

MOVILIDAD Y EFICACIA DEL IMIDACLOPRID Y LA ABAMECTINA PARA EL CONTROL DEL PICUDO ROJO DE LAS PALMERAS MEDIANTE DISTINTOS MÉTODOS DE APLICACIÓN

¹ Universitat Jaume I (UJI).
Unitat Associada d'Entomologia
Agrícola UJI-IVIA.
(Institut Valencià d'Investigacions
Agràries).
Departament de Ciències Agràries i
del Medi Natural.
Castelló de la Plana.

² ENDOTerapia Vegetal (EV).
Castelló d'Empúries.
Girona.

³ Laboratorio Agroalimentario de la
Generalitat Valenciana.
EURL-Pesticide Residues in Fruit
and Vegetables.
Burjassot, València.

1. INTRODUCCIÓN

El picudo rojo de las palmeras, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae), se ha convertido, de un modo progresivo desde mediados de los 90, en la plaga más destructiva de las palmeras en la Cuenca Mediterránea, aunque también se encuentra ampliamente distribuida en la mayoría de los continentes del mundo (EPPO, 2010). En su expansión desde el sudeste asiático hacia occidente concurrió con la palmera datilera, *Phoenix dactylifera*, y más adelante con la palmera canaria, *P. canariensis*. Estas dos especies constituyen sus principales huéspedes, siendo *P. canariensis* la especie a la que mayor preferencia muestra este fitófago a consecuencia de su evolución natural en un ambiente propicio. Debido a su difícil detección en las primeras etapas de infesta-

Resumen

El picudo rojo, *Rhynchophorus ferrugineus*, es actualmente la plaga más destructiva de las palmeras en todo el mundo. Debido a su difícil detección en las primeras etapas de infestación, la utilización de medidas preventivas, sobre todo el control químico, son cruciales para controlar a esta especie. La inyección de insecticidas en el estípote de las palmeras, se ha desarrollado en los últimos años como una técnica interesante. Sin embargo, el movimiento de los insecticidas en el sistema vascular de las palmeras y el efecto de las inyecciones sobre las palmeras han suscitado polémicas, en gran parte, debido a su desconocimiento. Para ello, se inició un ensayo donde se utilizó imidacloprid y abamectina aplicados mediante inyecciones a la corona y a la base de las palmas para esclarecer cómo se distribuyen estos insecticidas en palmera canaria y cómo evolucionan los tejidos dañados por las inyecciones. Además, en condiciones de laboratorio, se estableció las dosis letales para las larvas de picudo rojo utilizando dichos insecticidas. El residuo máximo de imidacloprid ($0,1 \text{ mg kg}^{-1}$) se detectó en muestras de corona y base de palma 2 meses después de la inyección en el estípote, mientras que el residuo máximo de abamectina se encontró en las muestras de la punta de las palmas ($0,5 \text{ mg kg}^{-1}$) 5 meses después de la inyección al estípote. Basado en las dosis letales calculadas, estas dosis podrían proteger adecuadamente las palmeras hasta 3 meses después del tratamiento. Además no se detectaron daños significativos en las zonas de inyección hasta 2 años después del tratamiento.

Las inyecciones al estípote, independientemente de la materia activa utilizada, se distribuyeron mejor y tuvieron mayor persistencia en comparación con las inyecciones a la base de la palma y, sobretodo, comparado con las pulverizaciones a la corona. Como consecuencia, nuestros resultados indican que las inyecciones al estípote de las palmeras son una buena alternativa para el control del picudo rojo.

Palabras clave: Picudo rojo; Palmera canaria; Inyecciones; Imidacloprid; Abamectina; Dosis letal.

ción, las medidas de control utilizadas contra este curculiónido están basadas en el uso de productos químicos, en una gran proporción, especialmente de manera preventiva. Estos tratamientos se pueden combinar con medidas curativas incluyendo la cirugía arbórea con el fin de contener el proceso infestivo. En España, se realiza un mínimo de 8 tratamientos preventivos, que incluyen 5 aplicaciones de insecticidas por

temporada (de marzo a noviembre) todos ellos recomendados por organizaciones de protección fitosanitaria oficial (CAPAA, 2014). Sin embargo, sólo 5 materias activas están actualmente autorizadas para los tratamientos contra el picudo rojo en las zonas públicas de España. Estos insecticidas son abamectina, clorpirifos, imidacloprid, fosmet y tiametoxam. Desde mayo de 2014 se autorizó, durante 3 meses, el uso de la emamectina.

Los insecticidas se suelen aplicar regularmente mediante pulverizaciones en la corona o inyectados en el suelo (en viveros de palmeras), con el consiguiente impacto tanto sobre el medio ambiente como sobre las personas, al ser comunes las palmeras en los espacios públicos donde se utilizan con fines ornamentales. Por estas razones, las inyecciones al estípite con insecticidas sistémicos pueden ser una alternativa interesante para proteger las palmeras contra el picudo rojo, ya que este método libera directamente el producto en el sistema vascular de la palmera de una manera eficiente y respetuosa en comparación con otros métodos. Sin embargo, hay un intenso debate sobre los pros y los contras de la aplicación de esta tecnología en las palmeras (Speranza, 2008). Una de las principales objeciones está relacionada con los daños causados por la perforación que se realiza en el estípite de la palmera previo a la inyección, que pueden ocasionar invasión de insectos y patógenos dentro de la palmera.

Debido a este debate, la mayoría de los esfuerzos se orientan al desarrollo de nuevos dispositivos de inyección que minimicen posibles lesiones. Además, sería interesante encontrar zonas de inyección alternativas en la palmera donde las lesiones no fueran tan importantes (la base de las palmas, por ejemplo). Un problema añadido a la inyección de productos sistémicos en las palmeras está asociado a la estabilidad de la suspensión utilizada. Por un lado, las condiciones internas de la palmera promueven la precipitación de la materia activa que se inyecta. Por otro lado, se puede producir la precipitación rápida del compuesto incluso antes de la inyección, si el insecticida no está adecuadamente formulado para una micro-infusión (en el caso del imidacloprid) (Doccola *et al.*, 2007). Además, la prueba de impacto negativo sobre el comportamiento de los polinizadores de los

neonicotinoides cuestiona el uso de este tipo de pesticidas para el control de plagas a gran escala (Krupke *et al.*, 2012). Como último apunte, debido al desconocimiento del sistema vascular de las palmeras, poco se sabe acerca de la distribución de estos productos cuando se inyecta en las palmeras.

Por todas las razones anteriores, se llevaron a cabo unos ensayos de campo y laboratorio con los insecticidas sistémicos imidacloprid y abamectina. Estos ensayos fueron dirigidos a (1) esclarecer cómo se translocan estos insecticidas dentro de las palmeras y en qué estado quedan los tejidos dañados por inyección al estípite y (2) establecer las dosis letales de estos insecticidas contra las larvas de *R. ferrugineus*. La combinación de los resultados de ambos ensayos proporcionará datos para mejorar la eficacia y la eficiencia del control químico contra el picudo rojo (Dembilio *et al.*, 2014).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Ensayos de laboratorio

2.1.1 Cría de *R. ferrugineus*

La cría en cautividad de *R. ferrugineus* se mantenía en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), utilizando un protocolo establecido (Dembilio *et al.*, 2009). Esta cría se inició con adultos de picudo rojo capturados en la provincia de Valencia, utilizando trampas cebadas con ferrugineol (la feromona de agregación de *R. ferrugineus*) y kairomonas (acetato de etilo y trozos de palmera). Estas colonias se establecieron en 2007 y se complementaron periódicamente con la introducción de especímenes silvestres.

2.1.2 Especímenes utilizados en el ensayo

Se expusieron larvas jóvenes (L III-V; promedio de peso 441 ± 5 mg)

y las larvas maduras (L VII-IX; promedio de peso 2.730 ± 20 mg) obtenidos de la cría de laboratorio, a diferentes dosis de imidacloprid (10; 1; 0,1 y 0,01 mg m.a. kg^{-1}) y abamectina (15; 1,5; 0,15 y 0,015 mg m.a. kg^{-1}). Para cada edad larvaria, se consideraron tres repeticiones de 10 larvas por dosis. Para cada repetición, se prepararon 500 g de dieta y se añadió la cantidad correspondiente de insecticida cuando la temperatura de la mezcla bajó de los 40 °C. Esta mezcla se distribuyó en 10 viales, como los descritos anteriormente, donde se incorporaron las larvas individualmente. Estos viales se examinaron diariamente para comprobar la mortalidad hasta 30 días después de su incorporación. Las larvas se pesaron al inicio del ensayo (wt_0) y al final (wt_f) una vez muertas o cuando finalizó el ensayo a los 30 días. El diferencial de peso ($wt_f - wt_0$) fue dividido por los días transcurridos desde el inicio del ensayo y se obtuvo una tasa de crecimiento para cada edad larvaria y cada insecticida. Debido a que la abamectina se degrada rápidamente por la acción de la luz, los viales se cubrieron con papel de aluminio para evitar esta variable en los resultados finales.

2.2 Ensayos de campo

2.2.1 Localización y planificación del ensayo

Los experimentos se realizaron en un vivero de palmera canaria, *P. canariensis*, ubicado en una zona libre de picudo rojo, cerca de la localidad de Castelló d'Empúries, Girona (Lat.: 42°15'48"N; 3°10'30"E Alt: 8 m). La edad de las palmeras era de 17 años aproximadamente y estaban plantadas de manera regular en una superficie de 1300 m², la cual contenían 238 especímenes. Del total de palmeras, en Mayo de 2012 se seleccionaron para los ensayos 126 especímenes. A estas palmeras nunca se les había realizado tratamientos fitosanitarios.

2.2.2 Tratamientos insecticidas

Los productos comerciales Confidor® 20 LS (m.a. imidacloprid, Bayer Crop Science S.L., Valencia, España) y Vertimec® (a.s. abamectina, Syngenta S.L., Madrid, España) se inyectaron o se pulverizaron en diferentes concentraciones según la dosis máxima autorizada en España. Las 21 palmeras por tratamiento (pulverización, inyección al estípite y a la base de la palma) y control se trataron el 2 de mayo de 2012. Las inyecciones se realizaron utilizando el sistema de micro-infusión a baja presión desarrollado por ENDOterapia Vegetal S.L (Figura 1, pág. 175). Este sistema utiliza un solo punto de inyección. Los tratamientos por pulverización a la corona se aplicaron utilizando un pulverizador portátil de motor de combustión Honda®. Cuando los insecticidas se aplicaron por inyección, se añadió a la mezcla Endomix Palm®, desarrollado por ENDOterapia Vegetal, en proporción 1:1 con el fin de estabilizar la suspensión, evitar la precipitación y mejorar el movimiento de la sustancia activa dentro de la palmera.

2.2.3 Recogida de muestras

Se muestrearon tres palmeras por tratamiento y control 24 h después del tratamiento y a continuación mensualmente hasta noviembre de 2012. En cada fecha de muestreo (siete en total) las palmeras seleccionadas se cortaron y diseccionaron utilizando una motosierra. Se recogieron cinco muestras diferentes por palmera. Las muestras de corona y base del estípite (discos de 25 cm de diámetro) se obtuvieron de la zona central (zona vascular). Posteriormente, se seleccionaron tres palmas por palmera donde se obtuvieron las muestras de la base, zona media y punta de las tres palmas, respectivamente (Figura 2, pág. 175). Estas muestras se conservaron refrigeradas hasta llegar al laboratorio, donde se congelaron a -18 °C hasta el

momento de ser analizadas. Estas muestras se cortaron en trozos más pequeños con tijeras de podar y posteriormente se trituraron antes del análisis. Los residuos de imidacloprid y abamectina se determinaron mediante cromatografía líquida utilizando el método QuEChERS con la variación europea (EN method 15 662) (Anastassiades *et al.*, 2003; ECSTC, 2007).

2.2.4 Daños mecánicos producidos por las inyecciones

Con el fin de detectar los posibles daños mecánicos producidos por las inyecciones, se trataron seis palmeras adicionales mediante inyección al estípite, como se ha descrito previamente, utilizando Confidor®. Estas palmeras se diseccionaron y se revisaron a los 12 y 24 meses después del tratamiento.

2.3 Análisis estadísticos

En los ensayos de laboratorio, se calculó el tiempo medio de supervivencia (TMS) para cada edad larvaria y concentración de insecticida utilizado, utilizando el análisis de supervivencia Kaplan-Meier (Kaplan and Meier, 1958). Estos valores además se compararon mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Cuando se encontraron diferencias significativas, las medianas fueron separadas mediante un diagrama de caja. El peso final (w_t) para cada edad larvaria e insecticida se comparó mediante ANOVA y medias separadas de la prueba de Tukey HSD. Cuando se obtuvieron diferencias significativas, las tasas de crecimiento ($w_t - w_0 / \text{longevidad}$) se compararon usando el test no paramétrico de Kruskal-Wallis. Además, se utilizó el análisis de regresión para comprobar la relación entre esas tasas y las dosis de insecticida. Finalmente, para los días 5 y 10 después del tratamiento, se corrigió el porcentaje de mortalidad (Abbott, 1925) los cuales se transformaron en probits y se

ajustaron las correspondientes líneas probit (Software LeOra, 1987). También se utilizó la prueba de chi-cuadrado para comprobar la bondad del ajuste.

Finalmente, se verificaron los puntos de los residuos estandarizados según su ubicación dentro de una banda horizontal de ± 2 unidades sobre cero (Robertson *et al.*, 1994). En los ensayos de campo se calculó la correlación entre las concentraciones de insecticidas para cada combinación de insecticida-tratamiento de las diferentes muestras (Dembilio *et al.*, 2014).

3. RESULTADOS

3.1 Mortalidad y tasa de crecimiento de las larvas de *R. ferrugineus*

Tanto para el caso de la abamectina como el imidacloprid, a mayor dosis aplicada y menor edad larvaria, se obtuvieron menores valores de TMS. Sin embargo, a excepción de las larvas jóvenes expuestas a imidacloprid, no se observaron diferencias significativas para las dos dosis más altas de cada insecticida utilizado. Las tasas de crecimiento en las larvas control siempre fueron positivas. Curiosamente, todos los tratamientos provocaron pérdida de peso en las larvas durante el ensayo, siendo éstas independientes de cada insecticida, excepto las larvas maduras expuestas a la menor dosis de abamectina, las cuales aumentaron de peso al mismo ritmo que las larvas control. Cuando se compararon las tasas de crecimiento con las dosis de insecticidas, la relación dosis-respuesta resultó significativa en todos los casos ($P < 0,005$; R^2 ajustado $> 0,7978$). Por otra parte, cuando la mortalidad se comparó con la dosis de insecticida y fue sometida al análisis probit, las larvas jóvenes obtuvieron los menores valores de dosis letal (DL).

3.2 Residuos de insecticida

Como era de esperar, no se obtuvieron residuos de abamectina en las palmeras control. Sin embargo, en seis palmeras de las 21 incluidas, se detectaron niveles de residuos de imidacloprid muy bajos. Estos residuos pueden ser debidos a la contaminación de las herramientas de muestreo, principalmente por la motosierra, la cual es especialmente difícil de descontaminar en el campo. Para cada combinación de insecticida-tratamiento, las concentraciones de insecticidas en las diferentes muestras no se pudieron correlacionar satisfactoriamente ($P > 0,05$).

3.2.1 Inyecciones de abamectina en el estípite

Se detectaron residuos de abamectina entre 0,150 y 0,550 mg kg⁻¹, en las zona media y la punta de las palmas, entre dos y cinco meses después del tratamiento (Figura 3, pág. 175), los cuales si se comparan con los resultados de laboratorio podrían causar tasas de mortalidad por encima del 90% en larvas a los 10 días. Los residuos en la corona fueron menores (0,100 mg kg⁻¹) y alcanzaron su punto máximo un mes después del tratamiento. Según los resultados de laboratorio, esta concentración causaría entre 50-90% de mortalidad en estadíos jóvenes a los 10 días y menos del 50% de mortalidad para las de mayor edad. Para las restantes fechas y muestras de palmera, los residuos oscilaron entre cero a menos de 0,050 mg kg⁻¹ de abamectina y estas concentraciones podrían causar menos del 50% de mortalidad en todas las edades excepto para las larvas jóvenes.

3.2.2 Inyecciones de abamectina en la base de la palma

Los residuos obtenidos fueron menores que en el caso anterior. Se detectó un pico de unos 0,150 mg kg⁻¹, un mes después del tratamiento en

todas las muestras de la base de la palma, que si se compara con los resultados de laboratorio, causaría una tasa de mortalidad larvaria por debajo del 90%. Desde los tres meses después del tratamiento hasta el final del ensayo no se detectaron residuos de abamectina (Figura 4, pág 175).

3.2.3 Inyecciones de imidacloprid en el estípite

24 horas después del tratamiento, se detectaron residuos de imidacloprid cercanos a los 0,100 mg kg⁻¹ en las muestras de la base del estípite y la corona. Esta concentración podría causar más del 90% de mortalidad en larvas jóvenes 10 días después del tratamiento y entre el 50 y el 90% en las larvas maduras. No se detectó residuos en las palmas hasta 1 mes después (0,041 mg kg⁻¹ en la muestra de base de la palma). En ese momento, se observó un pico de imidacloprid en el estípite (valores de 0,200 mg kg⁻¹ en la base del estípite y la corona) y 1 mes más tarde en la base de la palma (0,120 mg kg⁻¹). Desde los 3 a los 6 meses, los residuos fueron cercanos a los 0,015 mg kg⁻¹ independientemente de los tejidos de palmera analizados (Figura 5, pág. 175) y esta concentración podría causar menos del 50% de mortalidad en larvas jóvenes a los 10 días del tratamiento. De manera resumida, las concentraciones de imidacloprid detectadas podrían causar más del 90% de mortalidad en larvas jóvenes a los 10 días las cuales se detectaron en la corona durante 2-3 meses después del tratamiento y cuyas concentraciones podrían producir más del 50% mortalidad en larvas maduras.

3.2.4 Inyecciones de imidacloprid en la base de las palmas

En este caso el comportamiento del imidacloprid fue completamente distinto al registrado cuando el insecticida se inyectó en el estípite. Se observó una baja concentración

durante la duración del ensayo en todas las muestras de palmera (inferior a 0,030 mg kg⁻¹) con la excepción de un pico de alrededor de 0,250 mg kg⁻¹ en la base de la palma, 3 meses después de la inyección (Figura 6, pág. 175). Estas concentraciones podrían causar entre el 50 y el 90% de mortalidad en larvas jóvenes 10 días después de la inyección y por debajo del 50% en estadíos maduros.

3.2.5 Pulverización de imidacloprid en la corona

La mayor cantidad de imidacloprid se detectó en la base del estípite, 24 h después de la aplicación (en torno a 0,500 mg kg⁻¹). En todos los demás tejidos y fechas de muestreo, los residuos fueron inferiores a 0,030 mg kg⁻¹ (Figura 7, pág. 175). Como en el caso de la inyección a la base de la palma, estas concentraciones podrían provocar tasas de mortalidad entre el 50 y el 90% de las larvas jóvenes, 10 días después del tratamiento y por debajo del 50% en estadíos más maduros.

3.3 Daños mecánicos provocados por las inyecciones

Las áreas de inyección se identificaron fácilmente debido a que mostraban un color más oscuro que el resto del disco muestreado. Sin embargo, su aspecto era saludable, compacto y sin zonas huecas. Además, no se observaron síntomas de crecimiento fúngico 12 y 24 meses después de la inyección.

4. DISCUSIÓN

Para cada combinación de insecticida-tratamiento, las concentraciones que se determinaron en los diferentes tejidos de la palmera, no se pudieron correlacionar entre sí de manera satisfactoria. Para un óptimo control del picudo rojo, se debe proteger de manera especial las zonas de las palmeras que suele ser objeti-

vo principal de este gorgojo. Estas zonas son fundamentalmente la base de la palma, donde las hembras de picudo realizan la puesta y donde las larvas maduras pupan y otra zona importante es la corona, donde las larvas se alimentan y desarrollan (Dembilio y Jacas, 2011; Dembilio *et al.* 2012). Nuestros resultados excluyen el uso de muestras de la base de la palma, las cuales son fácilmente accesibles, para estimar las concentraciones de insecticidas en el estípite como en el caso de unos ensayos realizados para evaluar de eficacia de insecticidas utilizando palmeras *P. canariensis*, donde se tomaron muestras de la base de las palmas como referencia para poder estimar las concentraciones de insecticida en la zona de la corona, y cuyos resultados se deben tomar con precaución (Estévez *et al.*, 2013). En el caso de la abamectina, la cual se distribuye y se acumula en las palmas, un posible ensayo donde se analizaran los residuos de insecticida en la base de las palmas, podría sobreestimar su eficacia (Figura 3), mientras que en el caso de imidacloprid, que se acumula en su mayoría en el estípite, podría ocurrir lo contrario (Figura 6). Si las diferencias observadas en la distribución de estos dos insecticidas en el interior de las palmeras fueran específicas de las avermectinas y los neonicotinoides, respectivamente, se deberían realizar más estudios al respecto para confirmarlo.

Las inyecciones al estípite, independientemente de la sustancia activa utilizada, dio lugar a una mejor distribución dentro de la palmera y una mayor persistencia en comparación con las inyecciones a la base de la palma y, especialmente si se compara con las pulverizaciones a la corona. Una vez inyectado, la abamectina se distribuyó y se acumuló en las palmas y mostraron concentraciones que podrían causar una mortalidad del 50 al 90% en estadios larvarios jóvenes y por debajo del

50% en los más maduros en la zona de la corona, sólo durante un mes después del tratamiento. Por el contrario el imidacloprid, una vez inyectada, permaneció en el estípite, donde podría provocar más del 90% de mortalidad en estadios larvarios jóvenes y del 50 al 90% en los más maduros durante 2-3 meses después del tratamiento (Figuras 5 y 6). En consecuencia, nuestros resultados muestran un mejor rendimiento del imidacloprid, comparado con la abamectina, controlando el picudo rojo en condiciones de campo. Estas concentraciones de imidacloprid observadas en nuestro trabajo a lo largo del tiempo, están de acuerdo con los resultados obtenidos por Llácer *et al.*, (2011) donde se aplicó este insecticida en la zona radicular utilizando palmeras jóvenes (2 años; 7,8 cm diam). En ese caso, las concentraciones de imidacloprid en el estípite aumentaron 45 días después de la aplicación (alcanzó un pico de unos 0,30 y 0,14 mg kg⁻¹ m.a. después de aplicar una cantidad de 0,36 y 0,72 g palmera⁻¹ de m.a., respectivamente) y luego disminuyeron siguiendo una dinámica similar a la observada por nosotros en la corona (Figura 5). Los mismos autores estimaron la eficacia de la dosis más alta (0,72 g palmera⁻¹ de m.a.), que osciló entre un 92 a un 96% de mortalidad cuando imidacloprid se aplicó de manera curativa (palmeras infestadas antes del tratamiento) y de un 100% cuando se utilizó preventivamente (palmeras infestadas después del tratamiento). Curiosamente, cuando se evaluó la persistencia del tratamiento preventivo (0,60 g palmera⁻¹ de m.a.), se obtuvo el 100% de eficacia 45 días después del tratamiento y se redujo al 86% después de dos meses, cuyos resultados se asemejan con lo que obtuvimos cuando se inyectó imidacloprid en el estípite.

La dosis de imidacloprid utilizada en el tratamiento de pulverización y el volumen total aplicado en las palmeras fue 2,25 y 1500 veces supe-

rior que cuando se inyectó en el estípite, respectivamente. Sin embargo, durante todo el ensayo, se detectaron residuos muy bajos de imidacloprid en todos los tejidos cuando se realizó este tipo de tratamiento. Se sabe que los insecticidas de la familia de los neonicotinoides, tienen una excelente absorción sistémica y buena translocación en la planta (Leicht, 1996; Elbert *et al.*, 1990). Sin embargo, esta condición no se cumplió en nuestros ensayos cuando se aplicó mediante pulverización. Por lo tanto, las buenas eficacias demostradas por este producto en diferentes publicaciones, probablemente esté atribuida a un contacto directo con la m.a. y a su ingestión por parte de larvas neonatas y adultos que se encuentran en la periferia de las palmeras. La aplicación de este tipo de tratamientos puede dar lugar a percolaciones terrestres y/o acumulación en el suelo, donde estos residuos pueden permanecer hasta 190 días (Scholz y Spiteller, 1992). Por consiguiente, si no se aplican correctamente, puede ocasionar una exposición indeseada que afecte al resto del ecosistema. No obstante, si se aplica en plantas de vivero, esta acumulación en el sustrato (si las propiedades del suelo no provocan la precipitación del imidacloprid) podría aumentar su absorción radicular y por lo tanto aumentar la eficacia (Dembilio *et al.*, 2010; Llácer *et al.*, 2012).

Los nuevos dispositivos de inyección, como el que se utilizó en nuestros ensayos (Figura 1), pueden reducir al mínimo la lesión mecánica en el estípite de la palmera y como indican los resultados, este tipo de tratamiento de inyección resulta el más adecuado para la aplicación de los insecticidas (sistémicos) contra *R. ferrugineus* en palmeras de la especie *P. canariensis*. Para recomendar el número de aplicaciones y dosis, probablemente se deberían tener en cuenta variables como el tamaño de las palmeras, así como la bio-ecología de esta especie.



Figura 1. Nuevo sistema de micro-infusión a baja presión desarrollado por ENDOterapia Vegetal.

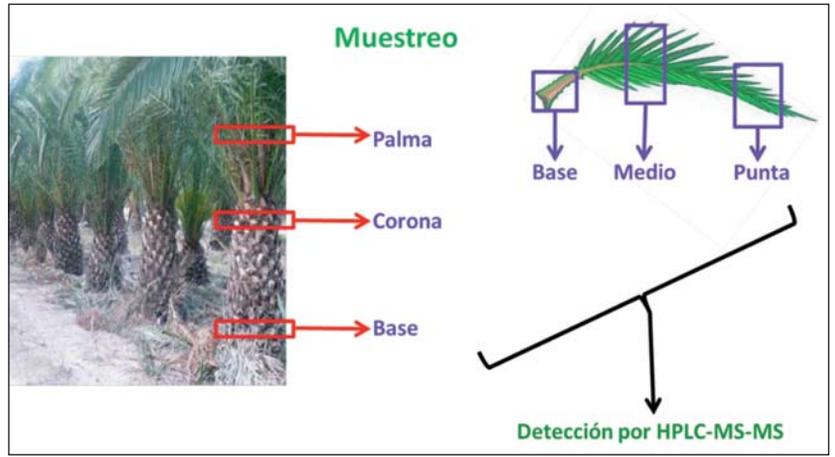


Figura 2. Método de muestreo para el análisis de residuos insecticidas.

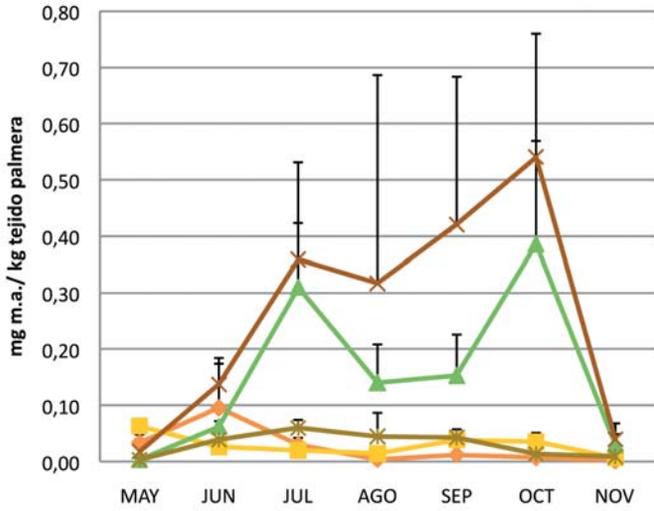


Figura 3. Residuos de abamectina cuando se inyectó en el estípote.

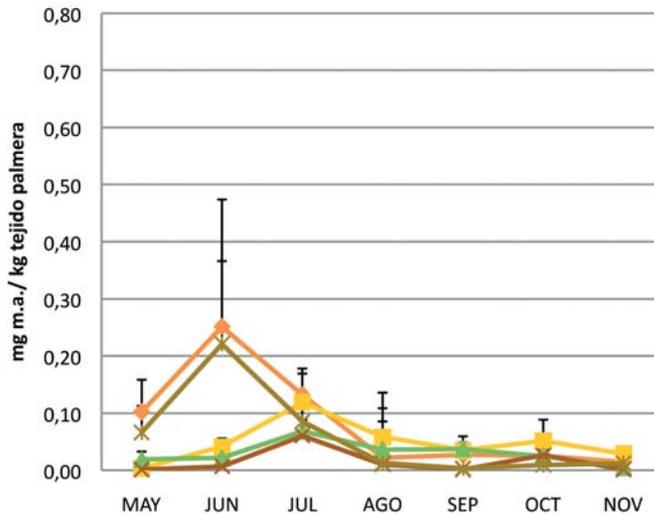


Figura 5. Residuos de Imidacloprid cuando se inyectó en el estípote.

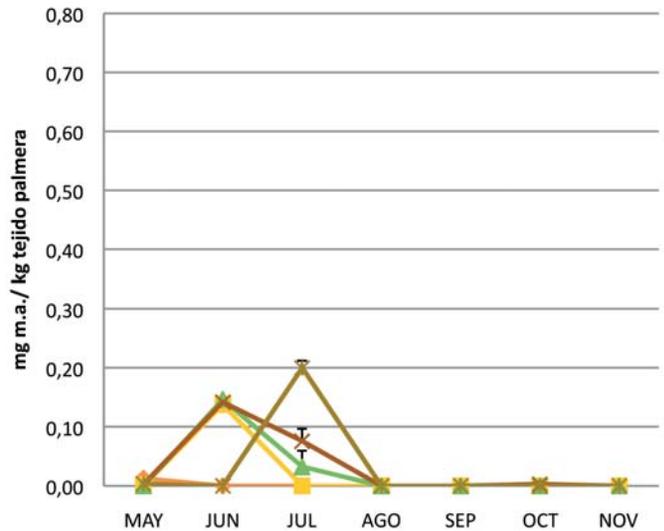


Figura 4. Residuos de abamectina cuando se inyectó en la base de las palmas.

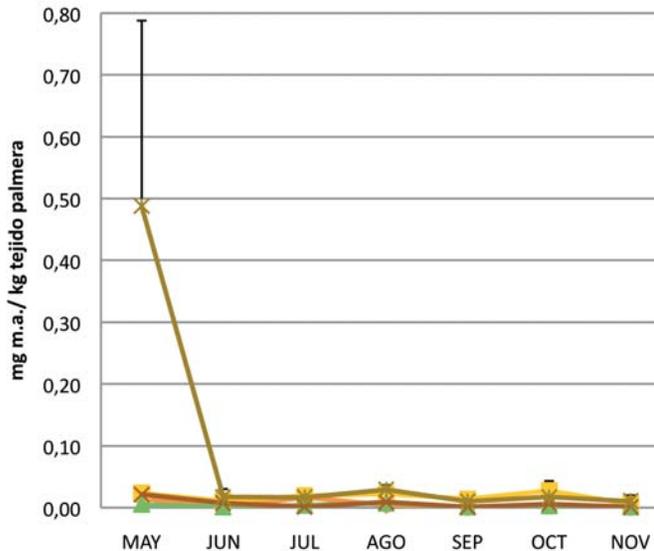


Figura 7. Residuos de imidacloprid cuando se pulverizó en la corona.

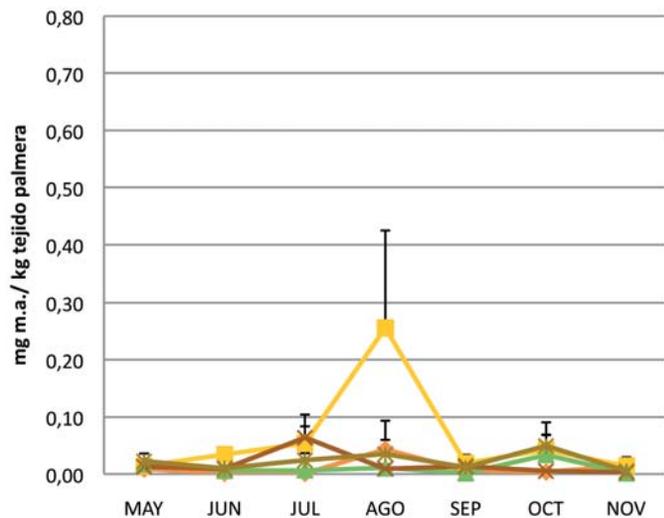


Figura 6. Residuos de imidacloprid cuando se inyectó en la base de las palmas.

En el norte de la cuenca Mediterránea, el periodo de oviposición y de eclosión de huevos se extiende desde principios de abril a mediados de octubre/principios de noviembre y de mediados de marzo a mediados/finales de octubre, respectivamente (Dembilio *et al.*, 2012). Por lo tanto, las palmeras se deben proteger durante 7 meses por temporada. Debido a que las temperaturas invernales podrían sincronizar las poblaciones de *R. ferrugineus* (Dembilio and Jacas, 2011; Abbas, 2010) se recomendaría una pulverización a la corona de las palmeras dirigida a los adultos recién emergidos desde finales de marzo/principios de abril seguido de una inyección al estípite a mediados/finales de abril. Estos dos tratamientos pueden proteger eficazmente las palmeras durante 2-3 meses. Por lo tanto, deberían adoptarse nuevas medidas desde finales de junio/principios de julio. Una nueva inyección en ese momento podría cubrir el resto de la temporada, pero se podría complementar con otra pulverización dirigida al segundo período de vuelo, el cual ocurre a finales de septiembre/principios de octubre. Para minimizar el riesgo de resistencia, se debe implementar la rotación de m.a. con diferentes modos de acción. Además, si están disponibles, se deberían incluir agentes de control biológico (Dembilio *et al.*, 2010; Dembilio *et al.*, 2011; Llácer *et al.*, 2009). Finalmente, en las áreas estratégicas, se debería incluir sistemas de captura masiva con el fin de reducir las poblaciones del picudo rojo los cuales podrían resultar altamente eficaces si se gestiona correctamente (Guarino *et al.*, 2011).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a LL. Baronat y L. Olivet, (ENDOTerapia Vegetal) por su ayuda durante los ensayos. También agradecer a C. Bartra por permiternos realizar los ensayos en su vivero. Esta investiga-

ción ha recibido financiación del Séptimo Programa Marco Europeo FP7 (Palmprotect; KBBE 2011-5-289566) y de la Conselleria de Agricultura, Pesca, Alimentación y Agua de la Generalitat Valenciana (proyecto IVIA-5611).

5. BIBLIOGRAFIA

Abbas MST. 2010. IPM of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, in Integrated management of arthropod pests and insect borne diseases. *Springer Netherlands*, pp. 209-233.

Abbott WS. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 18: 265-267.

Anastassiades M., Lehotay S.J., Stajnbaher D., Schenck F.J. 2003. Fast easy multiresidue method employing acetonitrile extraction partitioning and dispersive solid phase extraction for determination of pesticide residues in produce. *JAOC Int* 86:412-431.

CAPAA, Conselleria d'Agricultura, Pesca, Alimentació i Aigua. 2013. Tríptic <http://www.agricultura.gva.es/documents/170659/179073/Triptico+PICUDO+rev+ene2012.pdf/0cceb8d-585b-4199-8bf4-3233272448bd> [Acceso 2 May 2014].

MAGRAMA. Registro de productos fitosanitarios. <http://www.marm.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp> [Acceso 2 May 2014].

Dembilio Ó., Riba J.M., Gamón M., Jacas J.A. 2014. Mobility and efficacy of abamectin and imidacloprid against *Rhynchophorus ferrugineus* in *Phoenix canariensis* by different application methods. *Pest manag sci* doi: 10.1002/ps.3889.

Dembilio Ó and Jacas J.A. 2011. Basic biological parameters of the invasive Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae), in *Phoenix canariensis* under Mediterranean climate. *Bull Entomol Res* 101: 153-163.

Dembilio Ó, Jacas J.A. and Llácer E. 2009. Are the palms *Washingtonia filifera* and *Chamaerops humilis* suitable hosts for the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae). *J Appl Entomol* 133: 565-567.

Dembilio Ó., Karamaouna F., Kontodimas D.C., Nomikou M and Jacas J.A., 2011. Susceptibility of *Phoenix theophrasti* to *Rhynchophorus ferrugineus* (Col.: Curculionidae) and its control using *Steinernema carpocapsae*. *Span J Agric Res* 9: 623-626.

Dembilio Ó., Tapia G.V., Téllez M.M. and Jacas J.A. 2012. Lower temperature thresholds for oviposition and egg hatching of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae), in a Mediterranean climate. *Bull Entomol Res* 102: 97.

ECSTC. 2007. European Committee for Standardization/Technical Committee 275 (Standards under development) Foods of plant origin: Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS (MS) following acetonitrile extraction/ partitioning and cleanup by dispersive SPE-

QuEChERS method. European Committee for Standardization, Brussels.

Elbert A., Overbeck H., Iwaya K and Tsuboi S., 1990. Imidacloprid, a novel systemic nitromethylene analogue insecticide for crop protection, in Brighton Crop Protection Conference, Pests and Diseases-. Vol. 1. *Brit Crop Prot Coun*, pp. 21-28.

Estévez A., Ferry M and Gómez M. 2011. Endoterapia en palmeras: Estudio de la eficacia y persistencia del tiametoxam en tratamientos preventivos contra el picudo rojo. *Phytoma* 226: 42-48 .

Guarino S., Bue P.L., Peri E and Colazza S. 2011. Responses of *Rhynchophorus ferrugineus* adults to selected synthetic palm esters: electroantennographic studies and trap catches in an urban environment. *Pest Manag Sci* 67: 77-81.

Kaplan EL and Meier P. 1958. Nonparametric estimation from incomplete data. *J Am Stat Assoc* 53: 457-481.

Leicht W. 1996. Imidacloprid - a chloronicotiny insecticide: biological activity and agricultural significance. *Pflanz Nachr Bayer* 49:71-83.

Llácer E., Martínez de Aitube M.M. and Jacas J.A. 2009. Evaluation of the efficacy of *Steinernema carpocapsae* in a chitosan formulation against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*, in *Phoenix canariensis*. *BioControl* 54:559-565.

Llácer E., Negre M and Jacas J.A. 2012. Evaluation of an oil dispersion formulation of imidacloprid as a drench against *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera, Curculionidae) in young palm trees. *Pest Manag Sci* 68: 878-882.

Robertson J.L., Preisler H.K., Frampton E.R., Armstrong J.W. 1994. *Statistical analyses to estimate efficacy of disinfestation treatments*, in Shrap JL, Hallman GJ (Eds.), *Quarantine Treatments for Pests of Fruit Plants*. *Westview Press, Boulder*, pp. 47-65.

Scholz K. and Spitter M. 1992. Influence of ground cover of the degradation of imidacloprid in soil. *Proc Brighton Crop Prot Conf - Pests and Diseases*, *Brit Crop Prot Coun Alton, Hants, UK*, pp. 883-888.

Software, LeOra. Polo-Pc, A. 1987. *User's Guide to Probit OrLogit Analysis*. LeOra Software, Berkeley.

Speranza S. 2008. Uso dell'endoterapia nel controllo del *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). In: *Atti della V Biennale europea delle palme Dies Palmarum, Sanremo*, pp. 1-6.

