

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
Y DEL MEDIO NATURAL



Programa de gestión integrada de lepidópteros en agricultura ecológica en la huerta de Valencia

TRABAJO FINAL DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

ALUMNO: Antonio Rubio Zamora

TUTOR: Rafael Laborda Cenjor

CURSO ACADÉMICO: 2018/2019

VALENCIA, 27 DE JULIO 2019

Título: Programa de gestión integrada de lepidópteros en agricultura ecológica en la huerta de Valencia

Resumen: El presente trabajo de fin de master busca establecer un manejo integrado de plagas, específicamente de lepidópteros, para la empresa SAIFRESC situada en Manises, con el objetivo de optimizar la gestión de productos fitosanitarios y la reducción de tiempos de trabajo. Los cultivos sobre los que se realizó el trabajo fueron hortícolas tales como distintos tipos de coles, boniato y patata.

Se han realizado varios protocolos de muestreo para obtener información de las distintas especies de lepidópteros presentes en campo mediante muestreo visual y recurriendo a dos tipos de trampas distintas (trampa tipo polillero y trampa tipo delta), las dos cebadas con feromonas sexuales. Se han realizado curvas de vuelo de las plagas principales los años anteriores y que ocasionaban más daños como eran *Spodoptera littoralis* y *Spodoptera exigua*.

El objetivo de estos muestreos era determinar el momento óptimo de tratamiento. En este caso se ha obtenido que se llegó tarde tanto para *S. littoralis* como *S. exigua*, ya que se había producido máximos en las poblaciones antes de septiembre. Sin embargo, *S. littoralis* aún tuvo dos picos, uno a finales de septiembre y otro a finales de octubre, con lo que habría que tratar los días que comiencen a disminuir estos picos de población.

También se ha realizado un ensayo en laboratorio con el producto *Bacillus thuringiensis* ya que está permitido en agricultura ecológica. Para este ensayo se realizó una cría del lepidóptero *S. littoralis* obteniéndose un considerable número de larvas para cada estadio larvario y posteriormente se aplicará *B. thuringiensis* a cada uno de estos estadios larvarios para conocer su efectividad. De este ensayo se obtiene que la efectividad del producto disminuye en gran medida conforme avanzan el estado de desarrollo larvario, siendo muy efectivo sobre todo en L1 y L2, obteniéndose niveles cercanos al 100 % de mortalidad de las larvas.

Por último, y conociendo todos los parámetros anteriormente expuestos se ha establecido una estrategia de actuación de acuerdo con el dueño de la finca para años posteriores para evitar daños graves por lepidópteros como otros años sí ha sufrido y conseguir la máxima eficacia en el control de las plagas de lepidópteros. Esta estrategia consistirá en realizar el seguimiento de *S. littoralis* y *S. exigua* mediante trampas delta para prevenir daños de gravedad como los que se produjeron en septiembre de 2018.

Palabras clave: Gestión integrada de lepidópteros, agricultura ecológica, estrategia de muestreo, *Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exigua*, curva de vuelo, *Bacillus thuringiensis*, estrategia de actuación.

Title: Integrated Lepidoptera management program in ecological agriculture in the orchard of Valencia

Abstract: This end-of-Master's Project seeks to establish an integrated pest management, specifically of Lepidoptera, for the SAIFRESC company situated in Manises, with the aim of optimising the management of plant protection products and the reduction of working times. Crops on which it was done the job were vegetables such as different types of cabbage, sweet potato and potato.

Several sampling protocols will be made for information of the different species of Lepidoptera in field by using visual sampling, using two types of different traps (funnel trap and delta trap), barley with sex pheromones. There will be made major pests flight curves previous years and which caused more damage were *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera exigua*.

Performed several sampling protocols for information of the various species of Lepidoptera in field by using visual sampling, using two types of different traps (funnel trap and delta trap), barley with sex pheromones. Performed flight of main pests curves the previous years and that caused more damage were *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera exigua*.

The aim of these surveys was to determine the optimal timing of treatment. In this case was obtained that it was reached late both for *S. littoralis* as *S. exigua*, since there was maximum in the populations before September. However, *S. littoralis* still had two peaks, one in late September and another at the end of October, so should be treated the days that begin to diminish these population peaks.

Also, a trial has been made in the laboratory with the product *Bacillus thuringiensis*, that is allowed in organic farming. For this test has been made a breeding of the Lepidopteran *S. littoralis* resulting in a considerable number of larvae for each instar and subsequently applies *B. thuringiensis* to each of these stages larval stages to meet your effectiveness. This test is obtained that the effectiveness of the product decreases greatly as they advance the State of larval development, being very effective especially in L1 and L2, resulting in levels close to 100% mortality of the larvae.

Finally, and knowing all the above parameters has been established a strategy for action in accordance with the owner of the farm for later years to avoid damage by Lepidoptera as other years if you had and get the maximum effectiveness in the control of pests of Lepidoptera. This strategy will be to track *S. littoralis* and *S. exigua* through delta traps to prevent damage of gravity as those that occurred in September 2018.

Key words: Integrated management of Lepidoptera, ecological agriculture, sampling strategy, *Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exigua*, *Bacillus thuringiensis*, action strategy, integrated pest management.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
1.1.	Agricultura ecológica	1
1.2.	Lepidópteros de importancia en cultivos hortícolas	3
1.2.1.	<i>Spodoptera littoralis</i>	5
1.2.2.	<i>Spodoptera exigua</i>	5
1.2.3.	<i>Pieris brassicae</i>	6
1.2.4.	<i>Tuta absoluta</i>	6
1.2.5.	<i>Mamestra brassicae</i>	7
1.2.6.	<i>Plutella xylostella</i>	7
1.3.	<i>Bacillus thuringiensis</i>	8
2.	Justificación y objetivos.....	9
3.	Materiales y métodos	10
3.1.	Zona de estudio	10
3.2.	Muestreo de larvas en campo	11
3.2.1.	Muestreo en boniato.....	12
3.2.2.	Muestreo en coles	13
3.3.	Muestreo de adultos en campo.....	14
3.3.1.	Trampas tipo polillero	15
3.3.2.	Trampas tipo delta.....	16
3.4.	Ensayo con <i>Bacillus thuringiensis</i>	17
3.5.	Análisis de resultados	19
4.	Resultados	20
4.1.	Resultados muestreos de larvas	20
4.2.	Resultados de las trampas	24
4.2.1.	Resultados <i>Spodoptera littoralis</i>	24
4.2.2.	Resultados <i>Spodoptera exigua</i>	26
4.2.3.	Resultados <i>Pieris brassicae</i>	28
4.2.4.	Resultados <i>Tuta absoluta</i> , <i>Mamestra brassicae</i> y <i>Plutella xylostella</i>	29
4.3.	Resultados ensayo con <i>Bacillus thuringiensis</i>	29
5.	Discusión	31
5.1.	Lepidópteros en hortícolas	31

5.2.	Comportamiento de las larvas de <i>S. littoralis</i> en hortícolas.....	31
5.3.	Curvas de vuelo de lepidópteros capturados en hortícolas.....	32
5.4.	Susceptibilidad de larvas de <i>Spodoptera littoralis</i> frente a <i>Bacillus thuringiensis</i> 34	
6.	Conclusiones.....	35
7.	Bibliografía	36
8.	Anejos.....	40
8.1.	Anejo 1: Estadillos.....	40
8.2.	Anejo 2: Imágenes	41

Índice de tablas

Tabla 1. Especies de lepidópteros presentes habitualmente en l'Horta de Valencia. Fuente Romero 1991.....	4
Tabla 2. Distribución de las feromonas en polilleros a lo largo del tiempo.....	16
Tabla 3. Distribución de las feromonas en trampas delta a lo largo del tiempo.....	17
Tabla 4. Capturas por trampa y día de <i>Spodoptera littoralis</i> a lo largo del muestreo con trampa tipo delta y trampa tipo polillero. El periodo de muestreo fue entre el 14 de septiembre de 2018 y 10 de abril de 2019.....	25
Tabla 5. Capturas por trampa y día de <i>Spodoptera exigua</i> a lo largo del tiempo con trampa tipo delta y trampa tipo polillero. El periodo de muestreo fue entre el 14 de septiembre de 2018 y 20 de diciembre de 2018.....	27
Tabla 6. Capturas por trampa y día de <i>Pieris brassicae</i> a lo largo del tiempo en trampa tipo polillero. El periodo de muestreo fue entre el 28 de febrero 2019 y 10 de abril 2019.....	28
Tabla 7. Capturas por trampa y día de <i>Tuta absoluta</i> , <i>Mamestra brassicae</i> y <i>Plutella xylostella</i> a lo largo del tiempo.....	29
Tabla 8. Resultados de mortalidad provocada por <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> en función de los estadios larvarios de <i>Spodoptera littoralis</i>	30
Tabla 9. Estadillo utilizado para los muestreos de larvas de <i>S. littoralis</i> realizados en los cultivos de boniato.....	40
Tabla 10. Estadillo utilizado para los muestreos de larvas de <i>S. littoralis</i> realizados en los cultivos de coles.....	40

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de la superficie ocupada por la Producción Ecológica (1991-2017) en España. Fuente MAPAMA 2018.....	1
Figura 2. Superficie total en ha dedicada por los países de la Unión Europea para agricultura ecológica en 2017. Fuente Eurostat.....	2
Figura 3. Porcentaje utilizado para agricultura ecológica por los países de la Unión Europea en 2017. Fuente Eurostat.....	2
Figura 4. Superficie en ha dedicada a la agricultura ecológica en la Comunidad Valenciana entre el periodo 1996-2018. Fuente CAECV.....	3
Figura 5. Imagen satelital de Google Maps de la ubicación de la finca respecto a los municipios cercanos.....	10
Figura 6. Ubicación de la finca respecto al municipio de Manises obtenida de Google Maps.....	10
Figura 7. Imagen de Google Maps de las parcelas de la finca de Saifresc en Manises. La parcela de estudio en la que se realizaron los muestreos de larvas es la parcela rodeada de color negro.....	11
Figura 8. Esquema de los cultivos presentes en la parcela de estudio.....	11
Figura 9. Distribución de los cultivos y de los muestreos en las zonas de boniato.....	12
Figura 10. Larva de <i>S. littoralis</i> recogida en bandeja después de golpeo en boniato.....	12

Figura 11. Escala de daños en boniato	13
Figura 12. Escala de daño en coles	13
Figura 13. Distribución de los cultivos y de los muestreos en las zonas de coles.....	14
Figura 14. Larva de <i>S. littoralis</i> encontrada en muestreo de coles por muestreo visual	14
Figura 15. Trampa tipo polillero	15
Figura 16. Distribución de las trampas tipo polillero en campo	15
Figura 17. Trampa tipo delta y trampa pegajosa blanca	16
Figura 18. Distribución de trampas tipo delta en campo.....	17
Figura 19. Ejemplo de evolucionario con adulto de <i>Spodoptera littoralis</i>	18
Figura 20. Hojas de col con <i>B. thuringiensis</i> y hojas de col introducidas en la placa Petri para el ensayo de <i>B. thuringiensis</i> con L4	18
Figura 21. Evaluación de la media de daños en boniato en función de la variedad. La evaluación de daños será dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestro abarca entre el 14 de septiembre al 11 de octubre.....	20
Figura 22. Suma total de larvas encontradas en boniato en función de la variedad. El periodo de muestreo abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre.....	20
Figura 23. Evaluación de la media de daños en boniato en función de la zona. La evaluación de daños será dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestro abarca entre el 14 de septiembre al 11 de octubre.....	21
Figura 24. Suma total de larvas encontradas en boniato en función de la zona. El periodo de muestreo abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre.	21
Figura 25. Evolución del número de larvas totales encontradas en boniato a lo largo de todo el muestreo que abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre.....	22
Figura 26. Evolución de la media de daños encontrados en las plantas de boniato a lo largo de todo el muestreo que abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre....	22
Figura 27. Evaluación de la media de daños en coles en función de la variedad. La evaluación de daños está dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestro abarca entre el 11 de octubre al 16 de noviembre.....	23
Figura 28. Evaluación de la media de daños en coles en función de la zona. La evaluación de daños será dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestro abarca entre el 11 de octubre al 16 de noviembre.	23
Figura 29. Evolución de la media de daños encontrados en las coles a lo largo de todo el muestreo que abarca desde el 11 de octubre al 16 de noviembre.	24
Figura 30. Correlación de las trampas delta y trampas polillero	25
Figura 31. Curva de vuelo <i>Spodoptera littoralis</i> con trampas delta y tipo polillero entre el 14 de septiembre de 2018 y 10 de abril de 2019	26
Figura 32. Curva de vuelo <i>Spodoptera exigua</i> con trampas delta y tipo polillero entre el 14 de septiembre de 2018 y 20 de diciembre de 2018.....	27
Figura 33. Curva de vuelo de <i>Pieris brassicae</i> entre el 28 de febrero de 2019 y 10 de abril de 2019	28
Figura 34. Himenóptero parasitoide encontrado durante la cría de <i>S. littoralis</i>	29
Figura 35. Gráfico de medias de la mortalidad provocada por <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> en función del estadio larvario de <i>Spodoptera littoralis</i>	30

Figura 36. A. Larva B. Pupa C. Imago obtenidos de <i>Spodoptera littoralis</i> durante su cría en laboratorio	41
Figura 37. Muestreo en coles donde se registró daños graves en los cultivos.	41
Figura 38. Muestreo en boniato donde se registró daños graves en los cultivos.....	41
Figura 39. Larva de <i>Spodoptera exigua</i>	42
Figura 40. Capturas realizadas en trampa tipo polillero.	42
Figura 41. Capturas realizadas en trampa tipo delta.	42

1. Introducción

1.1. Agricultura ecológica

El presente trabajo se ha realizado en una finca propiedad de la empresa “Saifresc”, situada en Manises, que se dedica a la obtención de productos mediante agricultura ecológica, por lo que a continuación se tratará la importancia de dicho sistema de agricultura en España en general y en la Comunidad Valenciana en concreto.

Para comenzar la producción ecológica podría describirse, que no definirse, como un sistema general de gestión agraria y producción de productos agroalimentarios que combina las mejores prácticas ambientales, un elevado nivel de biodiversidad, la preservación de los recursos naturales y la aplicación de normas exigentes sobre bienestar animal, conforme a las preferencias de determinados consumidores por productos obtenidos a partir de sustancias y procesos naturales (MAPAMA, 2018).

También se puede entender como un sistema productivo en el cual no se utilizan fertilizantes, compuestos químicos de síntesis, ni plaguicidas, ni reguladores de crecimiento, ni aditivos para la alimentación del ganado. Es un sistema basado en el mantenimiento de la estructura y capacidad de producir del suelo, el aporte de nutrientes a las plantas y el control de plagas, enfermedades y malas hierbas, el uso de rotaciones de cultivos, el aprovechamiento de los residuos de cultivos y el empleo de abonos animales, la utilización de leguminosas y abonos verdes (Florez, 2004).

Este tipo de agricultura se ve cada vez más como un método más interesante de trabajar la tierra ya que como se puede observar en la Figura 1 en los últimos 10 años las tierras dedicadas a este tipo de agricultura se han duplicado, pasando de 1.000.000 de hectáreas en todo el territorio español a 2.000.000 (MAPAMA, 2018).

Evolución de la Producción Ecológica (1991-2017) Superficie

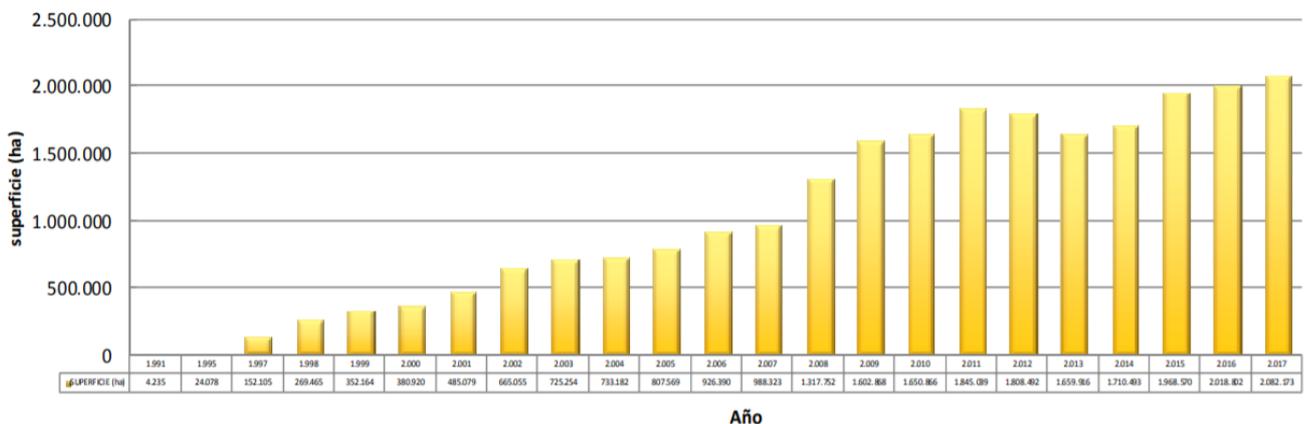


Figura 1. Evolución de la superficie ocupada por la Producción Ecológica (1991-2017) en España. Fuente MAPAMA 2018

Además de este crecimiento continuo, cabe indicar que España es el país de la unión Europea que más hectáreas dedica a la agricultura ecológica, aunque no lo es en el porcentaje de las tierras dedicado, puesto que pese a los datos de superficie anteriormente mostrados actualmente España solo está usando el 10% de sus tierras cultivables para agricultura ecológica,

lo que sitúa al país en el undécimo puesto de la Unión Europea en cuanto a porcentaje de suelo cultivable dedicado a agricultura ecológica (EUROSTAT, 2018).

Superficie en ha dedicada a agricultura ecológica por país de la UE 2017

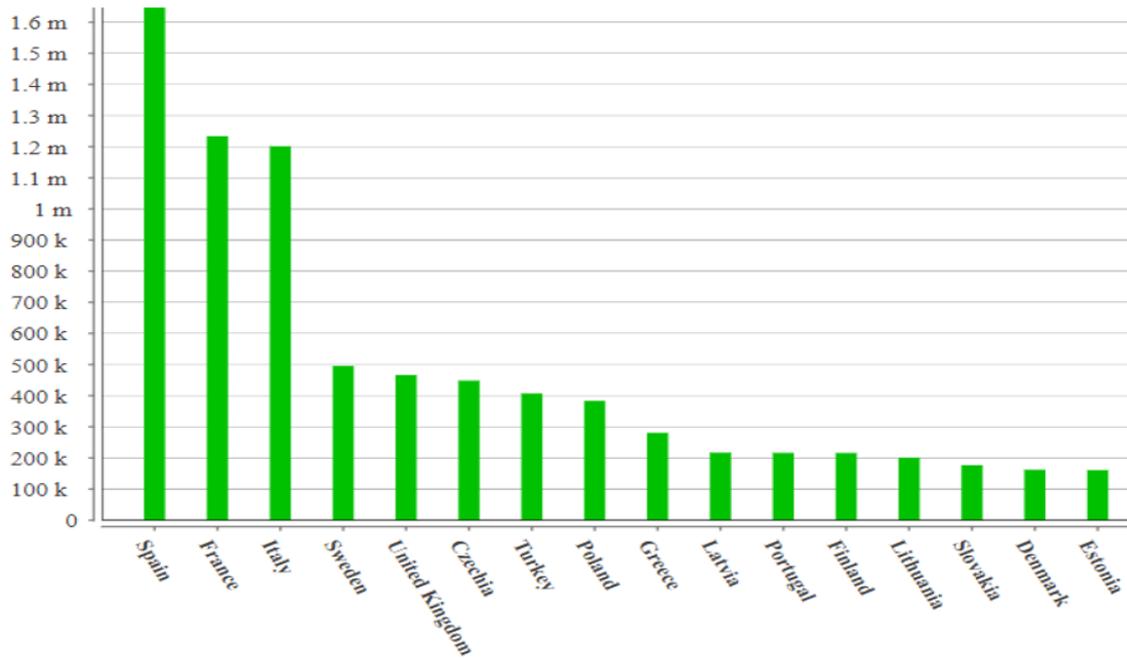


Figura 2. Superficie total en ha dedicada por los países de la Unión Europea para agricultura ecológica en 2017. Fuente Eurostat

Porcentaje agricultura ecológica por país de la UE 2017

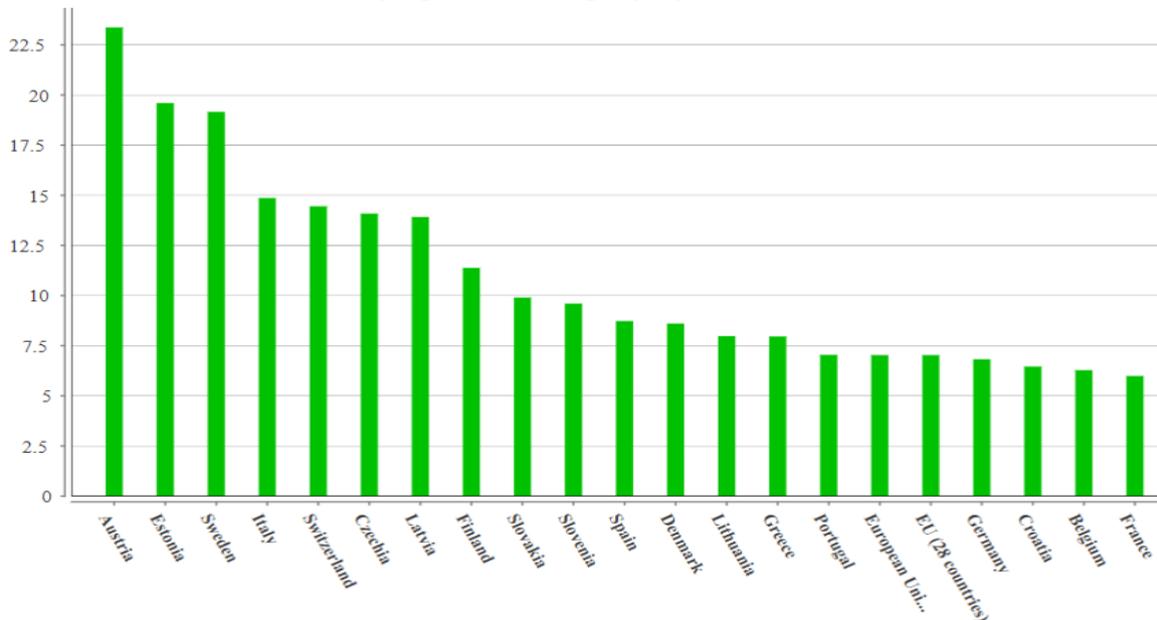


Figura 3. Porcentaje utilizado para agricultura ecológica por los países de la Unión Europea en 2017. Fuente Eurostat

En cuanto a la Comunidad Valenciana la superficie dedicada a la agricultura ecológica es actualmente de 114.509 hectáreas habiendo aumentado en casi 80.000 ha en los últimos 10 años (CAECV, 2018) tal y como se ve en la Figura 4.

SUPERFICIE COMUNITAT VALENCIANA. Evolución 1996 - 2018

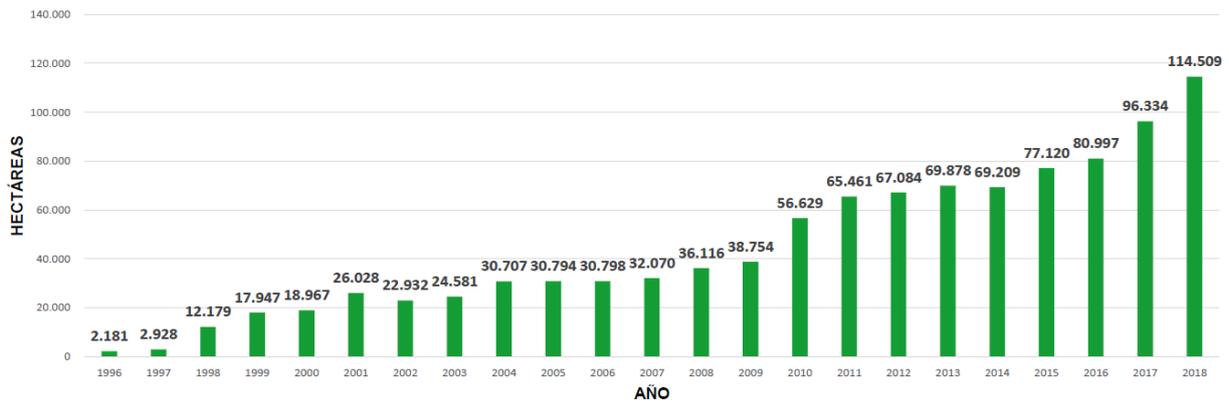


Figura 4. Superficie en ha dedicada a la agricultura ecológica en la Comunidad Valenciana entre el periodo 1996-2018. Fuente CAECV

Por último, destacar que la Comunidad Valenciana en el año 2015 suponía 3,9 % de toda la agricultura ecológica en el territorio nacional, siendo el quinto por detrás de Andalucía (51,4 %), Castilla La Mancha (18,6 %), Cataluña (7,2 %) y Extremadura (4,7 %) (MAPAMA, 2018).

1.2. Lepidópteros de importancia en cultivos hortícolas

El orden Lepidoptera (alas con escamas) lo forman las mariposas y las polillas, de las que se conocen más de 160.000 especies. Son insectos holometábolos cuyas larvas después de sufrir la metamorfosis, se transforman en adultos con dos pares de alas recubiertas de escamas. Tienen una elevada tasa de reproducción y la mayoría de especies son fitófagas, con larvas muy voraces que pueden ocasionar considerables daños y convertirse en plagas. Los adultos o imagos no suelen causar daño a las plantas y sólo se alimentan del néctar de las flores, diversos jugos, etc., incluso a veces ni se alimentan. Muchos de estos adultos actúan como polinizadores. La reproducción de los lepidópteros es casi siempre sexual y ovípara, con machos y hembras en las poblaciones en una proporción similar (García y Ferragut, 2002).

Las larvas son del tipo eruciforme y normalmente poseen tres pares de patas torácicas y cinco de falsas patas o propodios abdominales. Las pupas normalmente no tienen mandíbulas funcionales y obtocas aunque en familias primitivas pueden ser exaradas e incluso poseer mandíbulas funcionales. Los adultos o imagos presentan una notable uniformidad, suelen ser buenos voladores pudiendo dispersarse a grandes distancias (Romero, 1991; García y Ferragut, 2002).

La Tabla 1 permitirá determinar las especies de lepidópteros que estando en fase larvaria producen daños en los cultivos hortícolas en la zona de l'Horta de Valencia (Romero, 1991).

Tabla 1. Especies de lepidópteros presentes habitualmente en l'Horta de Valencia. Fuente Romero 1991

Cultivo	Especie	Daños	Periodo de daños
Lechuga	<i>Peridroma saucia</i>	Daña las hojas	Febrero-mayo
	<i>Spodoptera littoralis</i>	Ataca nervio central en la base de las hojas y hojas jóvenes	Final de agosto-octubre/noviembre
	<i>Heliothis armigera</i>	Ataca nervio central en la base de las hojas y hojas jóvenes	Final de agosto-octubre/noviembre
	<i>Autographa gamma</i>	Ataca nervio central en la base de las hojas y hojas jóvenes	Final de agosto-octubre/noviembre
	<i>Trichoplusia orichalcea</i>	Actúa como refugio invernal	Diciembre
Tomate	<i>Heliothis armigera</i>	Ataca los frutos	Mayo-octubre
	<i>Spodoptera littoralis</i>	Afecta a hojas y los frutos, aunque con menos gravedad	Verano-finales de octubre
	<i>Trichoplusia orichalcea</i>	Comen hojas (Sin daños importantes)	Mayo-octubre (sin daños importantes)
	<i>Autographa gamma</i>	Comen hojas (Sin daños importantes)	Mayo-octubre (sin daños importantes)
	<i>Chrysodeixis chalcites</i>	Comen hojas (Sin daños importantes)	Mayo-octubre (sin daños importantes)
	<i>Peridroma saucia</i>	Afecta a hojas y frutos. Puede cortar plantas jóvenes	Finales de invierno-abril
Alcachofa	<i>Spodoptera littoralis</i>	Devoran hojas tiernas	Septiembre-noviembre
	<i>Heliothis armigera</i>	Devoran hojas tiernas	Septiembre-noviembre
	<i>Trichoplusia orichalcea</i>	Devoran hojas tiernas	Septiembre-noviembre
	<i>Agrotis ipsilon</i>	Afecta a los brotes	Septiembre-noviembre
	<i>Agrotis exclamationis</i>	Afecta a los brotes	Septiembre-noviembre
Acelga	<i>Peridroma saucia</i>	Agujerea las hojas llegando a devorarla por completo	Finales de invierno-principios de primavera
	<i>Spodoptera littoralis</i>	Agujerea las hojas llegando a devorarla por completo	Finales de verano-principios de invierno
	<i>Agrochola lychnidis</i>	Agujerea las hojas	Poco frecuente
Escarola	<i>Peridroma saucia</i>	Devoran hojas tiernas centrales	Febrero-mayo
Coles	<i>Pieris brassicae</i>	Devoran las hojas salvo los nervios gruesos y excaban las cabezas de los repollos	Febrero-mayo
	<i>Spodoptera littoralis</i>	Devoran hojas tiernas	Septiembre-noviembre

De todas estas especies tan sólo se han tenido en cuenta para este trabajo *Pieris brassicae* (Linnaeus) y *Spodoptera littoralis* (Boisduval) ya que de todos estos cultivos tan sólo se tenía en campo coles, no obstante, se añadieron especies como *Tuta absoluta* (Meyrick), *Spodoptera*

exigua (Hübner), *Mamestra brassicae* (Linnaeus) y *Plutella xylostella* (Linnaeus), bien porque el agricultor reportó daños de dichas plagas en temporadas anteriores o bien porque existían cultivos susceptibles a los ataques de estas plagas. A continuación, se procede a presentar de forma más exhaustiva dichas plagas.

1.2.1. *Spodoptera littoralis*

Spodoptera littoralis o rosquilla negra es un noctuido muy perjudicial en toda la zona mediterránea y del sur de España, mostrando fenómenos muy acusados de migración, tanto en estado larvario como adulto, y notables fluctuaciones de poblaciones. Ataca especialmente plantas hortícolas y es muy polífaga (García y Ferragut, 2002).

Las larvas de esta especie tienen el dorso ocre oscuro con los costados pardos y ocres. Se localizan entre el follaje de sus diversas plantas nutricias. Las larvas constituyen posiblemente, la mayor plaga que existe, que atacan a diversos cultivos tropicales y hortícolas europeos. Son orugas invernantes, considerando además las varias generaciones anuales de los imagos, las podemos encontrar durante todo el año (Gómez, 2002). Estas larvas pasan por 6 estadios larvarios habitualmente siendo la duración de todo el estado de larva variable en función de la temperatura variando de 12 a 130 días (Belda, 1991).

Las crisalidación tiene lugar en tierra, a una profundidad de 3 cm. En cuanto al tiempo que pasan en este estado varía mucho, desde más de cuatro meses, como por ejemplo en invierno en la zona mediterránea, a ocho días en Egipto. Tienen el bajorrelieve poco marcado, su color es rojo oscuro, granate (Gómez, 2002).

En cuanto a los adultos o imagos vuelan en varias generaciones consecutivas y solapadas, en los meses de marzo, hasta mediados de octubre. Tienen las alas anteriores con diversas tonalidades de ocres, pardo y blanquecino, formando característicos dibujos. Las alas posteriores son enteramente blancas. Las hembras colocan entre 700 y 4.000 huevos (Gómez, 2002).

Esta especie es muy difícil de destruir cuando la oruga ya es de gran tamaño, pues muestra una notable resistencia natural a la mayoría de plaguicidas, por tanto, es conveniente combatirla cuando las orugas son pequeñas (García y Ferragut, 2002).

1.2.2. *Spodoptera exigua*

Spodoptera exigua o rosquilla verde es un noctuido cosmopolita y polífago que ataca a diversos cultivos herbáceos y plantas espontáneas. En nuestro país es una plaga importante en algunos cultivos como pimiento o sandía especialmente en invernaderos en el sur del país. Presenta problemas de control con plaguicidas. En España tiene en general tres generaciones pudiendo variar de dos a seis según zonas, es una especie migratoria que pasa el invierno en el sur de la península y en el Norte de África (García y Ferragut, 2002).

Las larvas recién eclosionadas se suelen agrupar sobre tallos y hojas, las más desarrolladas a partir del tercer estadio tienden a vivir aisladamente causando mayores daños, presentando mayor actividad durante la noche (Cayrol, 1972). El color de la larva es variable según el estado de desarrollo y si se encuentran en fase solitaria o gregaria. En general en la fase solitaria presenta colores claros y en la gregaria oscuros (Caballero y Belda, 1994). Sus larvas pasan por

5 estadios larvarios y la duración total dependerá de la temperatura pudiendo ser entre 25 y 11 días (Belda, 1991).

Las crisálidas también son invernantes, por lo que se encuentran todo el año, crisalidan sobre el suelo o enterradas a poca profundidad, tienen un color anaranjado oscuro al madurar. El bajorrelieve está bien marcado (Gómez, 2002).

Los imagos vuelan desde mediados de julio hasta mediados de octubre. Tienen las alas anteriores ocreas con alguna escama parda, los dibujos orbiculares y reniformes son ocreas, las alas posteriores son blanquecinas. Su coloración es variada, pueden ser gris ceniza (Gómez, 2002).

1.2.3. *Pieris brassicae*

Pieris brassicae pertenece a la familia Pieridae, es una de las especies de mariposas blancas que causan daños, siendo la más extendida y perjudicial para las coles, aunque también ataca otras crucíferas cultivadas, o silvestres o de jardín. Tiene un área de distribución muy amplia, ya que comprende toda Europa salvo el extremo Septentrional, el Norte de África, la India y China (Domínguez, 1998). Aparecen muy pronto en primavera y tienen de tres a seis generaciones anuales que se suceden ininterrumpidamente. El umbral de desarrollo es de 10 °C (García y Ferragut, 2002).

Las orugas de esta especie son de color amarillo verdoso más o menos fuerte, con numerosos puntos y pinaculum negros. Son gregarias, se mantienen durante todo su desarrollo en grupos de 20-30 orugas que corresponden a las puestas efectuadas por las hembras. En este estado es muy sensible a *Bacillus thuringiensis* (Gómez, 2001). Esta especie consta además de 5 estadios larvarios con duración total del ciclo variable pudiendo ser de 10 a más de 20 días en función de la temperatura (Mori, 2014).

Las crisálidas son invernantes, por lo que se pueden encontrar prácticamente durante todo el año. Se mantienen adheridas a su soporte mediante una cintura de seda torácica y por el cremáster a una almohadilla de seda. Tienen un aspecto anguloso con un color blanquecino, amarillento o grisáceo, se mantienen en este estado entre 10 y 15 días (Gómez, 2001).

Los adultos son de color blanco con diversas manchas en las alas, tienen una envergadura de 6 a 7 cm. Se diferencia de otras mariposas bancas por una mancha negra en el extremo apical del ala anterior, que se extiende lateralmente hacia abajo ocupando la mayor parte de su lateral (García y Ferragut, 2002).

1.2.4. *Tuta absoluta*

La *tuta absoluta* es una especie perteneciente a la familia de los Gelechiidae, se tienen registros de esta especie por primera vez durante el invierno de 2006 a 2007 en Castellón. Procede del norte de Sudamérica, en la actualidad está considerada como una de las plagas clave del cultivo del tomate en casi todos los países productores de Sudamérica. Se muestra como una plaga muy agresiva, alcanzando niveles elevados de población y causando daños importantes a las hojas en el cultivo del tomate, aunque también afecta a la berenjena y a otras solanáceas como la patata (García y Vercher, 2010).

Las larvas de esta plaga son del tipo eruciforme con tres pares de patas y cinco pares de falsas patas. En el protórax tienen una banda oscura oblicua que no cubre la línea media dorsal. Pasa por cuatro estadios larvarios antes de pupar (Fernández y Montagne, 1990).

Próximo a pupar las larvas detienen su alimentación y empiezan a tejer un capullo y al mismo tiempo van acortándose en longitud. Las observaciones realizadas indican que este insecto pupa básicamente en las hojas (Fernández y Montagne, 1990), pero también se ha observado que también pupan ligeramente bajo la superficie del suelo o sobre la superficie del mismo (Vercher *et al.*, 2009).

Los adultos poseen una coloración grisácea y con antenas filiformes, con alternancia de anillos claros y oscuros, siendo las antenas más largas en los machos (Coelho y França, 1987). La hembra tiene una longevidad de 10 a 15 días, mientras que los machos viven de 6 a 7 días, realizan la puesta en la parte aérea de las plantas hospedantes y una misma hembra puede colocar de 40 a 150 huevos durante su vida (Estay y Bruna, 2002). El insecto presenta numerosas generaciones al año completando una generación en uno a tres meses según la temperatura (Bahamondes y Mallea, 1969) y se desarrolla tanto en zonas tropicales como en climas subtropicales y templados, con temperaturas umbrales para su desarrollo comprendidas entre 7 y 9 °C (Barrientos *et al.*, 1998).

1.2.5. *Mamestra brassicae*

Mamestra brassicae es un noctuido ampliamente extendido por Europa, en la Península Ibérica aparece en muchas regiones, aunque es más frecuente en la mitad septentrional. Ataca prácticamente cualquier planta herbácea baja pero particularmente a col y plantas relacionadas (Carter y Hargreaves, 1987).

Las orugas constituyen en ciertas condiciones plagas importantes. Cuando son jóvenes las larvas son enteramente verdes con una franja lateral blanca, al mudar de piel van adquiriendo los colores definitivos, con el dorso gris oscuro y la parte ventral blanquecina amarillenta claro. Se pueden encontrar varias orugas sobre una misma planta lo que si se une a la voracidad de estas orugas se comprende que puedan formar plagas devastadoras en ciertos cultivos (Gómez, 2002).

Crisalidan en tierra, son invernantes, por lo que considerando las varias generaciones anuales se pueden encontrar todo el año. Tienen poco bajorrelieve, su color es rojizo brillante. (Gómez, 2002).

Los imagos pueden tener hasta 3 generaciones anuales en latitudes meridionales, volando desde el mes de abril hasta octubre, solapándose entre sí. Tienen las alas anteriores gris ocráceo, con dibujos orbiculares y reniformes bien marcados, las alas posteriores son grises (Gómez, 2002).

1.2.6. *Plutella xylostella*

Es una plaga originaria de Europa Occidental que en la actualidad está extendida por todo el mundo y está considerada como una de las plagas más importantes de las crucíferas cultivadas. En España produce ataques variables y esporádicos, con algún año que causa fuertes daños a las crucíferas cultivadas en invierno y primavera de la zona mediterránea, aunque la mayoría de años pasa desapercibida (García y Ferragut, 2002).

La larva es al principio blanquecina adquiriendo poco después el color verde. Es minadora en su primer estadio, haciendo galerías. A partir del segundo estadio la oruga vive en el exterior, sobre todo en el envés de las hojas. Es muy móvil, retorciéndose violentamente cuando se le molesta y dejándose caer al suelo con facilidad (García y Ferragut, 2002).

Pupa dentro de un tenue capullo de seda blanquecino a través del cual puede verse la crisálida (García y Ferragut, 2002). La crisálida es de color pardo y de unos 8 mm de longitud (Del Estal *et al.*, 1998).

El imago posee alas estrechas y alargadas, su coloración es muy característica y permite identificar la especie por su aspecto externo. El ala anterior es parda externamente y blanca en el margen interior, separando ambas coloraciones una línea sinuosa. El número de generaciones anuales es muy variable con la climatología y oscila entre cinco y diez (Gómez, 2002).

1.3. *Bacillus thuringiensis*

El desarrollo de las primeras formulaciones bioinsecticidas de *B. thuringiensis* se remontan a las primeras décadas del siglo pasado. Con su descubrimiento surgieron una serie de inconvenientes, como que tiene un reducido espectro insecticida (evidente ventaja ecológica que lo hace compatible con los enemigos naturales pero que es una característica indeseable desde el punto de vista comercial), que actúa solo por ingestión lo cual limita sus aplicaciones prácticas, que la susceptibilidad se ve influenciada por el estado del desarrollo del insecto (no afecta por igual a larvas al principio que al final del desarrollo), tiene poca persistencia ya que se lava con facilidad por la lluvia y la luz ultravioleta lo desactiva. Estos inconvenientes son superables mediante el desarrollo de líneas de trabajo que actualmente se llevan a cabo en todo el mundo y que están encaminadas a mejorar las prácticas de *B. thuringiensis* (Iriarte y Caballero, 2001).

Se han aislado diferentes subespecies de *B. thuringiensis* capaces de ejercer control sobre una amplia gama de lepidópteros, como la subespecie *kurstaki* y la subespecie *aizawai*, para los dípteros se prefiere la subespecie *israeliensis* y para los coleópteros la subespecie *tenebrionis* (Malo *et al.*, 2009). Por tanto, para este trabajo tan solo serían útiles los dos primeros.

Los cristales de *B. thuringiensis* pueden ser degradados por la acción de los microorganismos del suelo (West *et al.*, 1984) y, al igual que sus esporas, también pueden ser inactivados por la acción de la luz ultravioleta (Pusztai *et al.*, 1991). Cada cuerpo de inclusión cristalino puede estar formado por proteínas Cry de una o diversas clases que se agrupan entre sí mediante puentes disulfuro (Masson *et al.*, 1998). La estabilidad de estos enlaces marca el pH de solubilización del cristal (Sauka y Benintende, 2008).

Los cristales de *B. thuringiensis* son ingeridos y luego solubilizados en el intestino medio del insecto, tras lo cual se liberan las proteínas cristalinas en forma de protoxinas. Estas no producirán el daño por sí mismas, sino que deberán ser procesadas por proteasas intestinales para generar las toxinas activas que llevarán a la muerte de la larva. Bajo su forma monomérica, las toxinas atraviesan la membrana peritrófica y se unen de forma univalente a la caderina, con gran afinidad en la cara apical de la membrana epitelial (Bravo *et al.*, 2004).

2. Justificación y objetivos

En la actualidad se está apostando por sistemas de agricultura más sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Esto implica una clara reducción parcial o total del uso de productos fitosanitarios que normalmente se aplican en agricultura convencional.

Cada vez es más habitual el uso de modelos de Producción integrada. Estos modelos restringen aún más el número de productos fitosanitarios permitidos, además promueven el uso responsable de los mismos aplicando solo en el momento más oportuno.

Estas dificultades hacen indispensable que se tengan que conocer de la mejor manera posible las plagas con las que cuenta o puede contar las parcelas en las que se vaya a trabajar y apostar además por productos fitosanitarios que respete la fauna útil promoviendo así la lucha biológica.

Por tanto, con todos estos factores se hace necesario establecer un sistema de gestión de plagas, en este caso de lepidópteros. Estas plagas llevan causando daños en la finca de estudio durante los dos últimos años. El principal problema ha sido que, en las actuaciones realizadas anteriormente, siempre se llegaba tarde para realizar el tratamiento y por tanto no se obtenía la efectividad adecuada. Por consiguiente, el agricultor debía realizar un gran gasto en productos fitosanitarios para poder dejar la plaga en niveles estables para el crecimiento correcto de los cultivos.

Por tanto, los objetivos de este trabajo serán:

- Identificar las distintas especies de lepidópteros plaga que afectan a la zona de estudio.
- Conocer si existen preferencias alimenticias de las distintas especies plaga.
- Seguir la evolución de los daños en los cultivos después del tratamiento para comprobar su eficiencia
- Realizar el seguimiento de diferentes plagas de lepidópteros mediante muestreos y trampeos para conocer su actividad en campo, así como las variaciones poblacionales.
- Conocer la eficacia del plaguicida *B. thuringiensis* subsp. *Kurstaki* para larvas de *S. littoralis* en función de su estadio larvario.
- Establecer un Programa de Gestión Integrada de lepidópteros

3. Materiales y métodos

3.1. Zona de estudio

Para la realización del trabajo se visitó una finca de la empresa Saifresc ubicada en la Comunidad Valenciana y más en concreto en el término municipal de Manises perteneciente a la comarca de l’Horta Oest. La zona de muestreo se encuentra aproximadamente a 14 kilómetros de la ciudad de Valencia y tiene fácil acceso mediante la autovía A-3 o la autovía A-7 (Figura 5).

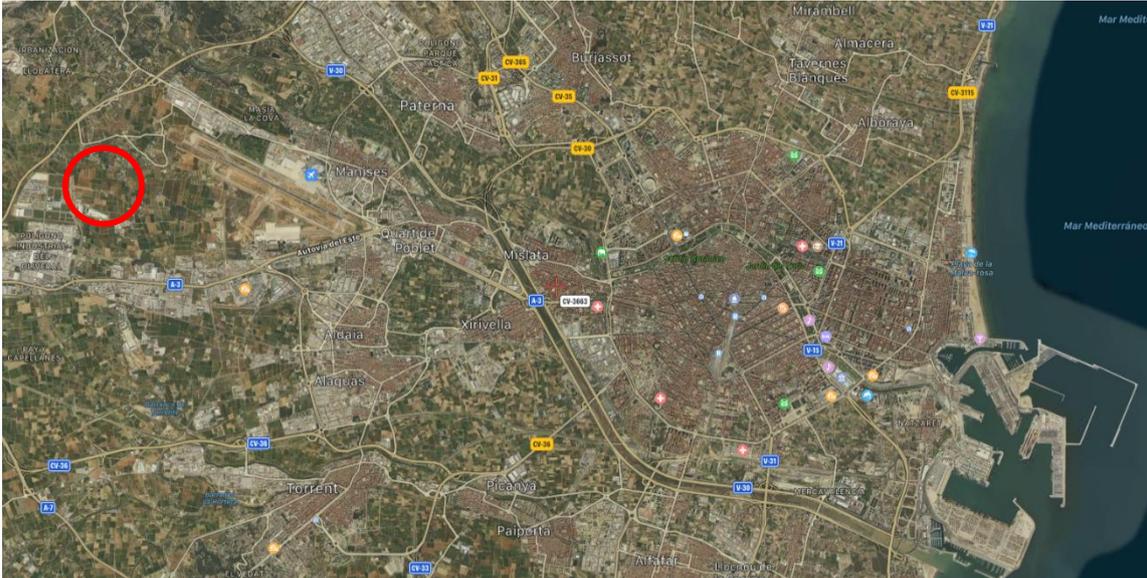


Figura 5. Imagen satelital de Google Maps de la ubicación de la finca respecto a los municipios cercanos.

La finca concretamente se encuentra a 8 kilómetros del municipio de Manises en dirección Oeste en una zona cercana a la urbanización del Collado siguiendo la CV-410 (Figura 6).

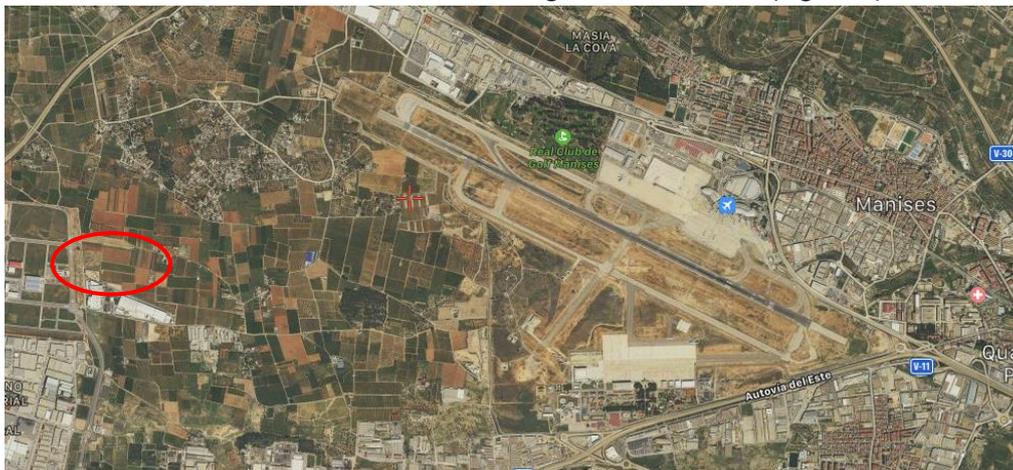


Figura 6. Ubicación de la finca respecto al municipio de Manises obtenida de Google Maps.

La finca pertenece al polígono 15 del Coscollar en Manises y cuenta con 5,2 hectáreas divididas en 3 parcelas (Figura 7).



Figura 7. Imagen de Google Maps de las parcelas de la finca de Saifresc en Manises. La parcela de estudio en la que se realizaron los muestreos de larvas es la parcela rodeada de color negro.

La parcela redondeada en color negro, que será la parcela de estudio, tenía cultivado distintas variedades de boniato y coles (Figura 8) en las que se realizaron muestreos como a continuación se mostrará. La parcela roja tenía exclusivamente patata y la parcela en verde contenía distintos tipos de coles.

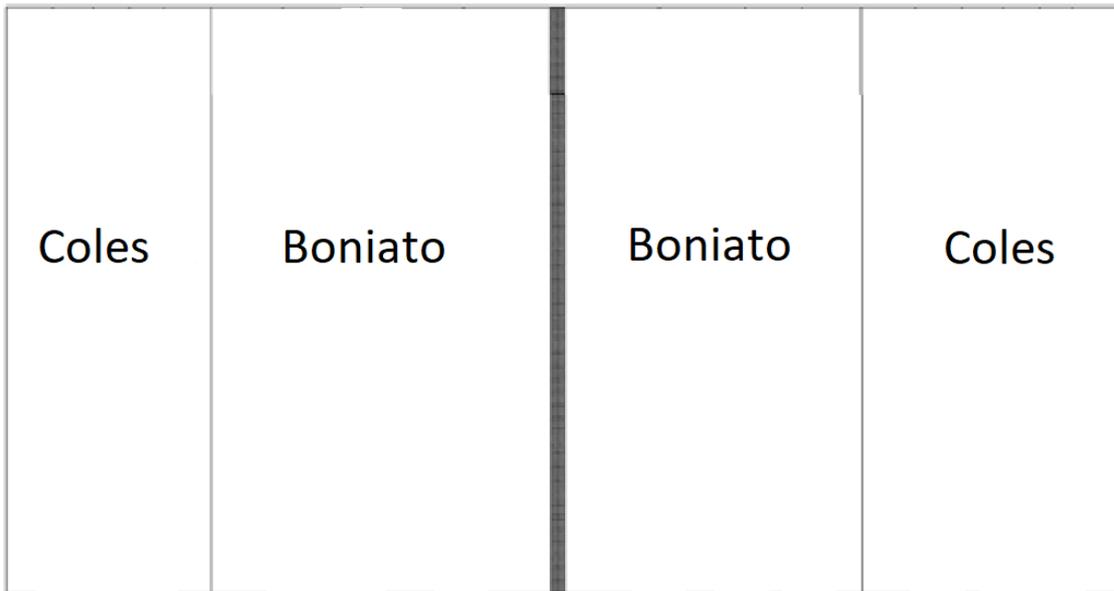


Figura 8. Esquema de los cultivos presentes en la parcela de estudio.

3.2. Muestreo de larvas en campo

El período de muestreo en campo abarcó desde el mes de septiembre hasta el mes de noviembre donde se realizaron muestreos semanales. Se hicieron muestreos en cultivos de boniato y coles. Para cada uno se realizó distintos métodos de muestreo por lo que se explicarán cada uno por separado.

3.2.1. Muestreo en boniato

Para boniato se realizó muestreos semanales durante aproximadamente un mes, desde el 14 de septiembre hasta el 11 octubre que se recolectó.

Se utilizó un muestreo que consistía en muestrear 3 veces por cada variedad, una en la esquina inferior izquierda, otra en el centro y otra en la esquina superior derecha (Figura 9). La zona 1 estaba pegada al camino y la zona 3 estaba colindante con otra parcela de hortalizas

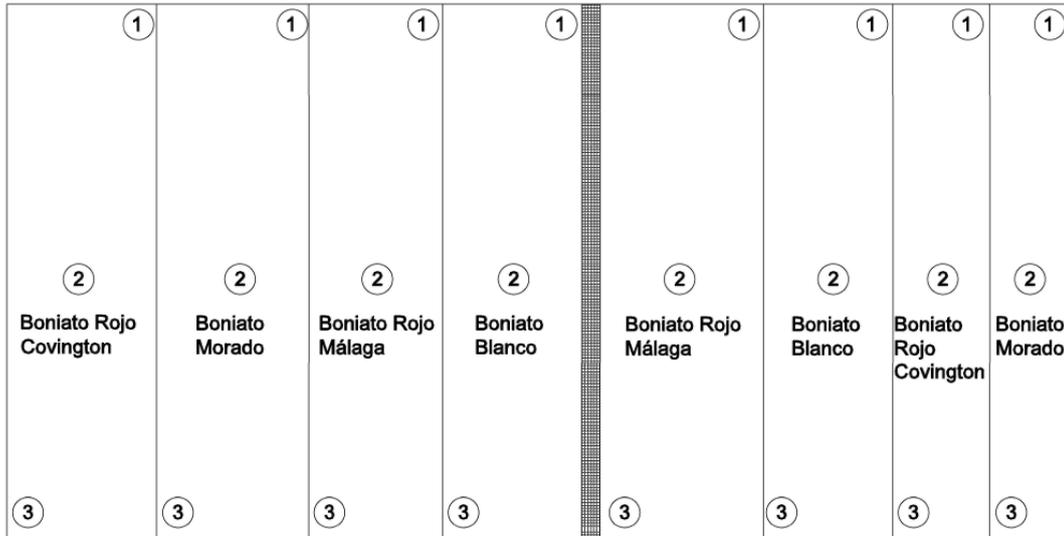


Figura 9. Distribución de los cultivos y de los muestreos en las zonas de boniato

Para el muestreo se recurrió a un método de golpeo que consistió en dar dos pequeñas sacudidas a la planta colocando debajo de la misma una bandeja para recoger todo lo que callera (Figura 10), en el caso de que callera alguna larva de lepidóptero se guardó en un bote para su posterior cría en laboratorio. Además, se evaluó el daño que tenía la planta muestreada siguiendo una escala de daño previamente realizada (Figura 11) donde daños leves equivalen al valor 1, daños medios al valor 2 y a los daños graves se le asignó el valor 3.



Figura 10. Larva de *S. littoralis* recogida en bandeja después de golpeo en boniato



Figura 11. Escala de daños en boniato

3.2.2. Muestreo en coles

Para las coles se realizaron muestreos semanales durante aproximadamente un mes desde el 11 de octubre al 16 de noviembre.

A diferencia del boniato no se podía muestrear por método de golpeo ya que la morfología de la col es muy distinta a la planta del boniato que favorecía que se pudiera sacudir con facilidad. Debido a este contratiempo se realizó una comprobación visual exhaustiva en la que se indicaba la presencia o no presencia de larvas en la planta. Además, se realizó una evaluación de daños siguiendo una escala de daños que se preparó previamente (Figura 12) que al igual que en boniato, en caso de encontrarse daños leves se asignó un 1, si hay daños medios se asignó un 2 y en caso de haber daños graves se asignó un 3.

Las zonas de muestreo siguieron el mismo patrón que para los muestreos en boniato, escogiendo 3 zonas, una en la esquina inferior izquierda, otra en el centro y otra en la esquina superior derecha (Figura 13).

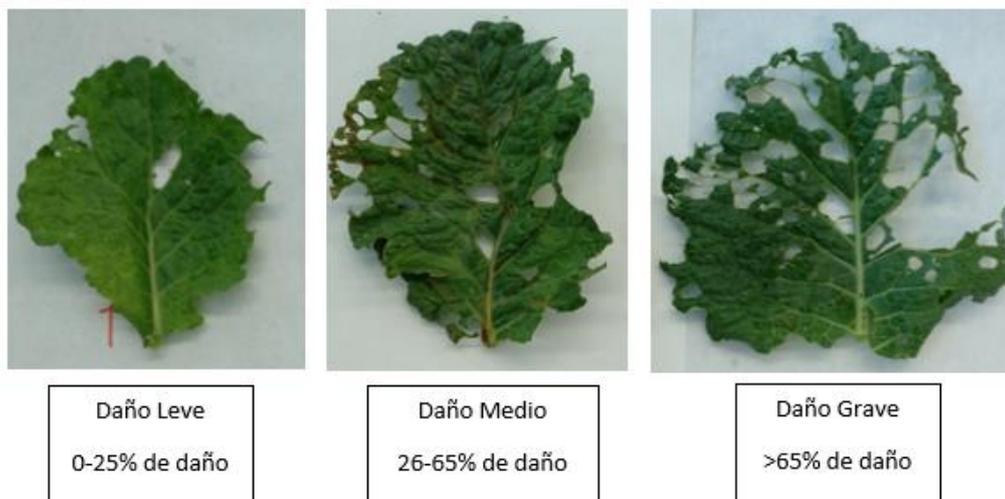


Figura 12. Escala de daño en coles



Figura 13. Distribución de los cultivos y de los muestreos en las zonas de coles



Figura 14. Larva de *S. littoralis* encontrada en muestreo de coles por muestreo visual

3.3. Muestreo de adultos en campo

En el mes de septiembre se empezó a colocar trampas en el lugar de muestreo. Las trampas de intercepción consistían en dos tipos de trampa, las primeras eran trampa de tipo polillero y las segundas eran trampas tipo delta, los dos tipos de trampa eran de la marca Econex.

3.3.1. Trampas tipo polillero

Las trampas tipo polillero consistían en una trampa (Figura 15), en la cual se coloca en la parte superior un atrayente que no es más que una feromona sexual que atrae a los machos hacia ella. Del mismo modo, en la parte inferior se debe colocar un insecticida que en este caso consistió en pastillas de vapona (fosfato de dietil 2,2-diclorovinilo (DDVP)) que hizo que los machos que acudían a la parte superior de la trampa cayeran muertos a la parte inferior para después realizar el recuento en el laboratorio.



Figura 15. Trampa tipo polillero

Fueron colocados un total de 4 polilleros en campo entre el periodo que abarca desde el 7 de septiembre hasta el 20 de diciembre de 2018 y entre el 28 de febrero y el 10 de abril de 2019 los cuales fueron distribuidos en campo (Figura 16) asignando varias feromonas que se fueron cambiando cada 4 semanas ya que una vez transcurrido ese tiempo perdían efecto.



Figura 16. Distribución de las trampas tipo polillero en campo

Los polilleros 1 y 2 se colocaron el 7 de septiembre y estuvieron hasta el 20 de diciembre, aunque al polillero 1 se le cambió la feromona en el último período como se verá a continuación. En cambio, los polilleros 3 y 4 se colocaron más tarde, concretamente el 28 de septiembre al ver el creciente número de capturas. Las trampas debían ser colocadas en ramas de árboles de fauna auxiliar como los polilleros 1, 2 y 4, o también se podía colgar de una pequeña barra clavada en

el suelo. Posteriormente los polilleros 3 y 4 se volvieron a colocar el 28 de febrero para evaluar la cantidad de lepidópteros en un nuevo período de tiempo.

Las feromonas en los polilleros se colocaron en función de lo que se vio en campo en cuanto a larvas y de lo que se consultó previamente con el agricultor que había aparecido en años anteriores, las feromonas se asignaron como se ve en la Tabla 2:

Tabla 2. Distribución de las feromonas en polilleros a lo largo del tiempo

Polillero	Feromona	Fecha
1	<i>Spodotera exigua</i>	07/09/2018-29/11/2018
1	<i>Plutella xylostella</i>	29/11/2018-20/12/2018
2	<i>Spodoptera littoralis</i>	07/09/2018-20/12/2018
3	<i>Spodotera exigua</i>	28/09/2018-20/12/2018
3	<i>Spodoptera littoralis</i>	28/02/2019-10/04/2019
4	<i>Spodoptera littoralis</i>	28/09/2018-20/12/2018
4	<i>Pieris brassicae</i>	28/02/2019-10/04/2019

Las trampas tipo polillero se revisaban semanalmente, recogiendo las capturas en botes de plástico para realizar el conteo en laboratorio para poder obtener así la curva de vuelo.

3.3.2. Trampas tipo delta

Las trampas tipo delta consistían en una trampa con forma de pirámide triangular colocada de forma horizontal (Figura 17), en la cual se debe colocar en la parte interior una trampa pegajosa blanca a la cual se le coloca en el centro un atrayente que en este caso fueron feromonas sexuales de la especie escogida que atraían a los machos hacia ella y una vez se posaban en la trampa se quedaban pegados en ella sin posibilidad de escapar lo que facilitó el recuento en laboratorio.



Figura 17. Trampa tipo delta y trampa pegajosa blanca

Se colocaron 4 trampas tipo delta en campo (Figura 18) y estuvieron activas en dos periodos, el primero desde el 14 de septiembre hasta el 20 de diciembre de 2018 y el segundo desde el 28 de febrero hasta el 10 de abril de 2019. Las trampas se revisaban semanalmente, retirando la

trampa pegajosa blanca cada semana envolviéndola en film transparente y marcando la fecha a la que correspondía esa trampa para realizar el conteo en el laboratorio. Cuando se retiraba la trampa pegajosa se le retiraba la feromona correspondiente y se colocaba de nuevo en la nueva trampa que iba a realizar las capturas de esa semana.



Figura 18. Distribución de trampas tipo delta en campo

Cada trampa delta tuvo una feromona distinta, aunque la trampa 1 al final de todo el periodo que estuvo colocada se le intercambio la feromona que tenía colocada debido a la ausencia de capturas. Al igual que en los polilleros, una vez transcurridas 4 semanas las feromonas se intercambiaban por unas nuevas. El periodo de cada feromona se puede ver en la Tabla 3:

Tabla 3. Distribución de las feromonas en trampas delta a lo largo del tiempo

Delta	Feromona	Fecha
1	<i>Spodotera exigua</i>	14/09/2018-29/11/2018
1	<i>Tuta absoluta</i>	29/11/2018-20/12/2018
2	<i>Spodoptera littoralis</i>	14/09/2018-20/12/2018
3	<i>Mamestra brassicae</i>	28/02/2019-10/04/2019
4	<i>Plutella xylostella</i>	28/02/2019-10/04/2019

3.4. Ensayo con *Bacillus thuringiensis*

A lo largo de todo el periodo de muestreo, las larvas de *S. littoralis* encontradas eran recogidas y llevadas al laboratorio para realizar una cría de las mismas. La cría de larvas era realizada con una placa Petri con una capa de 1,5 cm de tierra del mismo campo donde se recogían las larvas. Una vez con tierra se introducían larvas en un número variable (de 5 a 10 larvas por placa aproximadamente) a la vez que se introducían hojas frescas de boniato o col que debían ser renovadas cada 2 días como máximo. Una vez se encontraban las larvas con comida dentro se cerraba el evolucionario con otra placa acompañada de un plástico agujereado para que las larvas pudieran respirar.

El objetivo de crear estos evolucionarios era el de alcanzar un número razonable de adultos, que realizaran puestas de huevos para obtener un mínimo 10 larvas de cada uno de los estadios

larvarios de la especie con la que se iba a realizar un ensayo con *B. thuringiensis*. Al ser la más abundante se eligió *S. littoralis*, la cual, al tener 6 estadios larvarios, se necesitarían un total de 60 larvas.



Figura 19. Ejemplo de evolucionario con adulto de *Spodoptera littoralis*

Una vez obtenidas las larvas necesarias se retiraron 10 larvas de cada estadio larvario y se introdujeron todas juntas en una placa Petri. A la vez se preparaba la solución con *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* con una dosis de 75 gramos por 100 litros. En este caso se preparó para una disolución de 0,75 litros por lo que se utilizó 0,56 gramos de producto.

A continuación, la disolución fue introducida en un pulverizador con el que se impregnaban distintos trozos de hojas de coles (Figura 20) que posteriormente fueron introducidas en las placas Petri con las 10 larvas de cada estadio larvario.



Figura 20. Hojas de col con *B. thuringiensis* y hojas de col introducidas en la placa Petri para el ensayo de *B. thuringiensis* con L4

Una vez pasado un período de tiempo de entre una semana y media y dos semanas se procedía a apuntar el número de larvas que había sobrevivido al ensayo con el producto fitosanitario para analizarlos posteriormente y obtener la eficacia del mismo en cada etapa de vida de la larva.

3.5. Análisis de resultados

A partir de los resultados obtenidos por medio de los conteos de las trampas y los muestreos, así como de los resultados obtenidos del ensayo con *B. thuringiensis* se procedió al análisis de los mismos por distintos métodos.

Para comenzar los datos de los muestreos se analizaron con una hoja de datos que permitió comparar los daños producidos por las larvas y conocer si los daños se han producido en alguna especie de boniato de manera más específica o si las plantas se recuperan de manera temprana después de los tratamientos, los datos también fueron tratados con el programa estadístico StatGraphics para conocer si existen diferencias significativas entre las fechas muestreadas, zonas de muestreo y los daños observados, realizando un análisis estadístico ANOVA para cada muestreo.

Para continuar, en cuanto a los conteos de las trampas se procedió a recoger todos los datos en una hoja de datos, donde se clasificará por especie, tipo de trampa y se ordenará por fechas. Una vez recogidos esos parámetros se procedió a la obtención de la curva de vuelo con el objetivo de conocer los máximos y cuando estos empiezan a desaparecer para conocer el momento óptimo de tratamiento para la especie.

Por otro lado, se debían tratar los datos del ensayo con *B. thuringiensis* para los cuales se necesitó también una hoja de cálculo para determinar la tasa de mortalidad en cada fase del estadio larvario y determinar así para qué etapa es más efectivo el producto, así como se utilizó el programa StatGraphics para realizar un análisis ANOVA para buscar diferencias significativas entre los resultados de los tratamientos en cada estadio larvario.

4. Resultados

4.1. Resultados muestreos de larvas

En el análisis de los resultados del muestreo en larvas se estudió la influencia de distintos factores. El primero de ellos fue si los daños producidos por las larvas eran mayores en una variedad de boniato que en otra, y, por tanto, la especie tenía preferencia por alguna variedad en concreto. También se estudió el número de larvas encontradas por variedad. El siguiente parámetro que se evaluó fueron los daños y número de larvas por zona de muestreo. Por último, se analizó la evolución de los daños respecto a los distintos tratamientos realizados por el agricultor. Cabe recordar que para medir los daños se ha seguido la escala de daños mostrada anteriormente que ira de 1 a 3 siendo el 1 daños leves y 3 daños graves.

Para comenzar, se analizaron estadísticamente con una ANOVA simple los resultados obtenidos en los muestreos de boniato. Los resultados muestran que no existen diferencias significativas (p -valor=0,8339; $F=0,29$; $g.l.=3$) entre los daños producidos por las larvas y las distintas variedades. Esto hace indicar que las larvas tanto de *S. littoralis* como de *S. exigua* no tienen preferencia por ninguna variedad como indica la Figura 21. En el análisis estadístico del número de larvas por variedad, tampoco se encuentran diferencias significativas (p -valor=0,8239; $F=0,3$; $g.l.=3$). Sin embargo, aunque el análisis estadístico no muestra diferencias significativas, al observar la Figura 22 podemos apreciar diferencias leves en la variedad rojo Covington, donde se encontraron un número menor de larvas.

Daños en función de la variedad

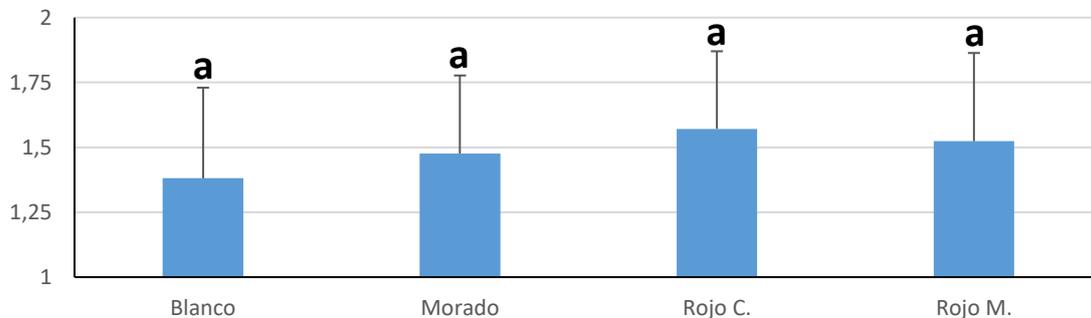


Figura 21. Evaluación de la media de daños en boniato en función de la variedad. La evaluación de daños será dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestreo abarca entre el 14 de septiembre al 11 de octubre.

Larvas encontradas por variedad

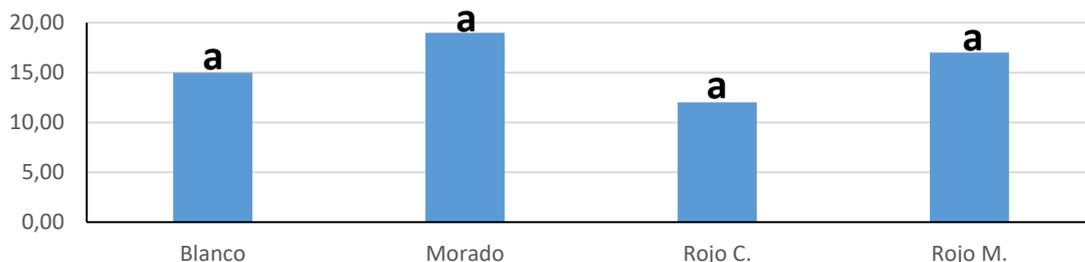


Figura 22. Suma total de larvas encontradas en boniato en función de la variedad. El periodo de muestreo abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre.

Para continuar con el análisis de los datos de muestreo en boniato se estudiaron los daños y las larvas encontradas pero esta vez por zonas de muestreo, con el fin de conocer si existen diferencias entre los datos obtenidos en el extremo del cultivo frente al centro del mismo.

Para comenzar, se evaluó los daños en función de la zona, donde al igual que en la variedad esta tampoco se observan diferencias significativas ($p\text{-valor}=0,0720$; $F=2,72$; $g.l.=2$) entre la zona 1 y el resto de zonas que tienen niveles de daño mayores como se puede ver en la Figura 23.

También se analizó estadísticamente el número de larvas encontradas por zona. Los resultados muestran que tampoco existen diferencias significativas ($p\text{-valor}=0,3609$; $F=1,02$; $g.l.=2$) entre las tres zonas de muestreo. Aunque si se observa la Figura 24 se puede ver que predominantemente se encontraron en la zona central del cultivo.

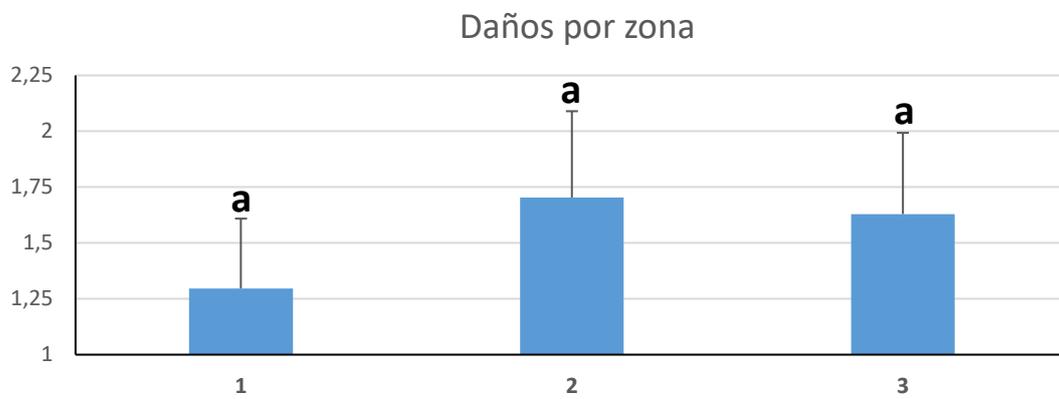


Figura 23. Evaluación de la media de daños en boniato en función de la zona. La evaluación de daños será dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestreo abarca entre el 14 de septiembre al 11 de octubre.



Figura 24. Suma total de larvas encontradas en boniato en función de la zona. El periodo de muestreo abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre.

Por último, se evaluó el nivel de daños en función del tiempo. Se ha de tener en cuenta que cuando se llegó a las parcelas para realizar los primeros muestreos ya se aplicaron tratamientos con Spinosad, *B. thuringiensis* y piretrinas semanalmente desde el 7 de septiembre hasta finales de ese mismo mes, donde el nivel de infestación era considerable. Posteriormente a partir de octubre tan solo se realizó un tratamiento con los tres productos cada dos semanas. Además, también a partir del mes de octubre se aplicaba cobre para prevenir daños por mildiu.

Por tanto, como es previsible en los niveles totales de larva si observan diferencias significativas ($p\text{-valor}=0,0000$; $F=20,28$; $g.l.=4$) entre las larvas encontradas antes de los tratamientos durante

el primer muestreo y las larvas encontradas en muestreos posteriores (Figura 25). En cuanto a la evaluación de los daños en el tiempo con los tratamientos se observan diferencias significativas (p -valor=0,0150; $F=3,29$; $g.l.=4$) entre los daños al inicio y los daños al final, mostrando una clara mejoría del cultivo. Como se puede observar en la Figura 26, los mayores niveles de daños se dan en los dos primeros muestreos, posteriormente los daños descienden significativamente coincidiendo con los resultados del análisis estadístico.

Evolución larvas totales

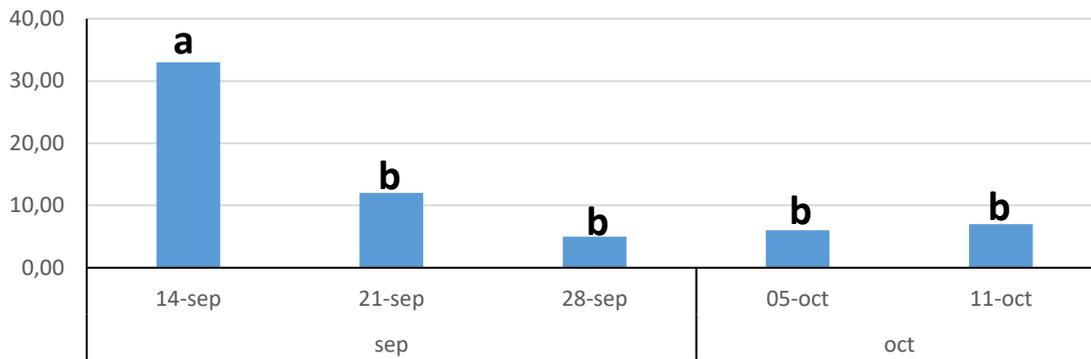


Figura 25. Evolución del número de larvas totales encontradas en boniato a lo largo de todo el muestreo que abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre.

Evolución de daños en función de la variedad

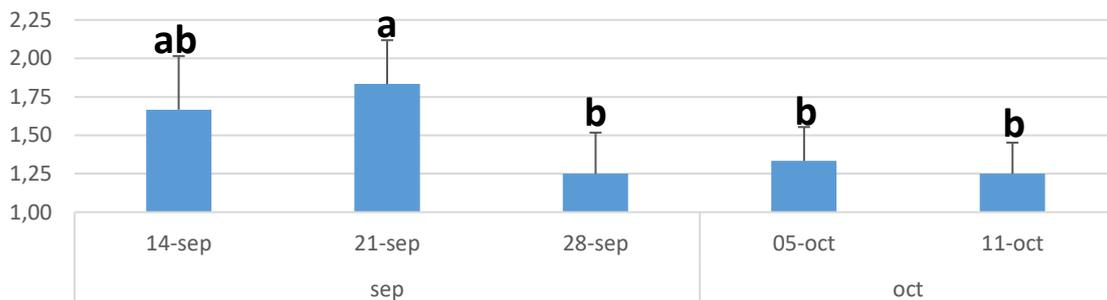


Figura 26. Evolución de la media de daños encontrados en las plantas de boniato a lo largo de todo el muestreo que abarca desde el 14 de septiembre al 11 de octubre.

Con respecto a los enemigos naturales, que contribuyen al control natural de las plagas, se encontraron 8 larvas de coccinélidos, así como 4 adultos de *Coccinella septempunctata* (Linnaeus), que ejercen de depredadores de ambas especies.

En los muestreos en coles se siguió el mismo procedimiento que en los muestreos de boniato, a excepción del número total de larvas, ya que en coles tan solo se evaluó si había presencia o no de larva. Estos muestreos se vieron notablemente afectados por los tratamientos al igual que los boniatos. Los resultados muestran una mayor afección a los tratamientos debido a que se empezó a muestrear más tarde cuando ya se habían realizado varios tratamientos sobre el cultivo.

Los datos obtenidos de los muestreos en coles se han analizado estadísticamente en función de la variedad. En este caso se encuentran diferencias significativas en cuanto al nivel de daños encontrados en la planta (p -valor=0,0094; $F=3,97$; $g.l.=3$), siendo la col repollo la variedad que

mayores daños presentaba. Por otro lado, en cuanto a la presencia o no presencia de larvas no se obtuvieron datos significativos que permitan dar un resultado estadístico, ya que tan solo se encontró una larva en todos los muestreos realizados en coles.

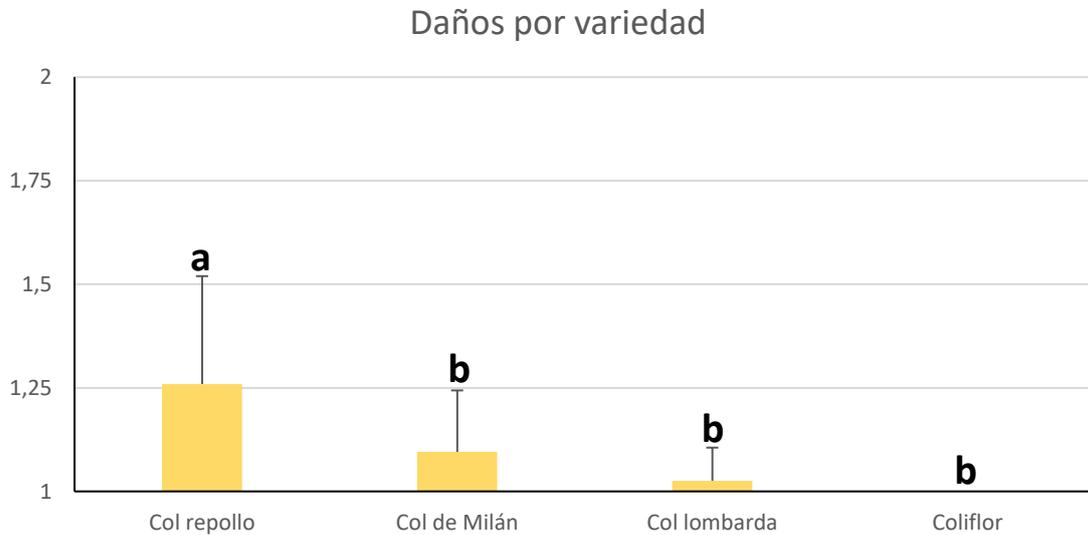


Figura 27. Evaluación de la media de daños en coles en función de la variedad. La evaluación de daños está dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestro abarca entre el 11 de octubre al 16 de noviembre.

En los resultados obtenidos en cuanto a las diferentes zonas de muestreo también se observa diferencias significativas en las evaluaciones de daño (p -valor=0,0442; $F=3,19$; g.l.=2) en función de la escala de daños realizada que abarca entre valores de 1 a 3.

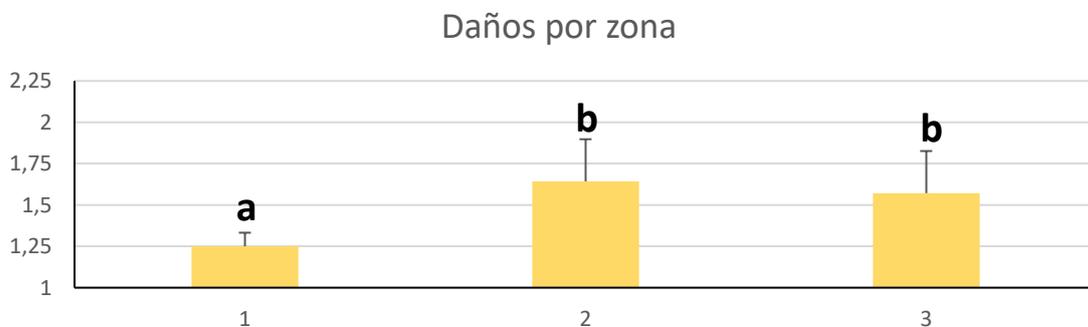


Figura 28. Evaluación de la media de daños en coles en función de la zona. La evaluación de daños será dentro de una escala del 1 al 3. El periodo de muestro abarca entre el 11 de octubre al 16 de noviembre.

En cuanto a la evolución de los daños en coles en el tiempo se observaron diferencias, pero al contrario que en el boniato no presentan diferencias significativas entre grupos (p -valor=0,0890; $F=1,96$; g.l.=5). En cambio, gracias a las pruebas de múltiple rango, sí se encuentran diferencias significativas entre el 11 de octubre por un lado y 18 de octubre, 8 de noviembre y 16 de noviembre por otro como se ve en la Figura 29.

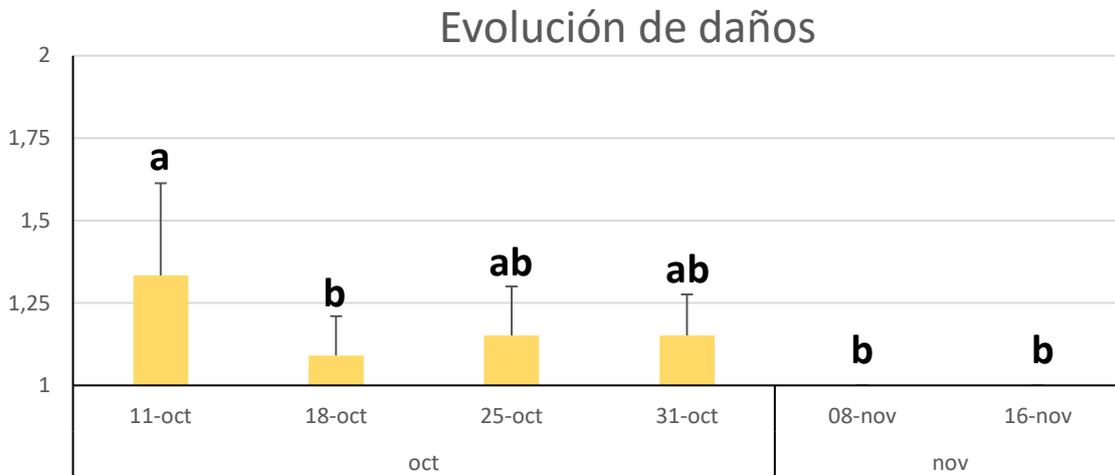


Figura 29. Evolución de la media de daños encontrados en las coles a lo largo de todo el muestreo que abarca desde el 11 de octubre al 16 de noviembre.

4.2. Resultados de las trampas

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el trapeo con trampas blancas y polilleros colocados en campo. Con los datos obtenidos en las trampas de interceptación se procede a elaborar las curvas de vuelo de las distintas especies, con el fin de conocer mejor su biología y localizar los momentos óptimos de tratamiento para obtener el mejor rendimiento y menos costes posibles para el agricultor.

En las trampas se han estudiado un total de 6 especies distintas de lepidópteros. Estas especies son *S. littoralis*, *S. exigua*, *P. brassicae*, *M. brassicae*, *T. absoluta* y *P. xylostella*. La abundancia de las especies ha sido diferente, las más abundantes fueron las tres primeras que se han citado, mientras que las tres últimas se capturaron pocos ejemplares.

4.2.1. Resultados *Spodoptera littoralis*

Para comenzar, se va a hablar de *S. littoralis*. Esta especie ha sido con diferencia el lepidóptero más capturado durante el muestreo y que por consiguiente más daño ha causado a lo largo de todo el trabajo.

Para poder realizar la curva de vuelo de *S. littoralis* previamente fue necesario realizar un conteo de las capturas de las trampas y a su vez ajustar dichos parámetros, puesto que en diversos periodos de tiempo existían simultáneamente dos polilleros con feromonas de *S. littoralis* debido al alto número de capturas. Las capturas se expresaron en número de capturas por trampa y día, con el fin de poder comparar todos los datos entre sí.

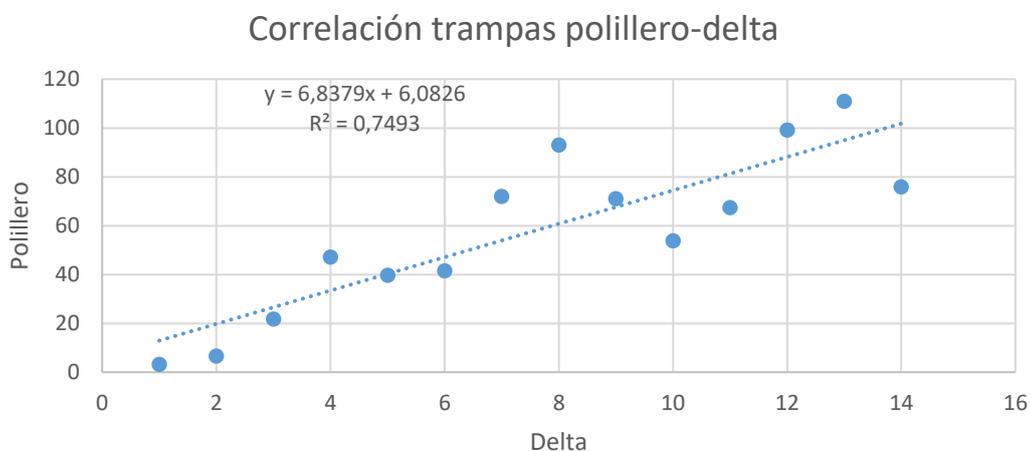
En la Tabla 4 se muestran las capturas expresadas en Capturas/trampa/día de los dos tipos de trampas. A partir del comienzo del año 2019 no se consideró oportuno colocar una trampa delta además del polillero porque como se puede observar las cifras recogidas son muy bajas. El 16 de noviembre de 2018 no se pudieron recoger datos de las trampas delta, esto fue por causa del periodo de gota fría que coincidió con el muestreo e hizo imposible el trabajo en campo.

Tabla 4. Capturas por trampa y día de *Spodoptera littoralis* a lo largo del muestreo con trampa tipo delta y trampa tipo polillero. El periodo de muestreo fue entre el 14 de septiembre de 2018 y 10 de abril de 2019

Fecha	Capturas/trampa/día	
	Delta	Polillero
14/09/2018		19,71
21/09/2018	3,00	75,86
28/09/2018	3,57	111,00
05/10/2018	4,57	99,14
11/10/2018	3,14	67,36
18/10/2018	2,86	53,86
25/10/2018	4,29	71,00
31/10/2018	3,57	93,07
08/11/2018	1,71	71,93
16/11/2018	2,00	41,50
22/11/2018	2,33	39,71
29/11/2018	2,71	47,14
05/12/2018	0,71	21,79
14/12/2018	0,71	6,57
20/12/2018	0,33	3,21
28/02/2019		0,00
07/03/2019		1,00
14/03/2019		0,71
21/03/2019		0,86
28/03/2019		0,29
04/04/2019		1,29
10/04/2019		2,14

A partir de los datos recogidos en la Tabla 4 se elaboró una curva de vuelo (Figura 31) para cada trampa para poder compararlas. Esto es porque, aunque el número de capturas es considerablemente distinto debido al tipo de trampa, la curva de vuelo se asemeja bastante y, por tanto, se busca establecer una comparación entre ambas. También con estos datos se ha realizado una recta de correlación (Figura 30) entre las capturas de ambas trampas.

Figura 30. Correlación de las trampas delta y trampas polillero



Curva de vuelo *Spodoptera littoralis*

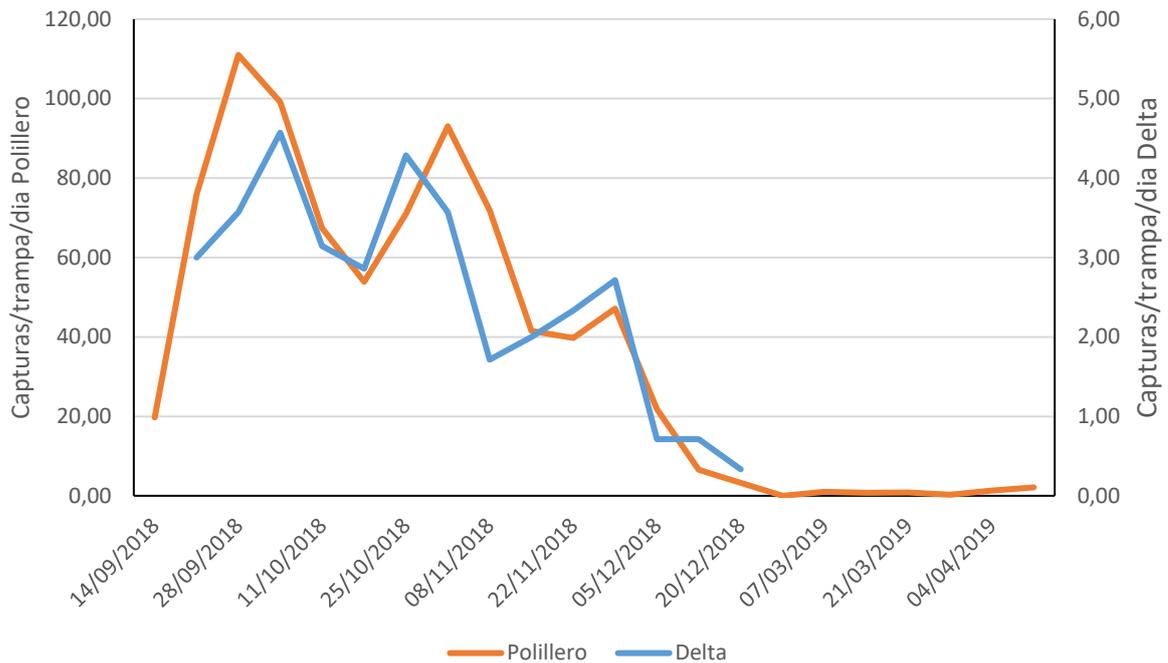


Figura 31. Curva de vuelo *Spodoptera littoralis* con trampas delta y tipo polillero entre el 14 de septiembre de 2018 y 10 de abril de 2019

Como se puede observar en la curva de vuelo, existen dos máximos de vuelo de adultos, mostrando dos generaciones bien marcadas en el mismo año tanto en la trampa delta como en la trampa tipo polillero. Estos máximos se dieron entre finales de septiembre y principios de octubre el primero y a finales de octubre el segundo. En el año 2019 se continuó haciendo muestreos desde febrero hasta mediados de abril en polilleros, pero las capturas fueron bastante bajas como se aprecia en la Figura 31.

4.2.2. Resultados *Spodoptera exigua*

A diferencia de *S. littoralis* la especie *S. exigua* ha sido capturada en las trampas en menor grado como se muestra en la Tabla 5. Esta especie tan solo apareció con cierta abundancia al principio del muestreo. Se recogieron datos de *S. exigua* desde septiembre de 2018 a diciembre de 2018.

A partir de los datos recogidos en la Tabla 5 se ha elaborado una curva de vuelo para cada trampa a fin de comparar el comportamiento de las mismas. A diferencia de *S. littoralis* (Figura 32) en este caso el número de capturas sí que son similares.

Tabla 5. Capturas por trampa y día de *Spodoptera exigua* a lo largo del tiempo con trampa tipo delta y trampa tipo polillero. El periodo de muestreo fue entre el 14 de septiembre de 2018 y 20 de diciembre de 2018

Fecha	Capturas/trampa/día	
	Delta	Polillero
14/09/2018		5,71
21/09/2018	11,29	3,00
28/09/2018	5,57	3,29
05/10/2018	5,43	4,64
11/10/2018	5,71	2,14
18/10/2018	5,86	3,21
25/10/2018	1,57	3,43
31/10/2018	1,00	1,14
08/11/2018	0,71	1,14
16/11/2018		0,36
22/11/2018	0,33	0,21
29/11/2018	0,14	0,21
05/12/2018		0,50
14/12/2018		0,86
20/12/2018		0,21

Curva de vuelo *Spodoptera exigua*

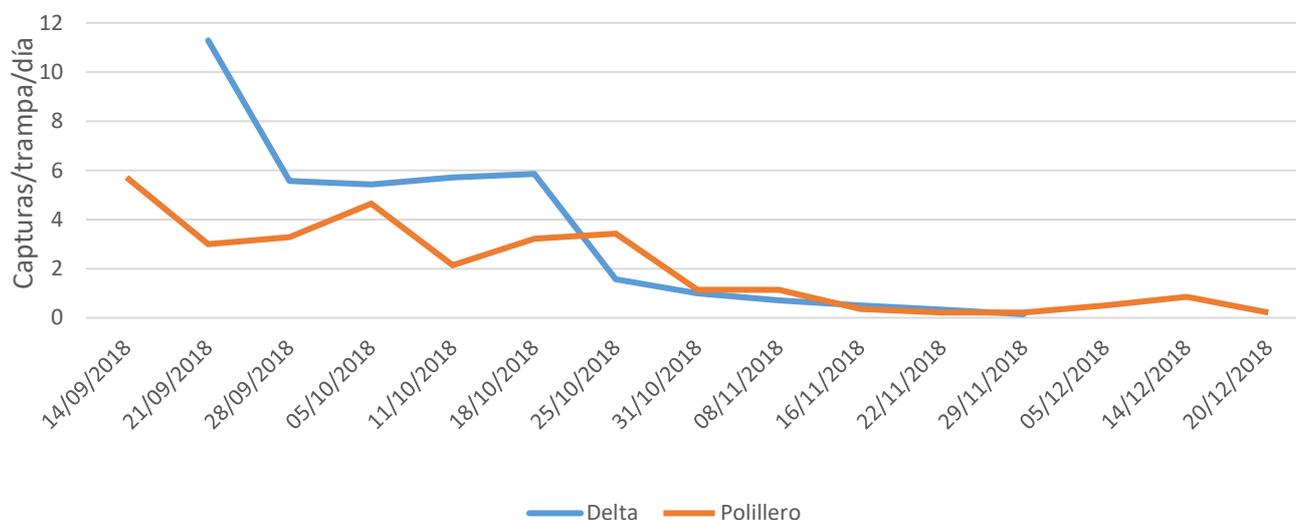


Figura 32. Curva de vuelo *Spodoptera exigua* con trampas delta y tipo polillero entre el 14 de septiembre de 2018 y 20 de diciembre de 2018.

En la Figura 32 se observa que, al comienzo del muestreo, en el mes de septiembre, ya se había producido el pico máximo de vuelo de *S. exigua*. Como se puede observar existen diferencias entre los distintos métodos de captura, aunque no son muy grandes. Los datos obtenidos en la trampa delta muestra una generación continuada hasta mediados del mes de octubre justo después del descenso del vuelo. Por otro lado, los polilleros después del descenso muestra dos pequeños picos de captura entre principios de octubre y finales del mismo mes. Por último, cabe indicar que a partir del mes de noviembre la especie reduce en gran medida el número de capturas.

4.2.3. Resultados *Pieris brassicae*

La especie *P. brassicae*, se monitoreó durante el periodo de febrero a abril de 2019 de donde se recogió en una trampa tipo polillero. Sin embargo, no se observaban daños en las coles de campo. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Capturas por trampa y día de *Pieris brassicae* a lo largo del tiempo en trampa tipo polillero. El periodo de muestreo fue entre el 28 de febrero 2019 y 10 de abril 2019

Fecha	Capturas/trampa/día
28/02/2019	4,43
07/03/2019	6,14
14/03/2019	8,43
21/03/2019	12,57
28/03/2019	16,14
04/04/2019	10,43
10/04/2019	5,86

Con los datos obtenidos se elaboró una curva de vuelo para *P. brassicae* (Figura 33). Se puede observar que *P. brassicae* tiene un pico máximo de vuelo bien marcado entre finales de marzo y principios de abril.

Curva de vuelo *Pieris brassicae*

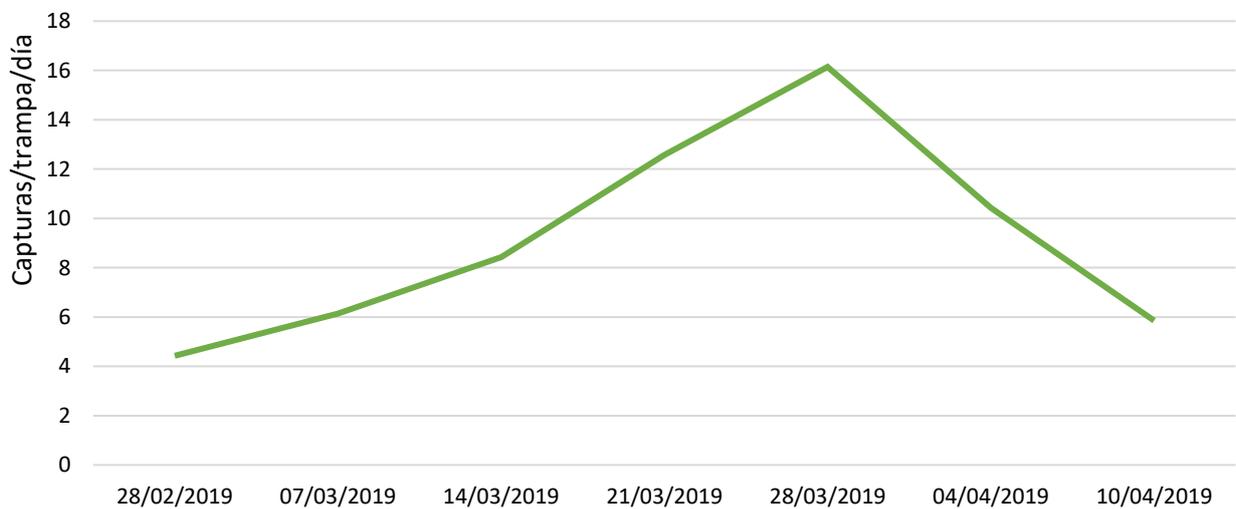


Figura 33. Curva de vuelo de *Pieris brassicae* entre el 28 de febrero de 2019 y 10 de abril de 2019

4.2.4. Resultados *Tuta absoluta*, *Mamestra brassicae* y *Plutella xylostella*

Por último, las tres especies restantes se han agrupado para analizarlas conjuntamente, puesto que los niveles de captura no son suficientes como para poder realizar sus curvas de vuelo. En la Tabla 7 se muestra el número de capturas expresado en capturas por trampa y por día, como se ha dicho anteriormente se puede observar que en muchas ocasiones el número de capturas era igual a 0.

Tabla 7. Capturas por trampa y día de *Tuta absoluta*, *Mamestra brassicae* y *Plutella xylostella* a lo largo del tiempo

Fecha	Capturas/trampa/día		
	T. Absoluta	P. xylostella	M. brassicae
05/12/2018	1,57		
14/12/2018	2,00		
20/12/2018	0,50		
28/02/2019		0,00	0,00
07/03/2019		0,00	0,00
14/03/2019		0,43	0,00
21/03/2019		0,00	0,00
28/03/2019		0,14	0,00
04/04/2019		0,14	0,00
10/04/2019		0,14	0,00

4.3. Resultados ensayo con *Bacillus thuringiensis*

Para la realización del ensayo con *B. thuringiensis* se necesitó de un número elevado de larvas sanas de cada uno de los 6 estadios larvarios que posee la especie *S. littoralis*. Durante esta cría de larvas de *S. littoralis* se encontraron 2 himenópteros parasitoides de la misma especie. Los dos parasitoides encontrados pertenecen a la familia de los icneumónidos (Figura 34).



Figura 34. Himenóptero parasitoide encontrado durante la cría de *S. littoralis*

Una vez seleccionadas las larvas y aplicado el producto fitosanitario se esperó entre una y dos semanas para comprobar la mortalidad del producto en cada uno de los estadios larvarios, estos datos se recogen en la tabla 8.

Tabla 8. Resultados de mortalidad provocada por *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* en función de los estadios larvarios de *Spodoptera littoralis*

Estadio Larvario	Larvas vivas	Larvas muertas	% mortalidad
L1	0	10	100
L2	1	9	90
L3	4	6	60
L4	6	4	40
L5	7	3	30
L6	9	1	10

Como se puede observar en la Tabla 8 cuanto menor es el estadio larvario mayor porcentaje de mortalidad tiene *B. thuringiensis*. Después de analizar los datos realizando un ANOVA simple se obtienen que sí existen diferencias significativas (p -valor=0,0009; $F=4,91$; $g.l.=5$) entre los tratamientos en los distintos estados de desarrollo. Además, al observar la Figura 35 se ve claramente la evolución de dicha mortalidad a lo largo del desarrollo de la larva. Por lo que se puede afirmar que la eficiencia de *B. thuringiensis* en *S. littoralis* disminuye significativamente conforme la larva va creciendo siendo apenas efectiva en los últimos estadios larvarios.

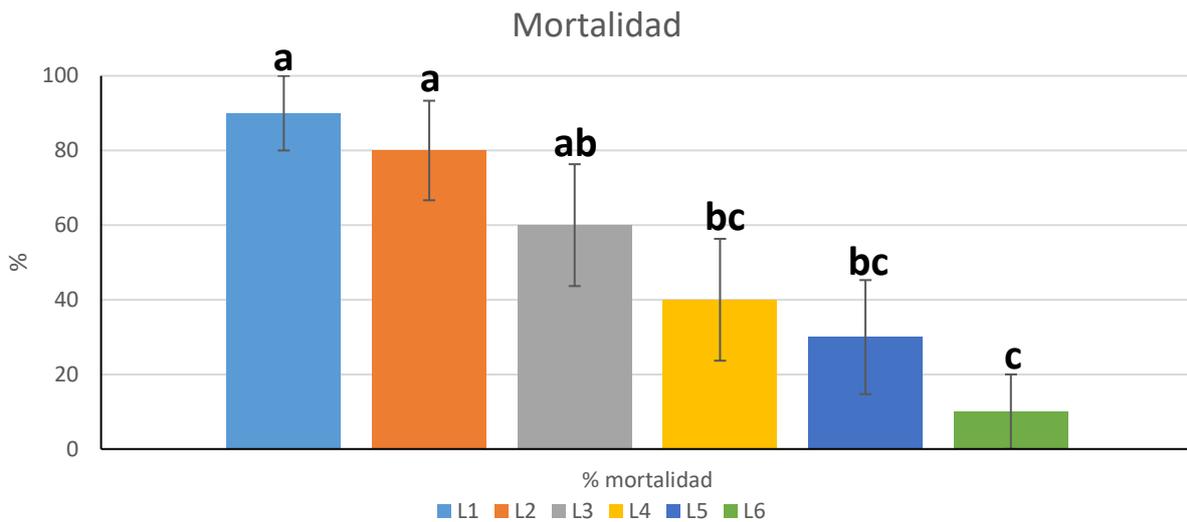


Figura 35. Gráfico de medias de la mortalidad provocada por *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* en función del estadio larvario de *Spodoptera littoralis*

5. Discusión

5.1. Lepidópteros en hortícolas

A comienzos de septiembre de 2018 se inició el presente trabajo de fin de master, en el que se estudiaron distintos lepidópteros encontrados en la finca de cultivo ecológico de Saifresc situada en Manises. El estudio buscó la presencia de las diferentes plagas de lepidópteros que afectan a los cultivos, centrándose sobre todo en 3 especies encontradas en mayor abundancia. Estas especies fueron *S. littoralis*, *S. exigua* y *P. Brassicae*.

La plaga más abundante con diferencia fue *S. littoralis*, seguida de *S. exigua*. Ambas generaron una gran cantidad de daños en los cultivos de coles y boniato existentes en las parcelas, obligando al agricultor a actuar, sin embargo, se actuó tarde, cuando los daños y los niveles de infestación ya eran elevados. En el segundo periodo del trabajo, a partir de febrero de 2019, la especie de lepidóptero más capturada fue *P. brassicae*. Sin embargo, no se encontraron daños generalizados en las coles. Por tanto, no se realizaron tratamientos fitosanitarios con la misma frecuencia que los realizados durante el otoño. La abundancia de *Tuta absoluta*, *Mamestra brassicae* y *Plutella xylostella* que se recogieron durante este periodo fue muy reducida pudiendo categorizarla de insignificante.

Previamente al establecimiento de un programa de Control Integrado de plagas y una vez determinada la problemática fitosanitaria del cultivo en la zona de estudio, se debe clasificar los fitoparásitos atendiendo a la importancia de sus poblaciones o de los daños ocasionados (Garijo y García, 1991). Para este caso las plagas principales o plagas claves será tan sólo *S. littoralis* por su densidad obtenida en los resultados. Como plagas potenciales *P. brassicae* y *S. exigua*, debido a que *P. brassicae* normalmente no ocasionan daños a los cultivos o que en el caso de *S. exigua* no era la época de máxima abundancia. Por último, en las plagas secundarias se englobarán *Tuta absoluta*, *Mamestra brassicae* y *Plutella xylostella* por su baja incidencia sobre los cultivos.

5.2. Comportamiento de las larvas de *S. littoralis* en hortícolas

De acuerdo con los resultados se ha obtenido que *S. littoralis* no tiene preferencia alguna por ninguna variedad de boniato en concreto. Esto es debido a que es una especie muy polífaga y se alimenta de la gran mayoría de plantas hortícolas existentes (Domínguez, 1998; García *et al.*, 1989). Esto también coincide con García y Ferragut (2002) que afirman que ambas especies son cosmopolitas y polífagas, no haciendo distinciones entre las distintas especies de plantas hortícolas convirtiéndose en un gran peligro para el agricultor.

Los siguientes resultados indican que no existen diferencias en cuanto a la zona en las que se han realizado los muestreos. Aunque las zonas pegadas a una parcela colindante (zona 3) y la zona central (zona 2) contienen más larvas y mayores daños que la zona pegada al camino (zona 1). Esto se debe a que tanto *S. littoralis* como *S. exigua* son especies de gran movilidad (Belda, 1991) haciendo pensar que posiblemente las larvas encontradas en la parcela de estudio provienen de la parcela colindante del sur más cercanas a las zonas 2 y 3, bien debido a que se han quedado sin sustento alimenticio o bien que escapan de los tratamientos fitosanitarios que hayan podido realizar.

La única diferencia de los daños existentes entre variedades de coles se encuentra en col repollo, que mostró mayores daños, aunque es posible que no se deba a una preferencia por esta variedad respecto a las otras. Esto puede ser debido a que dicha variedad de col es la que se encuentra más cerca del boniato, donde existía mayor nivel de plaga y como se ha indicado anteriormente la plaga es muy móvil y es posible que haya avanzado desde el cultivo de boniato hacia el cultivo de coles.

Por último, en cuanto a los resultados obtenidos de la evolución de los daños presentes en las plantas, como es lógico una vez las plantas fueron tratadas, tanto el nivel de daños como el número de larvas presentes disminuyó. Esto se hace especialmente significativo en el cultivo de boniato que al comienzo de los muestreos en septiembre de 2018 era donde mayores niveles de daños existía. Esto es debido a que las larvas de *S. littoralis* y *S. exigua* se alimentaban de las hojas del boniato defoliándolas, pero una vez eliminadas las larvas, los daños se ven minimizados por la propia naturaleza del cultivo el cual posee un crecimiento indeterminado de las hojas y además produce hojas constantemente (Ravi y Saravanan, 2012). Por tanto, el propio boniato suplía las hojas dañadas por otras nuevas mostrando así la importancia de eliminar la plaga para que la propia planta se recupere y continúe su ciclo natural.

5.3. Curvas de vuelo de lepidópteros capturados en hortícolas

Para continuar se analizó las curvas de vuelo de *S. littoralis*, *S. exigua* y *P. brassicae*. Estas plagas pertenecen a dos periodos de tiempo distintos, debido a la propia naturaleza de cada plaga y su adaptación al clima. Las dos primeras especies abundan a finales de verano y otoño y la última abunda en primavera.

En cuanto a *S. littoralis*, la curva de vuelo que se obtuvo muestra dos picos máximos de vuelo muy marcados, uno a principios de octubre y otro a principios de noviembre. Más tarde se encuentra otro pequeño pico a finales de noviembre. Estos resultados muestran que esta especie es muy variable cada año pudiendo tener de 2 a 7 generaciones anuales si las condiciones son favorables (Salem y Salama, 2009). En este caso en el año 2018 se sabe que como mínimo habrán existido 4 generaciones distintas, ya que cuando se llegó ya era tarde, por lo que debió de haber existido una generación de adultos a finales de agosto como mínimo.

La curva de vuelo realizada para *S. littoralis* coincide con que los máximos de esta especie se producen en septiembre-octubre (García y Ferragut, 2002). Incluso se registraron estos picos de plaga pese a que se estaban realizando dos tratamientos semanales lo que muestra la gran resistencia que genera esta especie a tratamientos químicos sobre todo en etapas avanzadas de su desarrollo larvario (Mosallanejad y Smagghe, 2009; García y Ferragut, 2002). Por último, se observa que las curvas de vuelo dadas por las trampas polillero y la trampa delta para *S. littoralis* no tienen apenas diferencias habiéndose obtenido una correlación con una R^2 de 0,7493. Estos resultados indicarían se podría utilizar cualquiera de los dos tipos de trampas para su monitoreo.

Para *S. exigua* la curva de vuelo muestra que al comienzo del estudio se registró el descenso de un pico máximo de vuelo, que debió ocurrir a finales de agosto. Posteriormente a este pico no registrado, la curva va disminuyendo progresivamente hasta el mes de noviembre donde la curva es casi inexistente. Esto coincide con las generalidades de la plaga expuestas por Cabello (1988c) que observa que en el sur de España y la zona mediterránea los máximos de captura de la especie se presentan en los meses de verano, junio, julio y sobre todo agosto, no produciéndose capturas desde noviembre hasta marzo. Al igual que en el caso de *S. littoralis* los

dos tipos de trampeo no difieren en gran medida para el diseño de la curva de vuelo de las especies, por lo que se podrá utilizar cualquiera de los tipos para continuar con el monitoreo.

Antes de pasar *P. brassicae* se puede observar que tanto en *S. littoralis* como en *S. exigua* se llegó tarde, esto se debe a la variabilidad de las plagas cada año que puede tener varias generaciones al año, e incluso teniendo generaciones ininterrumpidas en años de inviernos suaves (Romero, 1991) lo que dificulta la tarea de anticiparse a la plaga. Por tanto, se ha optado por que lo más correcto de cara al monitoreo de ambas especies, es dejar instalada una trampa delta para cada plaga en campo por su facilidad de manejo y conteo, que permita el seguimiento de las plagas a lo largo de año. Con este procedimiento se busca anticipar lo máximo posible a la aparición las dos especies de lepidóptero que más daños han generado en el año 2018, *S. littoralis* y *S. exigua*. Y de esta forma se conseguirá un buen control de la población desde el principio y se conseguirá contener daños a los cultivos (Rama et al., 2010).

P. brassicae tiene poblaciones continuamente desde el mes de marzo hasta octubre para áreas meridionales europeas (Gómez, 2001). Además, como en el caso del monitoreo, donde se produjo un pico máximo de vuelo entre finales de marzo y principios de abril, Olivares *et al.*, (2011) observa que normalmente esta especie presenta las generaciones más abundantes en abril y septiembre. Por tanto, está presente una gran parte del año, sin embargo, esta especie no supuso un peligro para los cultivos puesto que, pese a que hubiera un gran número de individuos (sobre todo a comienzos de abril), no se reportaron daños en los cultivos por lo que se decidió conjuntamente con el agricultor que no se alteraría el calendario de tratamientos como sí se hizo en 2018 para tratar *S. littoralis* y *S. exigua*.

En cuanto a *T. absoluta* tan solo se hicieron 3 muestreos en el mes de diciembre con el fin de comprobar si la especie estaba presente en campo ya que el cultivo de patata estaba cerca de su recolección y *T. absoluta* está citada como plaga de este cultivo, así como otras solanáceas, sobre todo el tomate (García y Vercher, 2010). Pese a las condiciones adversas propias de la época del año en la que se realizaron los muestreos, se capturaron varios individuos adultos en las trampas delta. Esto puede ser debido a que es una especie polivoltina (Tropea *et al.*, 2012) y además en condiciones favorables anualmente pueden tener hasta 13 generaciones como en Egipto (Tabikha, 2015). En las condiciones del mediterráneo el número de generaciones es algo menor, debido a que el umbral de temperatura para su desarrollo oscila entre los 7 y 9 °C (Barrientos *et al.*, 1998) lo que provoca que en inviernos suaves pueda haber generaciones durante todo el año. Sin embargo, debido a este umbral durante los meses de invierno más duros la especie se convierte en menos peligrosa para el agricultor.

Para continuar, los resultados de *P. xylostella* muestran un número muy bajo de individuos, no llegando en ningún caso a 1 adulto capturado por trampa y día. Esto puede ser debido a que, pese a que sea una especie con entre 5 y 10 generaciones al año, su temperatura umbral de desarrollo es de 10 °C, aunque las óptimas están entre 20 y 30 °C (García y Ferragut, 2002) y en este año (2019) las temperaturas medias entre febrero y abril, en ningún caso se alcanzan las temperaturas óptimas de desarrollo e incluso algún día ni si quiera llega a la temperatura umbral de desarrollo de 10 °C.

Para acabar con la discusión de las distintas especies está *M. brassicae* que pese a ser una de las mayores plagas que predominantemente ataca los cultivos de las coles (Carter y Hargreaves, 1987) no se encontró ningún espécimen en todos los muestreos que se realizaron. Esto es debido a que la especie tiene 3 generaciones solapadas entre sí desde el mes de abril hasta el

mes de octubre (Gómez, 2002) y por tanto la época de pleno vuelo no coincidió con las fechas de muestreo.

5.4. Susceptibilidad de larvas de *Spodoptera littoralis* frente a *Bacillus thuringiensis*

En cuanto al himenóptero parasitoide encontrado durante la cría de *S. littoralis*, se identificó como *Hyposoter didymator* (Thunberg) perteneciente a la familia *Ichneumonidae* y que además se encuentra citado como uno de los himenópteros parasitoides de *S. littoralis* que más recientemente se han descubierto (Caballero *et al.*, 1990).

Por último, para el ensayo de *B. thuringiensis* se decidió utilizar *B. thuringiensis subsp. kurstaki* ya que resulta ser el más efectivo contra orugas de lepidópteros (Malo *et al.*, 2009). En dicho ensayo se obtiene como resultados que el producto tiene mucha mayor eficacia cuanto más temprana es la larva, es decir cuanto menor sea el estadio larvario. Esto coincide con que *S. littoralis* es una especie que genera grandes resistencias a distintos plaguicidas sobre todo en un estado de desarrollo larvario avanzado (Santiago y Quesada, 2001). Por lo que conviene realizar el tratamiento antes, cuando las larvas son muy jóvenes, ya que es una especie difícil de eliminar cuando la oruga ya es de gran tamaño, pues muestra una notable resistencia a la mayoría de plaguicidas y por tanto es muy importante combatirla cuando las orugas son pequeñas (García y Ferragut, 2002). Por tanto, la menor susceptibilidad al producto de las larvas se registra a partir del tercer estadio con respecto a los primeros, era presumible por ser una norma general en la respuesta de larvas de noctuidos a insecticidas (Lechuga *et al.*, 2004).

6. Conclusiones

- 1- Se han estudiado 6 plagas de lepidópteros en las parcelas de Saifresc, que ordenadas de mayor a menor presencia son: *Spodoptera littoralis*, *Spodoptera exigua*, *Pieris brassicae*, *Plutella xylostella*, *Tuta absoluta* y *Mamestra brassicae*.
- 2- La especie que más daño produjo en campo fue *S. littoralis* la cual ya había tenido generaciones previas al comienzo del estudio.
- 3- Las larvas encontradas de *S. littoralis* no mostraron preferencia por ningún cultivo en concreto.
- 4- Si se consigue controlar la plaga a tiempo el cultivo de coles y sobre todo boniato son capaces de recuperarse de forma satisfactoria.
- 5- Se han encontrado adultos y larvas de coccinélidos en campo lo cual favorece el control biológico de las plagas de forma natural.
- 6- La curva de *S. littoralis* muestra dos máximos en la curva de vuelo a finales de septiembre y finales de octubre.
- 7- En la curva de *S. exigua* no se muestran grandes picos después del verano.
- 8- La curva de *P. brassicae* muestra un máximo a finales de marzo, pero no ha producido daños relevantes en los cultivos.
- 9- Las plagas, *T. absoluta*, *P. xylostella* y *M. brassicae* no han presentado riesgo para el agricultor.
- 10- Debido a la variabilidad en las generaciones anuales tanto de *S. littoralis* como de *S. exigua*, se hace necesario realizar un seguimiento anual para evitar de nuevo daños graves.
- 11- Durante la cría de *S. littoralis* se ha encontrado un himenóptero parasitoide, identificado como es *Hyposoter didymator*.
- 12- Se concluye que el insecticida *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* tan solo es efectivo con un porcentaje aceptable de mortalidad en los 3 primeros estadios larvarios, siendo casi nulo en los últimos.

7. Bibliografía

- BAHAMONDES, L.A.; MALLEA, A.R. (1969). *Biología en Mendoza de Scrobipalpula absoluta (Meyrick) Povolny (Lepidoptera: Gelechiidae), especie nueva para la República Argentina*. Rev. Fac. Cienc. Agr., Mendoza, 15 (1): 96-104
- BARRIENTOS, Z. R.; APABLAZA, H. J.; NORERO, S. A.; ESTAY, P. (1998). *Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae)*. Ciencia e Investigación Agraria, 25: 133-137
- BELDA SUÁREZ, J.E. (1991). *Lepidópteros*, en: *Plagas del tomate: bases para el control integrado*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 53-75
- BRAVO, A.; GÓMEZ, I.; CONDE, J.; MUÑOZ-GARAY, C.; SÁNCHEZ, J.; MIRANDA, R. (2004). *Oligomerization triggers binding of a Bacillus thuringiensis Cry1Ab pore-forming toxin to aminopeptidase N receptor leading to insertion into membrane microdomains*. Biochim Biophys Acta 2004; 1667: 38-46
- CABALLERO, P.; ALDEBIS, H.; SANTIAGO ALVAREZ, C.; VARGAS OSUNA, E. (1990). *Parásitos asociados a poblaciones naturales de Spodoptera littoralis (Boisduval) y S. exigua (Hb.) (Lepidoptera: Noctuidae)*. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, ISSN 0213-6910, Vol. 16, Nº 1, 1990. 91-96
- CABELLO GARCÍA, T. (1988c). *Especies de Noctuidos (Lep.: Noctuidae) de interés agrícola en la Vega de Granada y su fenología*. Proc. III Congr. Ibérico de Entomología. 925-993
- CABELLO GARCÍA, T.; BELDA SUÁREZ, J. (1994). *Noctuidos Plaga (Lepidoptera: Noctuidae)*, en: *Sanidad vegetal en la horticultura protegida*. MORENO VAZQUEZ, R. (Coordinador). Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 179-213
- CAECV (2018). *Informe anual de la producción ecológica en la Comunitat Valenciana*. Comité d'Agricultura Ecológica de la Comunitat Valenciana. Carlet 2018.
- CARTER, D.J.; HARGRESVES, B. (1987). *Guía de campo de las orugas de las mariposas y polillas de España y de Europa*. Omega, D.L. Barcelona. 309 pp.
- CAYROL, R.A. (1972). *Famille des Noctuidae*, en: *Entomologie appliquée a l'agriculture. Lépidoptères*. Tome II. Volume 2. Masson et Cie. Paris. 1255-1520
- COELHO, M.C.F.; FRANÇA, F.H. (1987). *Biología quetotaxia de larva e descrição da pupa e adulto da traça-do-tomateiro*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 22 (2): 129-135
- DEL ESTAL PADILLO, P.; ESTEBAN DURÁN, J.; YELA GARCÍA, J.L. (1998). *Orden lepidóptera*, en: *Entomología agroforestal*. DE LIÑÁN VICENTE, C. (Coordinador). Agrotécnicas Ediciones S.L. Madrid 1998. 703-881
- DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F. (1998). *Plagas Y Enfermedades De Las Plantas Cultivadas*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 9ª Edición, revisada y ampliada. 821 pp.
- ESTAY, P.; BRUNA, A. (2002). *Insectos y ácaros asociados al tomate en Chile*, en: *Insectos, ácaros y enfermedades asociados al tomate en Chile*. ESTAY, P.; BRUNA, A. (Editores). Centro regional de Investigación INIA La Platina. Santiago, Chile, pp. 9-22.
- EUROSTAT (2018). Oficina Europea de Estadística. Datos estadísticos 2018.

<<https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&pcode=tag00098&language=en&toolbox=data>> Consultado el 15 de julio de 2019

<https://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&pcode=sdg_02_40&language=en&toolbox=sort> Consultado el 15 de julio de 2019

FERNÁNDEZ, S.; MONTAGNE, A. (1990). *Biología del minador del tomate*, Scrobipalpula absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Bol. Entomol. Venez. N.S. 5(12): 89-99

FLOREZ SERRANO, J. (2009). *Agricultura ecológica*. Ed. Mundi-prensa. Madrid. 395 pp

GARCÍA MARÍ, F.; FERRAGUT PÉREZ, F. (2002). *Las plagas agrícolas*. Phytoma España. Valencia. 3ª Edición. 400 pp.

GARCÍA MARÍ, F.; FERRAGUT PÉREZ, F.; COSTA COMELLES, J.; LABORDA CENJOR, R. (1989). *Plagas agrícolas. II, Insectos endopterigotos*. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 323 pp.

GARCÍA MARÍ, F.; VERCHER AZNAR, R. (2010). *Descripción, origen y expansión de Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae)*. Phytoma España. Marzo 2010. 217. 16-20

GARIJO ALBA, C.; GARCÍA GARCÍA, E.J. (1991). *El control integrado en los cultivos hortícolas*, en: *Plagas del tomate: bases para el control integrado*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 15-36

GÓMEZ DE AIZPURUA, C; (2001). *Orugas y mariposas de Europa: orden Lepidoptera. Tomo II, Rhopalocera: mariposas de actividad diurna, familias: Papilionoidea, Papilionidae, Nymphalidae, Satyrinae, Danainae, Libytheinae, Lycaenidae*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, D.L. 2003. Madrid. 219 pp.

GÓMEZ DE AIZPURUA, C; (2002). *Orugas y mariposas de Europa: orden Lepidoptera. Tomo V, Heterocera: lepidópteros de actividad nocturna, familias: Noctuoidea, Noctuidae, Herminiinae, Scoliopteryginae, Catocalinae, Nolinae, Sarrothripinae, Chloephorinae, Panteinae, Dilobinae, Acronictinae, Acontinae, Eublemminae, Plusiinae, Cuculliinae, Heliiothinae, Ipimorphinae, Hadeninae, Noctuinae*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, D.L. 2003. Madrid. 352 pp.

IRIARTE, J.; CABALLERO, P. (2001). *Biología y ecología del Bacillus Thuringiensis*, en: *Bioinsecticidas: fundamentos y aplicaciones de Bacillus Thuringiensis en el control integrado de plagas*. CABALLERO, P.; FERRÉ, J. (Editores). Phytoma España: Universidad Pública de Navarra, D.L. 2001. Pamplona. 15-45

LECHUGA, A.; EL-SAYED HATEM, A.; RAMOS, J.M.; VARGAS OSUNA, E. (2004). *Comparación de la susceptibilidad de larvas de Spodoptera littoralis (Boisduval) y Helicoverpa armigera (Hübner) al Spinosad, un insecticida de origen natural*. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, ISSN 0213-6910, Vol. 30, Nº 3, 2004. 573-580

MALO, J.; NICOLÁS, J.; FERNÁNDEZ, A.; VILLAVARDE, M. (2009). *Desarrollo de un bioinsecticida basado en un nuevo aislado de Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki*. VIII CONGRESO SEAE DE AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN ECOLÓGICA sobre "Cambio climático, biodiversidad y desarrollo rural sostenible". BULLAS (Murcia). 16 - 20 de septiembre 2008.

MAPAMA (2018). *Agricultura ecológica estadísticas 2017*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente. Madrid 2018. 169 pp.

- MAPAMA (2018). *Estrategia para la producción ecológica 2018-2020*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y Medio Ambiente. Madrid 2018. 61 pp.
- MASSON, L.; ERLANDSON, M.; PUZSTAI-CAREY, M.; BROUSSEAU, R.; JUÁREZ-PÉREZ, V.; FRUTOS, R. (1998). *A holistic approach for determining the entomopathogenic potential of Bacillus thuringiensis strains*. Appl Environ Microbiol 1998; 64: 4782-8
- MORI PINEDO, C.D. (2014). *Identificación y ciclo biológico de un comedor de hoja Brassica oleraceae L. var. Italica L. "Brocoli" en Zungarococha, distrito de San Juan Bautista – Iquitos*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Facultad de Agronomía.
- MOSALLANEJAD, H.; SMAGGHE, G. (2009), *Biochemical mechanisms of methoxyfenozide resistance in the cotton leafworm Spodoptera littoralis*. Pest Management Science., 65(7): 732-736
- OLIVARES VILLEGAS, J.; BAREA AZCÓN, J.M.; PÉREZ LÓPEZ, F.J.; TINAUT RANERA, A.; HENARES CIVANTOS, I. (2011). *Las mariposas diurnas de Sierra Nevada*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 2011. Granada. 433 pp.
- PUSZTAI, M.; FAST, P.; GRINGORTEN, L.; KAPLAN, H.; LESSARD, T.; CAREY, P. (1991). *The mechanism of sunlight-mediated inactivation of Bacillus thuringiensis crystals*. Biochem J 1991; 273: 43-7
- RAMA, F.; REGGIORI, F.; ALBERTINI, A.; BOZZANO, G.; CROTTI, A; RESTUCCIA, P; MANCINI, G. (2010). *Controllo di Spodoptera littoralis (Bsdv.) per mezzo di un erogatore biodegradabile di feromone sessuale*. ATTI Giornate Fitopatologiche, marzo 2010-Cervia. 1. 171-178
- RAVI, V.; SARAVANAN, R. (2012). *Crop Physiology of Sweetpotato*. Global Science Books. Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology. 6. 17-29
- ROMERO GONZÁLEZ, J. (1991). *Plagas de lepidópteros que afectan a los cultivos hortícolas en l'Horta de Valencia*. Universidad Politècnica de Valencia. Trabajo fin de carrera. 167 pp.
- SALEM, S.; S. SALAMA, H. (2009). *Sex pheromones for mass trapping of Spodoptera littoralis (Boisd.) in Egypt*. Journal of Applied Entomology - J APPL ENTOMOL 100 (1-5). 316-319
- SANTIAGO ÁLVAREZ, C.; QUESADA MORAGA, E. (2001). *Empleo de Bacillus thuringiensis en los sistemas agrícolas*, en: *Bioinsecticidas: fundamentos y aplicaciones de Bacillus Thuringiensis en el control integrado de plagas*. CABALLERO, P.; FERRÉ, J. (Editores). Phytoma España: Universidad Pública de Navarra, D.L. 2001. Pamplona. 191-216
- SAUKA, D.; BENINTENDE, G. (2008). *Bacillus thuringiensis: generalidades: Un acercamiento a su empleo en el biocontrol de insectos lepidópteros que son plagas agrícolas*. Revista argentina de microbiología 2008. 40. 124-140.
- TABIKHA, R. (2015). *Annual Generations and Population Fluctuation of Tomato Leaf Miner Moth Tuta absoluta (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in El-Behera Governorate, Egypt*. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences A. Entomology. 8. 141-153
- TROPEA GARZIA, G.; SISCARO, G.; BIONDI, A.; ZAPPALA, L. (2012). *Tuta absoluta, a South American pest of tomato now in the EPPO region: Biology, distribution and damage*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 42. 205-210

VERCHER, R.; CALABUIG, A.; GÓMEZ, F. (2009). *Ecología de la nueva plaga invasora del tomate Tuta absoluta (Meyrick)*, en: *Actas del VI Congreso Nacional de Entomología Aplicada*. Miranda, M.A.; Alemany, A.; Paredes, C. (Editores). 19-23 octubre de 2009. XII Jornadas Científicas De La SEEA, pp 14

WEST, A.; BURGESS, H.; WHITE, R.; WYBORN, C. (1984). *Persistence of Bacillus thuringiensis parasporal crystal insecticidal activity in soil*. *J Invertebr Pathol* 1984; 44: 128-33

8. Anejos

8.1. Anejo 1: Estadillos

Tabla 9. Estadillo utilizado para los muestreos de larvas de *S. littoralis* realizados en los cultivos de boniato.

Fecha:

Derecha del muro			Tamaño larva		
Variedad	Zona	Larvas	Pequeña	Mediana	Grande
Blanco	1				
Blanco	2				
Blanco	3				
Morado	1				
Morado	2				
Morado	3				
Rojo M.	1				
Rojo M.	2				
Rojo M.	3				
Rojo C.	1				
Rojo C.	2				
Rojo C.	3				

Tabla 10. Estadillo utilizado para los muestreos de larvas de *S. littoralis* realizados en los cultivos de coles.

Fecha:

Variedad	Zona	Larvas		Daño en hoja		
		Presencia	No presencia	Leve	Medio	Grave
Col lisa	1					
Col lisa	2					
Col lisa	3					
Col rizada	1					
Col rizada	2					
Col rizada	3					
Col morada	1					
Col morada	2					
Col morada	3					
Coliflor	1					
Coliflor	2					
Coliflor	3					
Col morada	1					
Col morada	2					
Col morada	3					
Col lisa	1					
Col lisa	2					
Col lisa	3					

8.2. Anejo 2: Imágenes

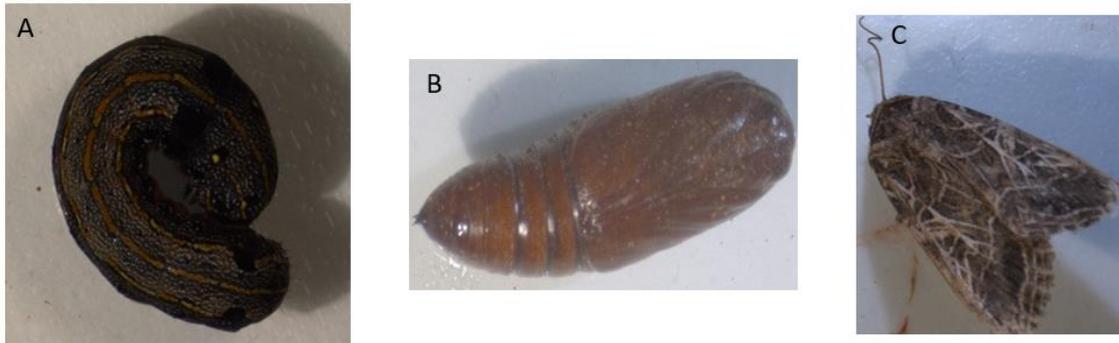


Figura 36. A. Larva B. Pupa C. Imago obtenidos de *Spodoptera littoralis* durante su cría en laboratorio



Figura 37. Muestreo en coles donde se registró daños graves en los cultivos.



Figura 38. Muestreo en boniato donde se registró daños graves en los cultivos.



Figura 39. Larva de Spodoptera exigua.



Figura 40. Capturas realizadas en trampa tipo polillero.



Figura 41. Capturas realizadas en trampa tipo delta.