., Villena, E. y López, J.J. (2012). *Ensayo para determinar la llegada de adultos de picudo rojo, atraídos por una trampa *Picusan**. Cátedra Palmeral de Elche- Universidad Miguel Hernández.
- Llorens, J.M., Vinaches, P., Esteve, R., López, L., Ahumada, A. y Antón, M. (2011). *Ensayo para determinar el efecto curativo y a persistencia de tiametoxan, inyectado al tronco mediante piquetas “*Sospalm*”*. Cátedra Palmeral de Elche- Universidad Miguel Hernández.
- Llorens, J.M., Vinaches, P., Esteve, R., López, L., Ahumada, A., Antón, M. y Agulló, M. (2011). *Ensayo para determinar la eficacia por endoterapia, de imidacloprid disuelto en diversos disolventes, para el control del picudo rojo de las palmeras*. Cátedra Palmeral de Elche- Universidad Miguel Hernández.

- Llorens, J.M., Vinaches, P., Esteve, R., López, L., Llorens, G., Ahumada, A. y Antón, M. (2010). *Ensayo para determinar la eficacia de diez productos insecticidas en el tronco de palmeras mediante piquetas Sospalm, en una parcela situada en las Bayas (Elche)*. Cátedra Palmeral de Elche-Universidad Miguel Hernández.
- Mota, P. (2007). *Palmeras Morfología, cultivo y reproducción*. Barcelona. Ed. Omega, 152 pp.
- Moya, B; Plumed, J, y Littardi, C. (2005) *La poda de las palmeras ornamentales. Biología, ecología y gestión*. Ed. Asociación Española de Arboricultura. 266pp.
- Pierre-Olivier, A (2005) *Palmeras. Cultivo y utilización*. Barcelona. Ed. Omega, 368 pp.
- Serrano, P. (2018). "Europa financia un proyecto para recuperar el cultivo de la palmera datilera en régimen ecológico". En: <https://alicanteplaza.es/europa-financia-un-proyecto-pararecuperar-el-cultivo-de-la-palmera-datilera-en-regimen-ecologico> [consulta: 9/11/18]
- Sierra, J. (2011). *El picudo acaba con 20.000 palmeras en Levante*. En: <https://www.levante-emv.com/comunitat-valenciana/2011/02/03/picudo-acaba-20000-palmeras/779476.html> [consulta: 9/11/18]
- Sigüenza, J. (2015). *Sistemas de endoterapia en sanidad vegetal*. Trabajo Fin de Grado. Elche, Universidad Miguel Hernández.
- Weiner, G. y Liese, W. (1995). *Wound response in the stem of the royal palm*. IAWA Journal, Vol 16 nº 4, 433-442.