

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

MANEJO REGIONAL DE LEPIDÓPTEROS PLAGA EN MANZANOS
DEL SUR DE URUGUAY

por

Hugo Andrés TABERNE HERNÁNDEZ

TESIS presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO
URUGUAY
2020

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. MSc. Felicia Duarte

Ing. Agr. Iris B. Scatoni

Ing. Agr. Marcelo Buschiazzo

Fecha: 21 de diciembre de 2020

Autor: -----

Hugo Andrés Taberne Hernández

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a mis tutoras Felicia Duarte y Beatriz Scatoni, por su conocimiento, guía y compromiso durante este tiempo de elaboración del trabajo final.

Por otro lado, quiero agradecer a mi familia por todo el apoyo durante todo el proceso, particularmente a mi madre, mi padre y mi hermana.

Un agradecimiento especial a mi compañera Nancy quien me sostuvo y ayudó durante la elaboración de la tesis y mi hijo Emiliano que me inspiró a terminarla.

A mis amigos y compañeros de Facultad por todas las charlas y consejos compartidos a lo largo de la carrera.

A Paulina Siri y Manuel Hernández por su apoyo en el análisis estadístico.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	vi
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
1.1. <u>OBJETIVOS</u>	2
1.1.1. <u>Objetivo general</u>	2
1.1.2. <u>Objetivos específicos</u>	2
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 <u>LEPIDÓPTEROS PLAGAS</u>	3
2.1.1. <u><i>Carpocapsa - Cydia pomonella</i> (Lepidoptera: Tortricidae)</u>	3
2.1.1.1. Descripción.....	3
2.1.1.2. Origen e historia.....	4
2.1.1.3. Hospederos.....	5
2.1.1.4. Daños.....	5
2.1.1.5. Ciclo biológico y hábitos.....	6
2.1.1.6. Temperatura y desarrollo fenológico.....	6
2.1.2. <u><i>Grafolita - Grapholita molesta</i> (Lepidoptera: Tortricidae)</u>	7
2.1.2.1. Descripción.....	7
2.1.2.2. Origen e historia.....	8
2.1.2.3. Hospederos.....	8
2.1.2.4. Daños.....	9
2.1.2.5. Ciclo biológico y hábitos.....	10
2.1.2.6. Temperatura y desarrollo fenológico.....	10
2.1.3. <u><i>Argyrotaenia sphaleropa</i> (Meyrick) y <i>Bonagota salubricola</i> (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae)</u>	11
2.1.3.1. Descripción.....	11
2.1.3.2. Origen e historia.....	11
2.1.3.3. Hospederos.....	12
2.1.3.4. Daños.....	12
2.1.3.5. Ciclo biológico y hábitos.....	12
2.1.3.6. Temperatura y desarrollo fenológico.....	13
2.2. <u>ESTRATEGIAS DE CONTROL</u>	13
2.2.1. <u>Feromona y sus usos</u>	14
2.2.1.1. Uso de feromonas para monitoreo de plagas.....	15
2.2.1.2. Uso de feromonas para confusión sexual.....	16
2.3. <u>MANEJO DE PLAGAS EN ÁREA AMPLIA O MANEJO REGIONAL</u>	

DE PLAGAS.....	17
2.4. ANTECEDENTES EN URUGUAY.....	18
2.4.1. <u>Protocolo programa de manejo regional de plagas en manzanos</u>	19
2.5. HIPÓTESIS.....	21
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	22
3.1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN.....	22
3.2. PROCEDIMIENTO.....	22
3.3. VARIABLES ANALIZADAS.....	23
3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	24
3.5. ELABORACIÓN DE MAPAS.....	25
4. <u>RESULTADOS</u>	26
4.1. NIVEL DE DAÑO EN FRUTO.....	27
4.2. CAPTURAS REGISTRADAS EN TRAMPAS DE CARPOCAPSA 10X Y LAGARTITAS.....	29
4.3. SUPERFICIE INSTALADA CON EMISORES DE FEROMONA DE CARPOCAPSA.....	31
4.4. APLICACIONES DE INSECTICIDAS.....	32
4.5. RELACIÓN ENTRE CAPTURAS, DAÑOS Y NÚMERO DE APLICACIONES DE INSECTICIDAS.....	34
4.6. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL NIVEL DAÑO EN FRUTO, LAS CAPTURAS EN TRAMPAS DE CARPOCAPSA Y LAGARTITAS, Y LAS APLICACIONES REALIZADAS EN VARIEDADES DE ESTACIÓN ENTRE 2015 Y 2019.....	35
4.7. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS CUATRO TEMPORADAS ANALIZADAS.....	39
5. <u>DISCUSIÓN</u>	42
6. <u>CONCLUSIONES</u>	45
7. <u>RESUMEN</u>	46
8. <u>SUMMARY</u>	47
9. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	48
10. <u>ANEXOS</u>	56

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Requerimientos en grados día de distintos estados de desarrollo de <i>Cydia pomonella</i>	7
2. Requerimientos en grados día de distintos estados de desarrollo de <i>Grapholita molesta</i>	11
3. Conformación del programa de manejo regional de plagas durante el período 2012 a 2019.....	19
4. Localidades con lugares de producción seleccionados.....	27
5. Porcentaje de la superficie instalada de emisores de feromona de <i>Cydia pomonella</i> en tres temporadas.....	31
6. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables: número de aplicaciones de insecticidas, nivel de daño en frutos y capturas de <i>Cydia pomonella</i> , <i>Argyrotaenia sphaleropa</i> y <i>Bonagota salubricola</i> en trampas de feromonas.....	34
7. Frío acumulado desde el 1 de mayo al 31 de agosto.....	39
Figura No.	
1. Distribución mundial de <i>Cydia pomonella</i>	4
2. Daños de <i>Cydia pomonella</i> en frutos	5
3. Distribución mundial de <i>Grapholita molesta</i>	8
4. Daños de <i>Grapholita molesta</i> en manzana.....	9
5. Región de producción de frutales de hoja caduca en el Sur de Uruguay.....	26
6. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha de estación según el nivel	

de daño en fruto de: A- <i>C. pomonella</i> + <i>G. molesta</i> , B- <i>A. sphaleropa</i> + <i>B. salubricola</i> en 4 temporadas (2015 a 2019)	28
7. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha temprana según el nivel de daño en fruto de: A- <i>C. pomonella</i> + <i>G. molesta</i> , B- <i>A. sphaleropa</i> + <i>B. salubricola</i> en 4 temporadas (2015 a 2019).....	28
8. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha tardía según el nivel de daño en fruto de: A- <i>C. pomonella</i> + <i>G. molesta</i> , B- <i>A. sphaleropa</i> + <i>B. salubricola</i> en 4 temporadas (2015 a 2019).....	29
9. Porcentaje de trampas según rango de capturas de: A- <i>C. pomonella</i> + <i>G. molesta</i> , B- <i>A. sphaleropa</i> + <i>B. salubricola</i> en 4 temporadas 4 temporadas (2015-2019).....	30
10. Fluctuación poblacional de <i>C. pomonella</i> durante las temporadas 2015 a 2019.....	30
11. Fluctuación poblacional de <i>A. sphaleropa</i> + <i>B. salubricola</i> durante las temporadas 2015 a 2019.....	31
12. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha de estación según el rango de aplicaciones de insecticidas realizadas durante 4 temporadas (2015 a 2019).....	32
13. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha temprana según el rango de aplicaciones de insecticidas realizadas durante 4 temporadas (2015 a 2019).....	33
14. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha tardía según el rango de aplicaciones de insecticidas realizadas durante 4 temporadas (2015 a 2019).....	33
15. Frecuencia de productores según número de aplicaciones de insecticidas realizadas y nivel de daño en fruto expresado en porcentaje.....	35
16. Distribución espacial de predios de manzanos con confusión sexual en azul y sin confusión sexual en rojo.....	36

17. Distribución espacial de las variables daño en fruta de carpocapsa y grafolita, capturas promedio de <i>C. pomonella</i> en primera y segunda generación, capturas promedio de <i>A. sphaleropa</i> + <i>B. salubricola</i> y aplicaciones de insecticidas en las 4 temporadas (2015 a 2019)	38
18. Precipitaciones acumuladas mensuales durante las temporadas 2015-2019.....	40
19. Días con temperatura máxima igual o mayor a 20 °C durante los meses de setiembre, octubre y noviembre.....	41

1. INTRODUCCIÓN

En el Uruguay hay 2481 ha de manzanos en producción que aportan el 60 % del volumen de producción de los frutales de hoja caduca. La mayor parte de la superficie se encuentra ubicada en la zona Sur del país en los departamentos de Canelones, Colonia, Montevideo y San José. En 2016 su principal destino fue el mercado interno para consumo en fresco representando el 85 % de lo comercializado, el resto correspondió a las exportaciones, la agroindustria y otros. Este rubro de producción genera 16.864 puestos de trabajo lo que representa un número importante de empleos (Ackermann y Díaz, 2017).

Este cultivo se ve afectado económicamente en cada temporada por insectos plagas del orden Lepidoptera, familia Tortricidae, a los que van dirigidas la mayoría de las aplicaciones de insecticidas realizadas: *Cydia pomonella* (Linneo), *Grapholita molesta* (Busck), *Argyrotaenia spheropa* (Meyrick) y *Bonagota salubricola* (Meyrick). La importancia económica para el sector frutícola radica en los daños que causan a los frutos impidiendo su comercialización.

En el año 2006 se dieron una serie de dificultades en la exportación de manzanas y peras a Brasil, por detectarse en inspecciones fitosanitarias en frontera la presencia de larvas vivas de lepidópteros en el interior de los frutos. Debido a que *Cydia pomonella* es plaga cuarentenaria para Brasil, y amparados en la legislación brasilera, el encontrar una larva viva, independientemente de la especie que se tratara, significaba el rechazo de la partida de frutas. Por otra parte, el mercado europeo mantenía y mantiene una política restrictiva en cuanto a los límites máximos de residuos (LMR) de plaguicidas permitidos en fruta (Núñez et al., 2012).

A partir de esta situación de los mercados se puso en marcha la elaboración de un protocolo de Manejo Integrado de Plagas (MIP) que permitiera producir fruta de exportación libre de carpocapsa y con un uso racional de insecticidas. El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) entre el 2006-2008 inicia un proceso de ajuste de la técnica de confusión sexual para el control de carpocapsa y grafolita (Núñez y Zignago, 2008). Luego entre el 2008 y 2010 se inicia un período de validación del protocolo establecido para ser aplicado en áreas amplias, primero en módulos de 50 ha y finalmente entre 2010 y 2013 se alcanzan las 300 ha en la localidad de Melilla, en el marco de un proyecto para la aplicación de nuevas tecnologías financiado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) y en un acuerdo interinstitucional entre INIA, Facultad de Agronomía y Juventud Melilla Cooperativa Agraria Limitada (JUMECAL).

En 2012 ocurre nuevamente el cierre de la frontera brasilera a las exportaciones de fruta uruguaya por la presencia de larvas de lepidópteros. En este contexto, dados los

excelentes resultados que se estaban obteniendo en el módulo de validación en Melilla, surge el interés por parte de la DIGEGRA (Dirección General de la Granja) de extender esta experiencia a toda el área de producción de frutales de hoja caduca del Sur del país dando surgimiento al actual Programa de Manejo Regional de Plagas (PMRP).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad del PMRP en el control de lepidópteros plaga y su impacto en el número de aplicaciones de insecticidas realizadas.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar la evolución del daño en frutos y los cambios en los niveles poblacionales de carpocapsa, grafolita y las lagartitas (*A. sphaleropa* y *B. salubricola*) en los cultivos de manzano, durante un período de cuatro años de aplicación de la técnica de confusión sexual para carpocapsa y grafolita.
- Comparar el número de aplicaciones de insecticidas en las cuatro temporadas.
- Relacionar el número de aplicaciones de insecticidas, los niveles de daño en frutos y las capturas en trampas.
- Elaborar mapas de distribución espacial de daño en frutos, capturas acumuladas en trampas y número de aplicaciones de insecticidas para identificar y comparar patrones de distribución repetidos en el tiempo que aporten al análisis de la dinámica espacial de las plagas.
- Caracterizar las cuatro temporadas de estudio desde el punto de vista climático con el fin de relacionarlas con las variaciones observadas entre años en las poblaciones de estos insectos y el número de aplicaciones.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LEPIDÓPTEROS PLAGAS

El orden Lepidoptera dentro de los insectos es el segundo grupo más grande y uno de los más importantes en cuanto al daño económico que causa a los cultivos (Kristensen, 1999).

Entre las especies plaga de mayor importancia económica en frutales de hoja caduca se destacan *Cydia pomonella* afectando en mayor medida a los manzanos y perales, y *Grapholita molesta* a los membrilleros y frutales de carozo. De no implementarse ninguna medida de control, se puede llegar a comprometer entre el 80 y 100% de la producción quedando sin valor comercial (Myburgh 1980, Bentancourt y Scatoni 2006).

Luego de algunos años en la reducción del uso de insecticidas debido a la implementación de la técnica de confusión sexual las plagas secundarias como *Argyrotaenia sphaleropa* y *Bonagota salubricola* tomaron importancia, justificando parte de las aplicaciones fitosanitarias en los frutales de hoja caduca. En el caso de utilizar el control químico como única medida para el manejo de lepidópteros en manzanos y perales son necesarias de nueve a diez aplicaciones para que se obtenga fruta con valor comercial (Núñez y Scatoni, 2013).

2.1.1. Carpocapsa - *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae)

2.1.1.1. Descripción

Es un insecto holometábolo que pasa por los estados: de huevo, cinco estadios larvales, pupa y adulto (INIA, 2017). En su estado adulto mide alrededor de 15 a 20 mm de expansión alar, las alas anteriores son de color gris claro con líneas transversales, variando en su coloración de castaño a negro. En el extremo distal tiene una mancha de color pardo y otras dos bronceadas a modo de paréntesis y cuando el insecto está en reposo estas manchas adquieren en su conjunto el aspecto de una media luna apical y bronceada (Núñez y Scatoni, 2013). Por otra parte, las alas posteriores son de color castaño cobrizo con reflejos dorados. El macho es más pequeño que la hembra, aunque tienen el mismo color (SINAVIMO, 2019).

2.1.1.2. Origen e historia

Núñez y Scatoni (2013) mencionan que esta plaga es originaria de la región eurosiberiana y se ha extendido a otras zonas del mundo donde se ha cultivado manzano y otras pomáceas. Además del continente europeo y gran parte del continente asiático, también se halla en: África, Australia, Nueva Zelanda y América (Figura 1).

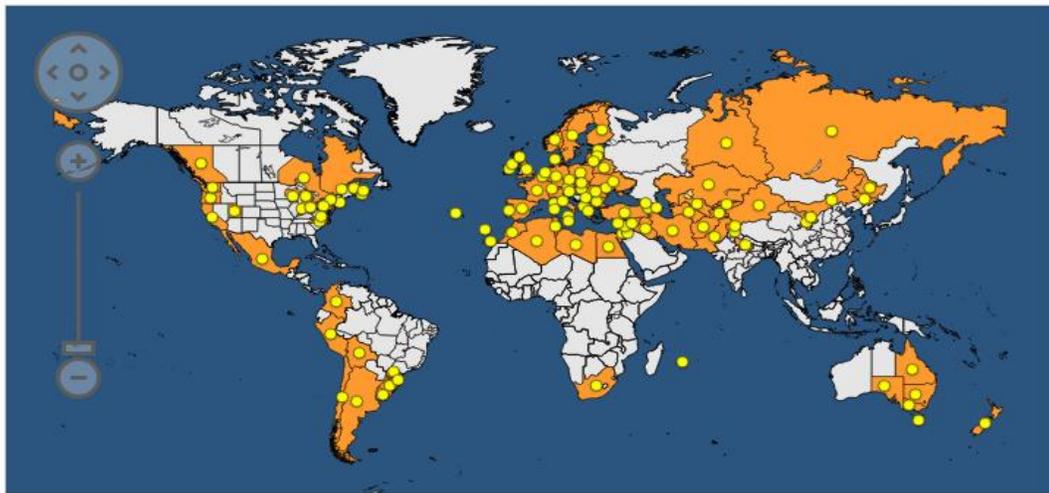


Figura 1. Distribución mundial de *Cydia pomonella*

Fuente: EPPO (2019a).

Fernández (2012) menciona que el primer registro de la especie fue por el filósofo griego Theophrastus en el año 371 antes de Cristo y que el primer nombre científico fue puesto por Linnaeus (1758) como *Tortrix pomonella*. Posteriormente la especie fue descrita bajo otros nombres los que actualmente son considerados sinónimos. A lo largo de su historia esta especie estuvo vinculada a tres géneros *Laspeyresia*, *Carpocapsa* y *Cydia*, además el autor menciona que Brown en 1979 establece a los dos primeros géneros como sinónimos con respecto a *Cydia*, resultando *Cydia pomonella* (Linnaeus) el nombre válido actual (Fernández, 2012).

2.1.1.3. Hospederos

Específicamente en Uruguay, esta plaga se observa mayoritariamente en manzano y peral, y con menor frecuencia en membrillero y nogal (Núñez y Scatoni, 2013).

2.1.1.4. Daños

Las larvas de *C. pomonella* viven exclusivamente en el interior de los frutos. Penetran generalmente por el cáliz o a través de un pequeño orificio de entrada, para lo cual aprovechan el contacto entre dos frutos o de un fruto y una hoja (Figura 2A). En su interior se dirigen directamente hacia las semillas alimentándose de ellas (Figura 2B). En los casos de frutos pequeños, la alimentación sobre las semillas provoca la caída prematura de los mismos. Al salir al exterior para pupar o para expulsar los excrementos, crean un orificio de mayor diámetro y en torno a él se acumulan los restos expulsados con aspecto de aserrín (Figura 2A). A veces, la larva puede abandonar un fruto para dirigirse a otro, también habitando en uno se alimenta superficialmente de otro que esté en contacto (Núñez y Scatoni, 2013).

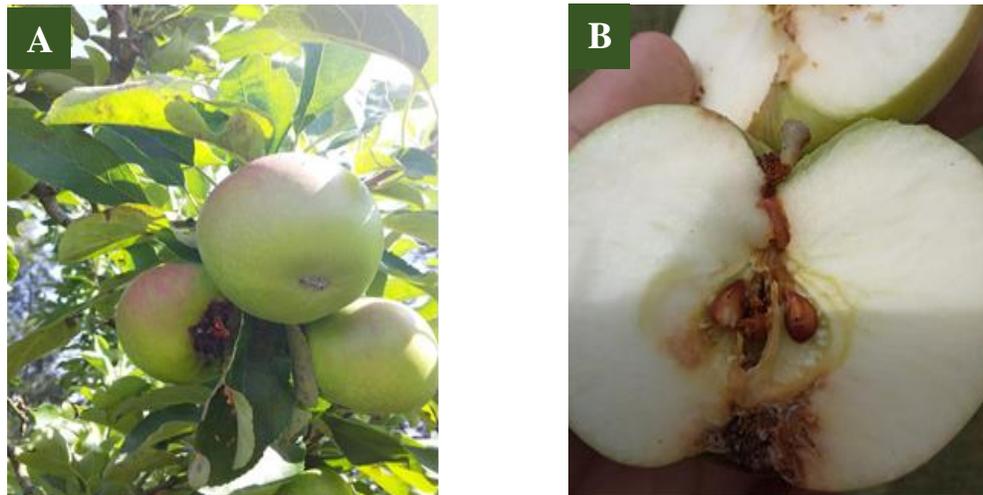


Figura 2. Daños de *Cydia pomonella* en frutos

Núñez y Scatoni (2013) afirman que *C. pomonella* es la plaga de mayor importancia para los cultivos de manzano y peral, debido al tipo de ataque y a la

magnitud de este. Más del 80 % de las aplicaciones de insecticidas se dirigen a evitar sus daños. En altas infestaciones este insecto puede dañar hasta casi el 100 % de la producción. Sin embargo, los autores mencionan que en los montes comerciales de manzanos y perales generalmente sus daños no superan el 1 % de la producción total, por la intervención constante con insecticidas. En general, en el caso del manzano se aplican de nueve a diez pulverizaciones de insecticidas durante el ciclo de crecimiento, y en el peral se hacen de cuatro a seis (Núñez y Scatoni, 2013).

2.1.1.5. Ciclo biológico y hábitos

En cuanto al ciclo biológico, las hembras fecundadas ponen sus huevos en forma aislada sobre hojas o frutos, en promedio cada hembra es capaz de poner hasta 100 huevos, dependiendo de las condiciones climáticas y de alimentación. En su mayoría, los huevos son puestos cerca de los frutos o sobre estos, sin embargo y según estudio de Steiner (1939) la larva recién emergida es capaz de desplazarse hasta tres metros en busca de frutos. Es justamente durante esta búsqueda, el único período de exposición de las larvas a los insecticidas y a otros factores de mortalidad como las lluvias. Luego de penetrar en el fruto todo el desarrollo larval se da dentro del mismo. Al finalizar su desarrollo, las larvas miden de 15 a 20 mm, presentando un color rosado intenso y no muestran peine anal permitiendo diferenciar las larvas de carpocapsa de las de grafolita.

Debido a las condiciones de Uruguay, carpocapsa tiene tres generaciones por año. La magnitud de los daños depende también de la generación que se trate. La fruta atacada en noviembre cae mucho antes de la cosecha, la dañada en diciembre y enero, si bien también cae, lo hace muy cerca del período de cosecha, manteniéndose la mayoría en el árbol. La manzana atacada durante el mes de febrero, prácticamente es recolectada con larvas en su interior. Si bien la primera generación del insecto tiene menor incidencia económica en comparación con las restantes generaciones, hay que tener en cuenta que una alta supervivencia de larvas de la primera generación, desencadenará una mayor presión de ataque en la segunda y tercera generación (Núñez y Scatoni, 2013).

2.1.1.6. Temperatura y desarrollo fenológico

Núñez y Scatoni (2013) mencionan que la temperatura crepuscular juega un papel muy importante dado que la cópula se da al atardecer. Para el vuelo como mínimo debe haber una temperatura en el crepúsculo de 12,7 °C y máximo 26 °C, para la cópula 15,5 °C como mínimo y como máximo 26,7 °C, y para la puesta debe haber un mínimo 15,5 °C y un máximo de 30,0 °C (UCANR, 2014). Núñez y Scatoni (2013) relacionan la

temperatura máxima de aproximadamente 21 °C con una temperatura crepuscular de 15,5 °C. Su ciclo de vida está sincronizado con la fenología de su hospedero más importante, el manzano, ya que las dos especies han evolucionado en forma conjunta y tienen requerimientos ecológicos similares (Shel'Deshova, 1967).

Dentro de los umbrales de temperatura existe acumulación por parte del insecto para cumplir los diferentes eventos (Núñez y Scatoni, 2013). En el caso de carpocapsa se deben cubrir entre 412 a 800 GD con un promedio de 588 GD como se detalla en Cuadro 1.

Cuadro 1. Requerimientos en grados día de distintos estados de desarrollo de *Cydia pomonella*

Evento	Grados días requeridos	Promedio
Pre-oviposición	16,6 a 43,8	32,2
Desarrollo embrionario	61 a 118	87
Desarrollo de larvas	183 a 355	261
Desarrollo de pupas	167 a 325	239
Generación completa	412 a 800	588 ^a

Umbral mínimo de desarrollo: 10 °C

Umbral máximo de desarrollo: 31 °C

^a Las generaciones de verano requieren 88 grados días más

Fuente: tomado de Núñez (2006a).

2.1.2. Grafolita - *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae)

2.1.2.1. Descripción

Al igual que carpocapsa este insecto es holometábolo y pasa por 4 estados, huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos son pequeños de forma ovalada algo convexo, su tamaño es de 1 mm de largo por 0,8 mm de ancho, de color blanquecino y por lo general no se observan a nivel de campo (Núñez et al., 2010a). En cuanto a la larva la misma completa de cuatro a cinco estadios, esta mide al final de su desarrollo de 10 a 12 mm, presentando un color cremoso con tintes rosados y en el último segmento un peine anal que la diferencia de la larva de carpocapsa. Los adultos miden de 10 a 15 mm de

expansión alar. Las alas anteriores son grisáceas con escamas negras formando líneas tenues e irregulares. En la totalidad de las alas se encuentran pequeñas manchas blanquecinas. Por otra parte, las alas posteriores son de color castaño grisáceo.

2.1.2.2. Origen e historia

Grapholita molesta es originaria de China o Japón, y desde allí se extendió a otras zonas frutícolas del mundo. En la actualidad se la conoce en Australia, Asia, parte del continente europeo y América del Norte (Figura 3). En América del Sur se identifica por primera vez para Uruguay en 1926, Argentina en 1931, Sur de Brasil en 1943, alcanzando posteriormente Chile en 1970 (Knight et al., 2014).

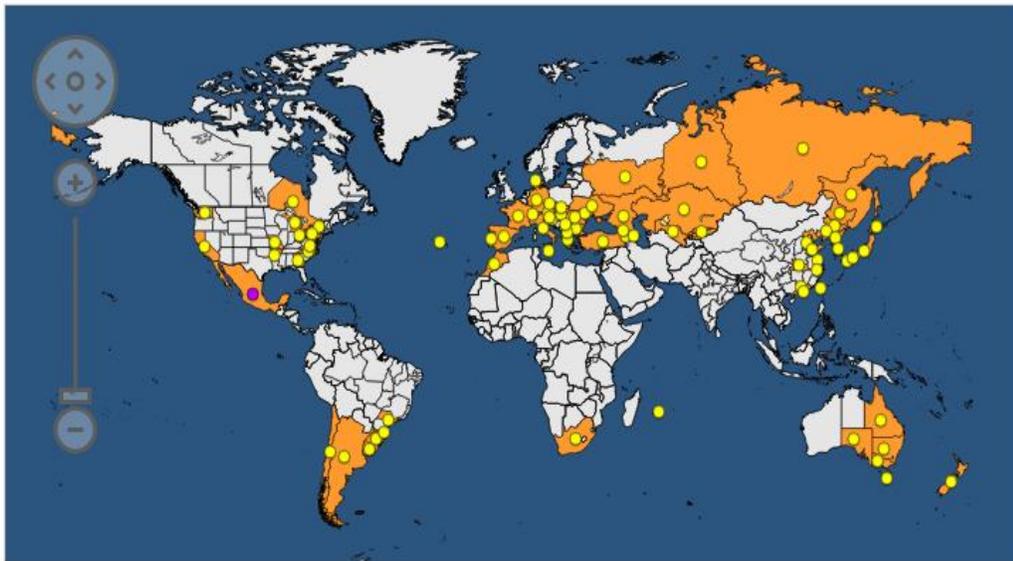


Figura 3. Distribución mundial de *Grapholita molesta*

Fuente: EPPO (2019b).

2.1.2.3. Hospederos

En Uruguay en pocos años tuvo un avance importante afectando toda la zona tradicionalmente frutícola. Principalmente afecta membrillero, duraznero, manzano, ciruelo, peral, damasco, cerezo y almendro (Núñez y Paullier, 2006b). La afectación de

esta plaga en las variedades tempranas y de estación de manzanos y perales ha pasado desapercibida por el uso constante de insecticidas para controlar carpocapsa, sin embargo, en las variedades tardías de manzanos como Granny Smith se observaban daños previos a la cosecha (Núñez y Paullier, 2006b). En los últimos años, con la tendencia al menor uso de insecticida, grafolita ha tenido un aumento en su incidencia en el cultivo de manzano (Núñez y Scatoni, 2013).

2.1.2.4. Daños

Los daños que esta plaga provoca dependen de la especie frutal a la cual ataque. En cuanto al daño que causan en manzano se diferencian de carpocapsa por producir galerías en un principio zigzagueante por debajo de la piel del fruto, además de no alimentarse de semillas (Figura 4). En algunas ocasiones cuando el ataque es severo se pueden observar daños en brotes (Núñez y Scatoni, 2013). De los hospederos, en el membrillero es donde produce mayor daño económico alimentándose fundamentalmente de frutos, seguido por el duraznero donde afecta brotes y frutos.



Figura 4. Daños de *Grapholita molesta* en manzana

2.1.2.5. Ciclo biológico y hábitos

En las condiciones de Uruguay, a fines de agosto se dan los primeros vuelos de la generación invernante. Los adultos realizan su vuelo una hora antes del crepúsculo y lo culminan una hora después. En algunos momentos donde la temperatura es relativamente baja la actividad de los adultos se puede dar hasta tres horas antes (Núñez y Scatoni, 2013). Los adultos presentan una vida aproximada de diez a once días en verano. Cuando se cumplieron las exigencias térmicas y las hembras están fecundadas inician la puesta. Las larvas prefieren los brotes de duraznero y luego de avanzada la temporada los frutos inmaduros para alimentarse.

Con respecto a los manzanos Núñez y Scatoni (2013) mencionan que en la temporada 2000-2001 se realizó un estudio revisando la incidencia de la plaga en manzanos. Como conclusión vieron que en montes con poca intervención de insecticidas las apariciones de larvas se dan a partir de diciembre, pero en enero y febrero se da la mayor incidencia de esta especie plaga en manzanos. Sainti (2007) menciona que las últimas generaciones pueden alimentarse de frutos de manzano siendo más afectada la variedad Granny Smith, pero también otras tardías como Cripps Pink y Fuji.

2.1.2.6. Temperatura y desarrollo fenológico

En condiciones de Uruguay esta especie plaga presenta cinco generaciones anuales la temperatura inferior de desarrollo es 7 °C y superior de 32 °C y un umbral de vuelo inferior de 16 °C y superior de 29 °C.

Dentro de los umbrales de temperatura existe acumulación por parte del insecto para cumplir los diferentes eventos (Núñez y Scatoni, 2013). En el caso de grafolita se deben cubrir entre 535 GD como se detalla en Cuadro 2.

Cuadro 2. Requerimientos en grados día de distintos estados de desarrollo de *Grapholita molesta*

Evento	Grados días requeridos
Pre-oviposición y desarrollo embrionario	111
Larva	215
Pupa	210
Generación completa	535
Umbral inferior de desarrollo	7 °C
Umbral superior de desarrollo	32 °C

Fuente: Núñez y Scatoni (2013).

2.1.3. *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick) y *Bonagota salubricola* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae)

2.1.3.1. Descripción

Son insectos holometábolos. En *A. sphaleropa* los huevos son pequeños, puestos en grupo, las larvas totalmente desarrolladas miden alrededor de 10 mm de largo (SINAVIMO, 2019) y son de color amarillento o verdoso (Sainti, 2007). La hembra adulta mide 15 mm y el macho 12 mm de expansión alar, las alas anteriores son de color castaño oscuro casi negro con zonas rojas (Núñez y Scatoni, 2013).

En *B. salubricola* los huevos son también depositados en grupo, cubiertos por una sustancia blanquecina que sobresale de las posturas dándole un aspecto de “huevo frito”, el color de las larvas es similar al de *A. sphaleropa* aunque a partir del cuarto estadio se divisan dos bandas dorsolaterales blanquecinas (Núñez y Scatoni, 2013). Los adultos miden entre 11 y 14 mm de expansión alar. Las alas anteriores presentan tonos grises claros y oscuros.

2.1.3.2. Origen e historia

A. sphaleropa se encuentra presente en Perú, Argentina, Sur de Brasil y Uruguay. Este insecto es autóctono y fue citado en Uruguay por primera vez por Ruffinelli y Carbonell (1953). Por otro lado, *B. salubricola* tiene una distribución menor,

se encuentra en Argentina, Sur de Brasil y Uruguay y fue citada por primera vez por Biezanko et al. (1957). A ambos insectos se les conoce comúnmente como lagartitas.

2.1.3.3. Hospederos

Las larvas afectan brotes, hojas, flores y frutos de varias especies. Se han observado en ciruelo, cítricos, duraznero, manzano, peral, vid, algunas plantas ornamentales y malezas.

2.1.3.4. Daños

A. sphaleropa y *B. salubricola* son más comunes en la zona Sur del país y su mayor afectación es a manzano. En este hospedero las larvas se instalan en los brotes alimentándose de hojas nuevas. Pero el daño de mayor consideración ocurre en los frutos, el mismo se da superficialmente de forma irregular y usualmente cerca de la cavidad peduncular, en la zona de contacto de dos frutos o de un fruto y una hoja. *Argyrotaenia sphaleropa* es también común en vid (Bentancourt y Scatoni, 2010).

2.1.3.5. Ciclo biológico y hábitos

Estos insectos realizan las puestas en el haz de las hojas, el desarrollo embrionario se completa en una semana aproximadamente, las larvas pasan por cinco a seis estadios completándose en tres a cuatro semanas. Las larvas pupan en los bordes plegados de las hojas, o en la cavidad peduncular de las manzanas (Bentancourt y Scatoni, 2010).

En 1996/1997 se realizaron estudios para conocer la relación entre las capturas de adultos en trampas de feromona y las puestas de huevos. Para *A. sphaleropa* se registraron picos de puestas en diciembre, mediados de enero y mediados de febrero, coincidiendo estos con los vuelos de adultos. De los picos de postura de huevos, el de diciembre presenta la mayor abundancia (Núñez y Scatoni, 2013). Con respecto a *B. salubricola* las posturas registradas se dieron a partir de diciembre, pero las mayores posturas de huevos fueron a mediados de enero y febrero a diferencia de *A. sphaleropa*.

En estudios realizados con posterioridad, la variedad Granny Smith fue significativamente más atacada en los brotes mientras que en la variedad Red Delicious en los frutos. La explicación que dan los autores es que se debe a las diferencias en el

tipo de hábito de crecimiento de estas variedades siendo Granny Smith más vigorosa que Red Delicious (Núñez y Scatoni, 2013). Los autores mencionan que las lagartitas prefieren alimentarse de brotes más que de frutos y el período más frecuente de ataque en frutos es la primera quincena de enero.

2.1.3.6. Temperatura y desarrollo fenológico

Argyrotaenia spheropa requiere 688 GD para complementar una generación con un umbral inferior de desarrollo de 9 °C y a lo largo del año completa cuatro o cinco generaciones. *Bonagota salubricola* requiere 745 GD para completar una generación con un umbral inferior de desarrollo de 6,8 °C, y a lo largo del año completa cinco generaciones. A diferencia de carpocapsa y grafolita, estas especies presentan un desarrollo ininterrumpido a lo largo del año sin diapausa, migrando de los hospederos caducifolios a los perennes en el período invernal (Núñez y Scatoni, 2013).

2.2. ESTRATEGIAS DE CONTROL

Las exigencias de los consumidores hacen que el fruticultor tome medidas de control para mitigar los daños de las plagas, además de la búsqueda de rendimientos aceptables. En las últimas décadas se ha generado una conciencia ambiental que promueve el cuidado del medio ambiente, la salud de los trabajadores y consumidores. En la primera sesión de la FAO de 1967 (Food and Agricultural Organization of the United Nations) se define el término Manejo Integrado de Plagas (MIP), existiendo actualmente más de 67 definiciones (Bajwa y Kogan, 2002). Faust (2008) hace una compilación de todas y define como un enfoque sostenible y ecológico para el manejo de plagas mediante la combinación de herramientas biológicas, culturales, físicas y químicas de manera que minimiza los riesgos económicos, sanitarios y medioambientales. Esto significa anticiparse a los problemas de plagas y evitar que las mismas alcancen niveles económicamente perjudiciales. Se basa en una combinación de prácticas organizadas de manera tal que una no compita con la otra. Por otra parte, el manejo convencional es aquel donde el uso de insecticidas es la principal herramienta (Núñez y Scatoni, 2013).

En cuanto a las tácticas de control Núñez y Scatoni (2013) mencionan cinco tipos utilizados en el MIP: biológico, etológico, cultural, físico y químico. El control biológico, los autores lo definen como la utilización de enemigos naturales para reducir los niveles de las poblaciones de plagas, uso de parasitoides, predadores, patógenos, competidores y otros organismos benéficos que reducen el perjuicio de las plagas, con estrategias fundamentalmente de conservación e incremento.

El control etológico, bioracional o biotécnico, incluye métodos autocidas, repelentes, deterrentes, hormonas, semioquímicos, antimetabolitos, etc. Respecto al control cultural, es la utilización de prácticas agrícolas ordinarias, o algunas modificaciones, para contribuir a prevenir el ataque de la plaga. Existen prácticas de elección de hospederos resistentes, variedades y portainjertos. También se encuentran como otras prácticas el manejo de la cobertura vegetal, del riego y la fertilización, remoción de restos de cultivos, saneamiento, etc.

Control físico o mecánico, usando tácticas de colecta, trapeos masivos, exclusión. Por último, el control químico, de acuerdo a las características puede agruparse en insecticidas botánicos extraídos de plantas, insecticidas microbiológicos, aceites minerales, insecticidas sintéticos, siendo estos últimos los más utilizados.

En esta tesis se profundizará en el control etológico y el uso de feromonas debido a que la confusión sexual es la principal herramienta utilizada en el MIP de frutales.

2.2.1. Feromona y sus usos

Núñez y Scatoni (2013) definen a las feromonas como mensajeros químicos que emiten muchos seres vivos para comunicarse dentro de la especie y pueden actuar como atrayentes sexuales, o como señales de alerta (hormigas), de marcación de caminos (hormigas), de agregación (escoltídos) o de otro tipo. Por lo tanto, son una forma de comunicación muy específica, en general sólo percibida por la especie en cuestión.

Las feromonas sexuales son generalmente liberadas por las hembras con la finalidad de atraer a los machos en busca de la cópula. Por el gran potencial que tienen las feromonas sexuales para atraer machos adultos, estas sustancias son identificadas químicamente y sintetizadas para ser utilizadas para el control de plagas (Scatoni, 2013). Estas sustancias químicas son utilizadas para: confusión sexual, el monitoreo espacial y temporal, trapeo masivo, y como atracticidas (González et al., 2012).

Proverbs (1965), Butt y Hathaway (1966) fueron los primeros que citaron la presencia de una feromona sexual en la hembra de *C. pomonella*. Posteriormente Roelofs et al. (1971) identificaron, el compuesto (E,E)-8,10-dodecadien-1-ol (EEOH) como su ingrediente activo. Este compuesto fue nombrado “codlemone” (Beroza et al. 1974, Mc Donough y Moffrt 1974).

2.2.1.1. Uso de feromonas para monitoreo de plagas

En Uruguay los primeros usos de feromonas fueron realizados por el Centro de Investigaciones Agrícolas “Alberto Boerger” (CIAAB) en Las Brujas en los años 70, para los sistemas de alarma con trampas para grafolita y carpocapsa. En la década de los 80 algunos productores comenzaron a usar trampas para las plagas antes mencionadas con la finalidad de programar las aplicaciones de insecticidas (Núñez y Scatoni, 2013).

Las feromonas sexuales sintéticas son utilizadas para la detección y monitoreo de insectos plaga, se cargan en septos de goma en cantidades que oscilan entre 0.1 y 1 mg, y se colocan dentro de trampas que capturan a los machos atraídos (González et al., 2012). Las trampas para monitoreo son utilizadas para observar cambios en los niveles de población y permiten un mejor conocimiento acerca de la emergencia de los adultos y el pico de vuelo (Rosell et al., 2008).

En el caso del sistema de alarma, se utilizan para hacer un seguimiento de la fenología de las plagas. Se pueden utilizar además para determinar umbrales de capturas y definir la necesidad de control químico. En montes con confusión sexual el objetivo es verificar que la estrategia está funcionando adecuadamente.

El método de predicción del riesgo potencial de ataque de la plaga lleva implícito el uso de umbrales de daño económico, que se expresan en número de mariposas capturadas por semana o en capturas acumuladas a partir de un determinado evento de su ciclo biológico (Cichón, 2004). Cuando la población sobrepasa el umbral de capturas establecido para una determinada región y no se efectúan tratamientos, aumentará el porcentaje de frutos dañados por la plaga (Cichón, 2004). En plagas que poseen un bajo umbral de daño económico (carpocapsa y grafolita), se requiere un monitoreo eficaz que permita una evaluación confiable a densidades poblacionales bajas (Cichón, 2004).

En el caso de utilizar insecticidas de acción larvicida, es necesario conocer cuando se producen los primeros nacimientos de larvas para efectuar control químico correspondiente. Si se emplean insecticidas ovicidas se debe predecir el inicio de la postura de huevos para la ejecución de las aplicaciones de control (Cichón, 2004).

A nivel nacional se usan dos tipos de trampas, las llamadas “wind” y las delta (Núñez y Scatoni, 2013). Utilizándose estas últimas tanto para carpocapsa (10 X) como para lagartitas. En el caso de carpocapsa los septos pueden estar impregnados con 1 mg o 10 mg de feromona, las segundas se utilizan en predios con “confusión sexual”.

2.2.1.2. Uso de feromonas para confusión sexual

González et al. (2012) mencionan que consiste en sobrecargar el ambiente con grandes cantidades de la feromona sexual sintética de la hembra, de manera de alterar el comportamiento del macho. Esta técnica causa desorientación e interrupción de la comunicación entre los sexos, y por lo tanto retrasa, reduce o previene la fertilización de las hembras y en consecuencia la incidencia de larvas en la siguiente generación. Los mecanismos más comúnmente citados son el seguimiento de falsas pistas (competitivo), el camuflaje de la estela de olor, la desensibilización sensorial y desbalance sensorial (Rosell et al., 2008). La confusión sexual tiene una serie de ventajas, es específica para la especie plaga, tiene un bajo impacto ambiental y es más sostenible que otras técnicas de amplio espectro, sin evidencia de resistencia (Rosell et al., 2008). Esta técnica es más efectiva en grandes áreas, debido en parte a que se reduce el impacto de hembras copuladas que migran al área tratada, además que se facilita una penetración homogénea del aire por el aumento de la relación área/borde. Por otro lado, en cultivos y regiones donde la producción se realiza en forma fragmentada, es esencial la coordinación de productores para aplicar la técnica simultáneamente (González et al., 2012). La relación área/borde es otro aspecto que refiere al mejor desempeño de la técnica en grandes superficies.

La “confusión sexual” es uno de los métodos de control preferido contra poblaciones resistentes a los insecticidas por la especificidad del mecanismo. Pero ésta tiene también algunos inconvenientes, usualmente es más costosa que los insecticidas de amplio espectro, debido a que se utilizan componentes más complejos y / o inestables. Además, plagas secundarias a menudo pueden surgir como importantes problemas (Rosell et al., 2008). González et al. (2012) mencionan que la “confusión sexual” da buenos resultados, si se inicia el período vegetativo del frutal con poblaciones bajas del insecto y se instalan los emisores antes del primer vuelo de los adultos (Reddy y Guerrero, 2010). El control de poblaciones altas requiere la aplicación conjunta de confusión sexual con insecticidas, los cuales se pueden disminuir paulatinamente después de varias temporadas. La evaluación de la eficacia de la técnica a lo largo de toda la temporada es otro aspecto para considerar (González et al., 2012). El parámetro más comúnmente utilizado para indicar si la confusión es exitosa es la captura de machos en trampas de feromona colocadas dentro del cultivo; si éstas son bajas o cero se asume que el tratamiento funciona eficientemente y controla la plaga. Sin embargo, no es poco común encontrar bajas capturas en trampas y detectar un número sustancial de hembras copuladas, por lo que la inspección visual del cultivo para evaluar el daño es importante (Reddy y Guerrero, 2010).

Existen diferentes formas de implementar la confusión sexual a nivel productivo, lo más común es a través del uso de diferentes tipos de emisores, de cuerda (isomate), de tarjeta (check mate), de ampollas (rak), de aerosoles (puffer), de gotas de

resina (splat) y por último se diferencia de las anteriores en su formato comercial la feromona flowable ya que se aplica con pulverizadoras como un producto fitosanitario.

En el año 1987 Charmillot y Bloesch fueron los primeros científicos en probar la Técnica de Confusión Sexual a campo para controlar a *C. pomonella* (Cichón, 2004).

2.3. MANEJO DE PLAGAS EN ÁREA AMPLIA O MANEJO REGIONAL DE PLAGAS

El control de plagas en área amplia es la intervención en un área extensa y con una acción preventiva. Asimismo, con este enfoque se busca disminuir la plaga evitando una reinfestación por migración de las zonas cercanas no manejadas (Elliot et al., 2008b). Knipling afirma que, para que se dé un control efectivo de la plaga se debe aplicar una estrategia de control uniforme y sincronizada en un área lo suficientemente amplia como para abarcar la población total de la plaga durante el período de al menos una generación del insecto (Elliot et al., 2008b).

De acuerdo a Elliot et al. (2008b) las estrategias que se utilizan en estos programas deben considerar la bioecología de la plaga, el sistema de producción en su conjunto y la estrategia de control, con el fin de suprimirla de la forma más eficaz posible. También se debe considerar en el manejo de un área amplia que las plagas agrícolas en su estado adulto tienen capacidad de volar y por lo tanto se desplazan de un predio al contiguo sin mayores inconvenientes y en la medida que los predios sean pequeños y próximos, la interacción entre ellos será mayor (Núñez et al., 2011). El fundamento para proponer un programa de área amplia es que, si las decisiones de manejo de plagas se toman a nivel predial, aunque sean óptimas, estarán afectadas por los predios linderos (Núñez et al., 2011).

2.4. ANTECEDENTES EN URUGUAY

A principios de los años 90 se iniciaron las primeras evaluaciones del uso de la confusión sexual de carpocapsa en el país y en 1997 ya comenzó a aplicarse a nivel comercial en lo que fue el inicio del Programa de Producción Integrada. La reducción del uso de insecticidas para el control de carpocapsa resultó en un incremento del daño de lagartitas, lo que impulsó a desarrollar la síntesis de su feromona para monitoreo entre 1995 y el 2000. Si bien se obtuvieron resultados alentadores, la aplicación de la confusión sexual para el control de carpocapsa a nivel predial seguía siendo ineficiente muchas veces debido a que, por ser los predios relativamente pequeños, existe fuerte interacción entre la diversidad de frutales hospederos presentes, y también entre predios vecinos, incrementándose también los daños ocasionados por grafolita en manzanas. Esto derivó en la necesidad del ajuste de un protocolo de manejo que lograra los mejores resultados para ser aplicado en grandes áreas (Núñez y Scatoni, 2013). En una primera instancia se validó un protocolo de manejo integrado de plagas en predios piloto. Esta etapa se dio durante las temporadas 2006-2008, en seis predios frutícolas seleccionados según criterios de aislamiento y diversidad de especies frutícolas. En una segunda fase se implementó la aplicación del protocolo validado, en un módulo de 50 ha. Esta etapa se cumplió durante las temporadas 2008-2010, en la zona de Melilla. El módulo estuvo comprendido por 3 a 5 productores según los casos.

Una tercera etapa fue la extensión del área a por lo menos 300 ha. Este proceso se inició en el 2010 y llevó aproximadamente tres años, luego de lo cual se logró aplicar la tecnología mencionada en una buena parte de la zona frutícola. Para el cumplimiento de esta etapa existió un acuerdo interinstitucional entre INIA, Facultad de Agronomía y JUMECAL, para la ejecución de un proyecto de aplicación de nuevas tecnologías financiado por ANII. En 2012 se implementa el PMRP liderado por la Dirección General de la Granja y un comité técnico con representantes del INIA, la Facultad de Agronomía y la Dirección General de Servicios Agrícolas (DGSA). El programa inicia con 2100 ha y 175 lugares de producción, alcanzando en 2018 las 3473 ha y 405 lugares de producción (Cuadro 3). Trabajan además en el programa 60 monitores prediales y 13 coordinadores de campo zonales que supervisan la tarea de los monitores (MGAP. DIGEGRA, 2020).

Cuadro 3. Conformación del programa de manejo regional de plagas durante el período 2012 a 2019

	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Lugares de producción	175	301	360	397	408	410	405
Superficie	2100	3201	3543	3370	3773	3700	3473
Número de monitores	40	75	68	64	63	66	60
Número de coordinadores	-	-	16	12	11	12	12

Fuente: tomado de MGAP. DIGEGRA (2020).

2.4.1. Protocolo programa de manejo regional de plagas en manzanos

El programa recomienda la instalación de la feromona de confusión sexual antes de la aparición de los adultos en la primavera, y la realización de hasta tres aplicaciones de insecticidas para el control de carpocapsa en la primera generación. Se debe realizar el monitoreo semanal de todos los montes, observando brotes y/o frutos según la plaga, así como el monitoreo en trampas de feromonas de carpocapsa y lagartitas.

Con respecto al uso de feromonas se recomienda que la técnica de confusión sexual se aplique a superficies mayores a cuatro hectáreas por tal motivo la suma de predios conjuntos es de suma importancia debido a las características de los predios frutícolas.

En algunas instancias donde las superficies son menores o existen montes en formación se recomienda el uso de feromonas con el fin de disminuir la presión de ataque de estas plagas.

En cuanto a la ubicación de los emisores de feromonas se recomienda instalarlos en la parte superior de los árboles, además, se debe reforzar los límites del cuadro y del predio, siendo esto de especial cuidado en lugares donde se tengan montes abandonados.

Para el control de carpocapsa se deben instalar los emisores de feromona antes del primero de octubre prestando atención en la cantidad por superficie según recomendación del fabricante.

Para el control de grafolita en montes de manzano los emisores deben ser instalados en la segunda quincena de noviembre. Para la mayoría de las marcas de emisores en las variedades tardías, las que se cosechan a fines de abril-mayo, es necesario una segunda instalación dependiendo de la superficie (bloque de cuatro hectáreas como mínimo).

Para el monitoreo de carpocapsa se deben instalar trampas 10X en la misma fecha que la confusión sexual, pero no en el mismo árbol que tiene los emisores.

Para el monitoreo de lagartitas se deben instalar dos trampas separadas al menos treinta metros entre sí, una para *B. salubricola* y otra para *A. sphaleropa* que se colocan en la primera quincena de noviembre, en el mismo monte que las de carpocapsa.

Se recomienda realizar hasta tres aplicaciones de insecticidas durante octubre-noviembre para controlar la primera generación de carpocapsa. La primera aplicación se debe realizar con insecticidas fisiológicos al inicio de oviposición (principios de octubre) cuando la temperatura máxima supere los 20 °C. Luego se recomiendan dos aplicaciones más dirigidas al control del primer y segundo pico de emergencia de larvas de la primera generación, lo que se determina mediante el seguimiento de la fluctuación poblacional de la plaga y el uso de modelos fenológicos (GD).

El programa recomienda una lista de principios activos que se va actualizando año a año buscando promover el uso de productos eficaces, selectivos y de baja toxicidad. Se plantea además la rotación de grupos químicos para evitar problemas de resistencia.

Para el control de la segunda y tercera generación de carpocapsa en manzanos, que transcurre aproximadamente entre diciembre y marzo se debe considerar si hay daño en frutos o capturas en las trampas. Los criterios para la aplicación de insecticidas son encontrar daño nuevo en frutos igual o superior a 0,5% o tres o más mariposas por semana en trampas de carpocapsa, y para el caso de lagartitas que haya más de 20 mariposas por semana en las trampas de ambas especies sumadas. Si no se instaló confusión sexual para grafolita se deben instalar trampas y realizar tratamientos de insecticidas cuando las capturas sean mayores a 10 o 15 adultos por semana.

Si se siguieron estrictamente las recomendaciones para el control de carpocapsa y al finalizar la primera generación se detectaran daños en frutos, hay que revisar dónde estuvieron las fallas y se recomiendan tratamientos sistemáticos con insecticidas (Núñez

y Scatoni, 2013). Generalmente esta falla está asociada a la superficie destinada para frutales de pepita en una zona.

2.5. HIPÓTESIS

Los productores que aplican durante cuatro ciclos productivos consecutivos la técnica de confusión sexual para el control de carpocapsa y grafolita, registran una disminución de forma paulatina, o mantienen bajos los niveles de daño en fruto, reducen las aplicaciones de insecticidas realizadas y registran una disminución en las capturas de carpocapsa.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN

Los datos analizados en el presente trabajo de investigación corresponden a registros del PMRP ingresados en la plataforma del Registro Nacional Fruti Hortícola (RNFH), de la Dirección General de la Granja del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP. DIGEGRA).

Los registros fueron ingresados por lugar de producción y cuadro. Un lugar de producción es un grupo de cuadros que funcionan como una unidad productiva y se encuentran en un radio máximo de hasta 3 km uno de otro. Un productor puede estar representado por uno o más lugares de producción. Durante el período evaluado conformaron el PMRP un promedio de 405 lugares de producción, abarcando una superficie productiva promedio de 3579 ha.

El área con confusión sexual estuvo conformada por 1700 ha de manzanos, 450 ha de perales, 960 ha de durazneros, nectarinos y ciruelos y 150 ha de membrilleros. La recolección de la información y su ingreso a la base de datos fue realizada semanalmente por los monitores contratados por el programa cada temporada, relevándose los niveles de daño en fruta, aplicaciones de productos fitosanitarios, capturas de insectos en trampas de feromona (grafolita, carpocapsa y lagartitas) entre otros. La información de daño en fruto considerada para el análisis fue la registrada en la semana previa al inicio de la cosecha de las manzanas que se obtuvo mediante el conteo de 800 frutos por ha. La información de capturas en trampas fue registrada semanalmente, contándose con al menos una trampa de cada especie plaga por establecimiento. La información de aplicaciones de insecticidas fue tomada de los registros de los cuadernos de campo de los productores del PMRP.

3.2. PROCEDIMIENTO

Para el presente estudio se seleccionaron todos los lugares de producción y cuadros de manzanos que formaron parte del PMRP en las cuatro últimas temporadas, descartando aquellos que por algún motivo no estuvieron presentes en una o varias de las temporadas.

Los cuadros de manzanos se discriminaron según el momento de cosecha, en variedades tempranas, de estación y tardías. La superficie sufrió pequeñas variaciones

entre temporadas debido a la renovación de cuadros y eliminación de montes, pero esta variación es de poca significancia.

Las variedades consideradas fueron las de estación que engloba el gran grupo de las Red Delicious y sus mutaciones, las tempranas que están representadas por el grupo de las Gala y variantes y por último las tardías con las variedades Cripps Pink, Fuji y Granny Smith.

Los parámetros definidos fueron: daño en frutos causado por carpocapsa y grafolita, daño en fruto de lagartitas, capturas de carpocapsa y lagartitas, y número de aplicaciones de insecticidas. En base a la información compilada se elaboraron gráficos adoptando una convención de colores donde para los valores aceptables se usan el verde claro y verde oscuro pasando por el amarillo y naranja y los valores extremos y preocupantes con los colores rojo o bordó. Además, se elaboraron mapas utilizando la misma escala de colores para visualizar los diferentes intervalos de las variables. También se recopiló información meteorológica para analizar si las diferencias entre años de las variables antes mencionadas se explicaban por los parámetros climáticos.

3.3. VARIABLES ANALIZADAS

Daños. Se procesó y analizó la información de daño en frutos registrado en el último monitoreo previo a la cosecha discriminado por variedades de cosecha temprana, de estación y tardías. El nivel de daño se expresó como “% de frutos dañados” considerando la suma del daño relativo a carpocapsa y grafolita y porcentaje de fruta con daño de lagartitas, asociado indistintamente a *A. sphaleropa* o *B. salubricola*. La incidencia de daño en las distintas temporadas se midió como el porcentaje de superficie afectada considerando cinco categorías, que van desde daño cero, mayor a 0 hasta 1%, mayor a 1 a 2,5%, mayor a 2,5 a 5% y mayor a 5% por ciento de daño, siendo esta última categoría considerada como de daño muy severo.

Capturas. Se realizó el promedio de capturas semanales para carpocapsa y las dos lagartitas y se elaboraron gráficos de fluctuación poblacional, además se estimó el porcentaje de trampas según diferentes rangos de capturas acumuladas.

Para el análisis de las capturas acumuladas se transformaron los datos a promedios semanales, obteniendo así referencias que pudieran asociarse rápidamente con los criterios establecidos en el protocolo del PMRP. En el caso de carpocapsa el inicio y finalización de las generaciones fue definido en función de la constante térmica de desarrollo (586 GD), se inició el cálculo de grados día a partir del primero de octubre considerando un umbral mínimo de desarrollo de 10°C. Una vez definido el largo de cada generación se realizó la acumulación de capturas en el período y se dividió por el

total de semanas entre el inicio de la primera y el fin de la segunda generación. Los rangos de capturas semanales de carpocapsa pre establecidos para el análisis fueron: cero, mayor a 0 hasta 0,5, mayor a 0,5 hasta 1, mayor a 1 hasta 2, y mayor a 2.

En el caso de las lagartitas (*A. sphaleropa*+*B. salubricola*) se consideró para la estimación del promedio de capturas semanales el período comprendido del primero de diciembre al 31 de marzo. Los rangos de capturas semanales pre establecidos para el análisis en este caso fueron: de 0 a 5, mayor a 5 hasta 10, mayor a 10 hasta 20, y mayor a 20.

Momento de instalación de los emisores de feromona. Para determinar la oportunidad en el momento de instalación de la feromona se tomó como fecha de referencia el 10 de octubre, en base a la fecha estimada de inicio de los vuelos y oviposición de la generación invernante de carpocapsa. Se discriminó la superficie expresada en porcentaje de los predios que colocaron la feromona antes y después de esa fecha. Se cuenta con datos desde el año 2016.

Aplicaciones de insecticidas. Se cuantificaron las aplicaciones de insecticidas dirigidas al control de lepidópteros promedio por cuadro y por grupo de variedades, considerando la cantidad de veces que el productor aplicó insecticidas más allá que algunas veces se aplicara más de un producto en simultáneo. Se estimó la superficie de montes según diferentes categorías de aplicaciones que son, de cero a 4 aplicaciones, más de 4 hasta 6, más de 6 hasta 9, y más de 9, lo que se considera como un número muy alto de aplicaciones.

Variables meteorológicas. Para la comprensión de la variabilidad entre años de los parámetros daño en fruta de carpocapsa y grafolita, daño en fruta de lagartitas, capturas de carpocapsa, capturas de lagartitas y aplicaciones de insecticidas se tomaron en cuenta algunos datos climáticos. Estos fueron tomados del portal GRAS de la Estación Experimental de INIA en Las Brujas para cada uno de los años estudiados. Los parámetros climáticos analizados fueron, horas de frío acumulado por los frutales desde el 1 de mayo al 31 de agosto utilizando el modelo de “Utah” (Richardson, 1974), precipitaciones mensuales durante el ciclo vegetativo y días con temperaturas máximas por encima de los 20 °C en los meses de setiembre, octubre y noviembre.

3.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para comparar todas las variables se utilizaron métodos no paramétricos por tratarse de variables que no se distribuyen normal o no son continuas. En cuanto al software utilizado para el análisis estadístico el mismo fue el R.

Para determinar si las variables tenían diferencias entre temporadas se utilizaron dos métodos estadísticos, en primer lugar, el test de Kruskal-Wallis, bajo el supuesto de que no existían diferencias entre las temporadas, y en los casos en los que se rechaza la hipótesis nula para el test de Kruskal-Wallis, se realizó el test de Dunn para comparaciones múltiples de a pares de medias.

Para analizar la relación entre las variables se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, que mide el grado asociación lineal entre dos variables. Este coeficiente puede tomar valores entre -1 y 1. Valores positivos indican que al aumentar una variable la otra también aumenta, valores negativos muestran una relación inversa, cuando una aumenta la otra variable disminuye, mientras que valores en el entorno de cero indican una relación débil o nula entre las variables. Para este análisis se consideró la información de daño en fruto y de aplicaciones de insecticidas únicamente de los cuadros donde se encontraban instaladas las trampas.

3.5. ELABORACIÓN DE MAPAS

En base a los datos de georreferenciación de los montes y de las trampas, se confeccionaron mapas en Google Earth de las tres variables mencionadas previamente, definiendo zonas con diferente intensidad de daño en fruto, capturas y número de aplicaciones en base a una escala de colores, los colores van desde verde pasando por el amarillo y naranja y terminando en rojo habiendo algunas diferencias en base a la variable.

Mediante los mapas se comparó la evolución del daño, las capturas y las aplicaciones en el tiempo y en el espacio.

Para la presentación de los mapas se tomaron las zonas con mayor concentración de predios dedicados a la fruticultura de hoja caduca teniendo como centro el río Santa Lucía y comprende la zona Noroeste de Montevideo, Oeste de Canelones y Este de San José.

4. RESULTADOS

La información que se presenta a continuación corresponde a 138 unidades de producción, las que ocupaban una superficie promedio de 780 ha. Se discrimina la información en variedades de estación con un área de 500 ha, en variedades tempranas con 90 ha y en variedades tardías con 190 ha.

Las unidades de producción frutícolas se ubicaban en mayor medida en los departamentos de Canelones con un 44 % de la superficie, 36 % en Montevideo, y un 20 % en San José (Cuadro 4, Figura 5). El análisis comprendió cuatro ciclos productivos, de octubre 2015 a mayo 2019.



Figura 5. Región de producción de frutales de hoja caduca en el Sur de Uruguay

Fuente: adaptado de Google Earth.

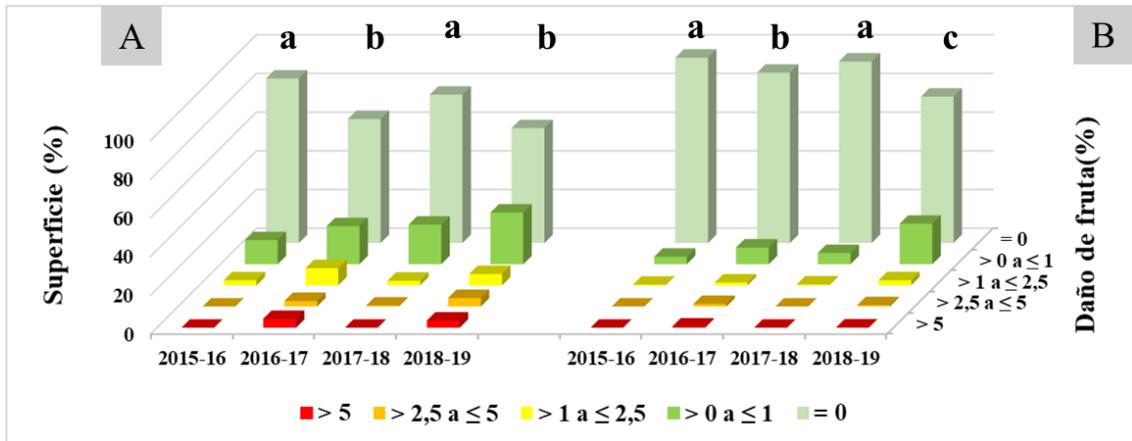
Cuadro 4. Localidades con lugares de producción seleccionados

Canelones		Montevideo	San José
Aguas Corrientes	Los Cerrillos	Colón	Colonia Claude Gallard
Canelón Chico	Progreso	Cuchilla Pereira	Kiyú
Colorado Chico	Sauce	La Boyada	Libertad
El Colorado	Villa Nueva	Peñarol Viejo	Rincón del Pino
Juanicó		Melilla	Paso del Bote
Las Piedras		Rincón del Cerro	
Las Violetas		Toledo Chico	

Se presenta en primer lugar la información de daño en fruto, posteriormente las capturas de carpocapsa y lagartitas, los datos de aplicaciones, los mapas con las diferentes variables y por último los datos meteorológicos. Se sigue tal orden para realizar un análisis en base a la hipótesis planteada para esta tesis.

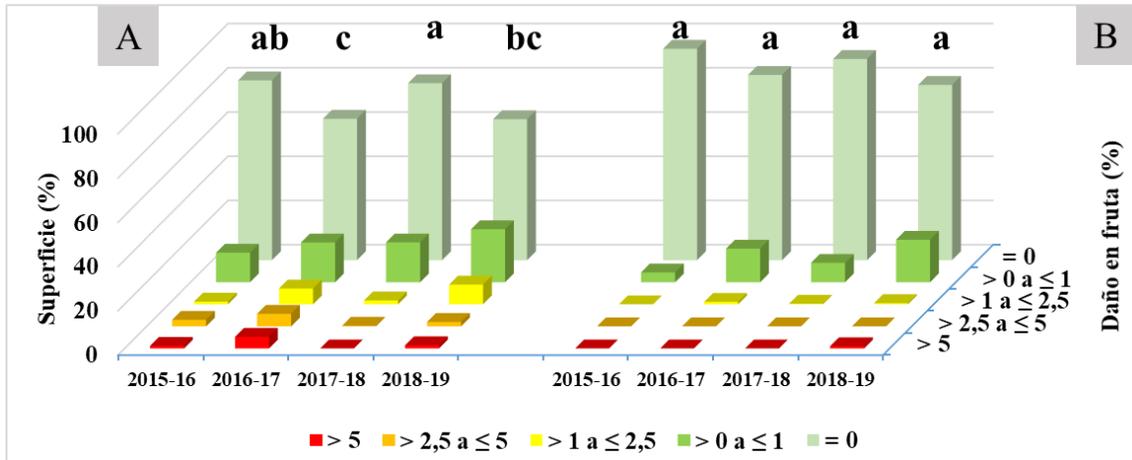
4.1 NIVEL DE DAÑO EN FRUTO

El daño en fruto por carpocapsa y grafolita en las variedades de estación fueron mayores durante las temporadas 2016-2017 y 2018-2019, presentando diferencias significativas con las temporadas 2015-2016 y 2017-2018. En las temporadas de menor infestación los registros de daños más altos excepcionalmente superaron el 2,5%, mientras que en las otras dos temporadas en el 4 y 5 % de la superficie se registraron daños mayores al 5% (Figura 6A). El nivel de daño de lagartitas siguió un patrón similar donde las temporadas 2016-2017 y 2018-2019 representan también los períodos con mayor daño, en estas variedades la última temporada se diferencia por ser la de mayor afectación (Figura 6B). En cuanto a la incidencia de carpocapsa y grafolita en las variedades tempranas se observa que las temporadas de mayor daño son la 2016-2017 y la 2018-2019 de igual modo que en las variedades de estación (Figura 7A). En las variedades tardías se mantiene el mismo patrón, con daños en fruta significativamente mayores en las temporadas 2016-2017 y 2018-2019 (para ambos grupos de plagas, Figura 8A y B).



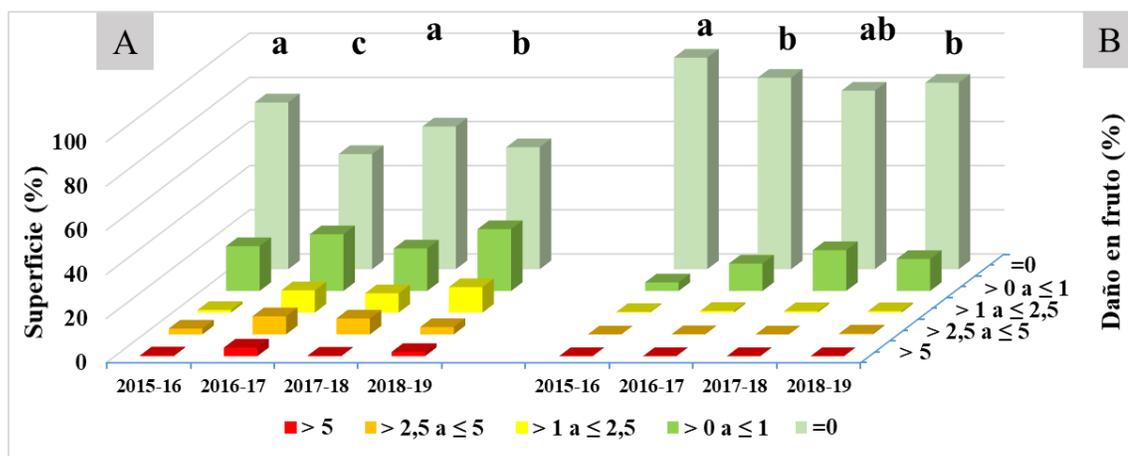
*Letras iguales sobre el gráfico indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas según el test Kruskal-Wallis p-valor en A de 2,2e-16 y 2,2e-16 en B y test Dunn cuando las poblaciones son diferentes.

Figura 6. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha de estación según el nivel de daño en fruto de: A- *C. pomonella* + *G. molesta*, B- *A. sphaleropa* + *B. salubricola* en cuatro temporadas (2015 a 2019)



* Letras iguales sobre el gráfico indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas según el test de Kruskal-Wallis con un p-valor de 2,357e-7 en A y 0.007874 en B y test Dunn cuando las poblaciones son diferentes.

Figura 7. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha temprana según el nivel de daño en fruto de: A- *C. pomonella* + *G. molesta*, B- *A. sphaleropa* + *B. salubricola* en cuatro temporadas (2015 a 2019)



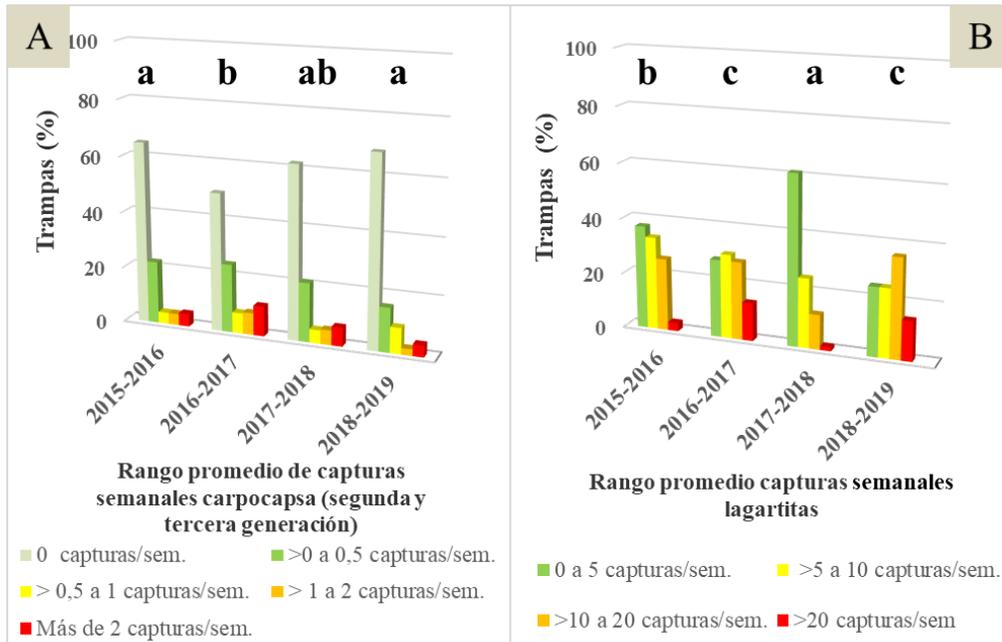
* Letras iguales sobre el gráfico indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas según el test Kruskal-Wallis con un p-valor de 2,076e-10 en A y 0,0001745 en B y test Dunn cuando las poblaciones son diferentes.

Figura 8. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha tardía según el nivel de daño en fruto de: A- *C. pomonella* + *G. molesta*, B- *A. sphaleropa* + *B. salubricola* en cuatro temporadas (2015 a 2019)

4.2. CAPTURAS REGISTRADAS EN TRAMPAS DE CARPOCAPSA 10X Y LAGARTITAS

Las capturas de estos tortrícidos fueron consideradas sin diferenciar si las trampas estaban en alguna variedad en especial, por tal motivo estas son utilizadas para el análisis de las variedades de estación, tempranas y tardías. Respecto a las capturas de carpocapsa acumuladas durante la primera y segunda generación, la temporada con registros más altos fue 2016-2017 pero no habiendo diferencia significativa con la temporada 2017-2018 y esta última con las otras temporadas (Figura 9A). Por otra parte, en el gráfico de fluctuación poblacional (Figura 10) se observa que el promedio de capturas semanales correspondientes a los vuelos en la temporada 2016-2017 son los más altos, lo que coincide con la temporada de mayor nivel de daño en frutos.

Las capturas promedio semanales de lagartitas fueron en 2016-2017 y 2018-2019 estadísticamente iguales entre sí y mayores a 2015-2016 y 2017-2018 (Figura 9B) y la fluctuación poblacional (Figura 11) muestra que 2016-2017 y 2018-2019 registraron mayores capturas acumuladas por trampa siendo estos dos iguales estadísticamente. En la temporada 2018-2019 se registra la ocurrencia de un pico de capturas en la primera quincena de febrero (Figura 11) lo que coincide con un diciembre y enero lluvioso (Figura 18).



* Letras iguales sobre el gráfico indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas según el test Kruskal-Wallis con un p-valor de $3,79e-7$ y $0,002426$ en B y test Dunn cuando las poblaciones son diferentes.

Figura 9. Porcentaje de trampas según rango de capturas de: A- *C. pomonella* + *G. molesta*, B- *A. sphaleropa* + *B. salubricola* durante cuatro temporadas (2015-2019)

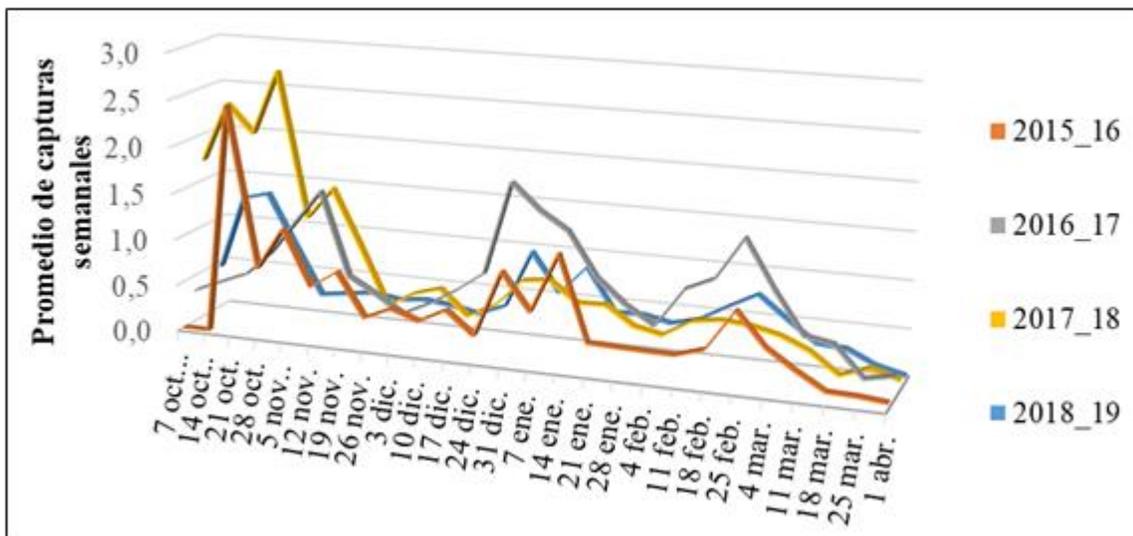


Figura 10. Fluctuación poblacional de *C. pomonella* durante las temporadas 2015 a 2019

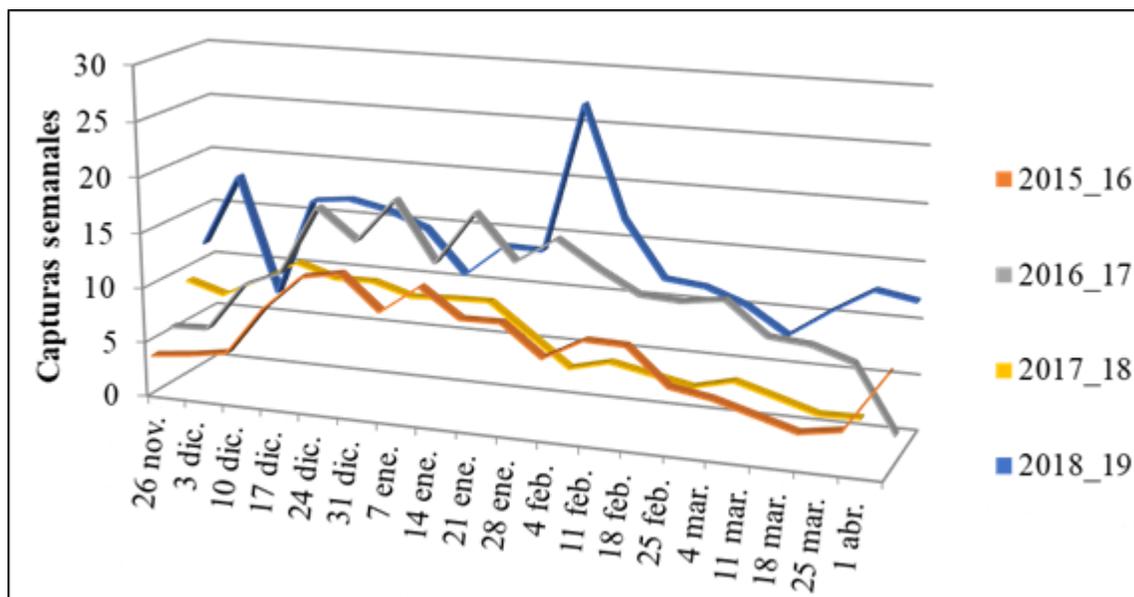


Figura 11. Fluctuación poblacional de *A. sphaleropa* + *B. salubricola* durante las temporadas 2015 a 2019

4.3. SUPERFICIE INSTALADA CON EMISORES DE FEROMONA DE CARPOCAPSA

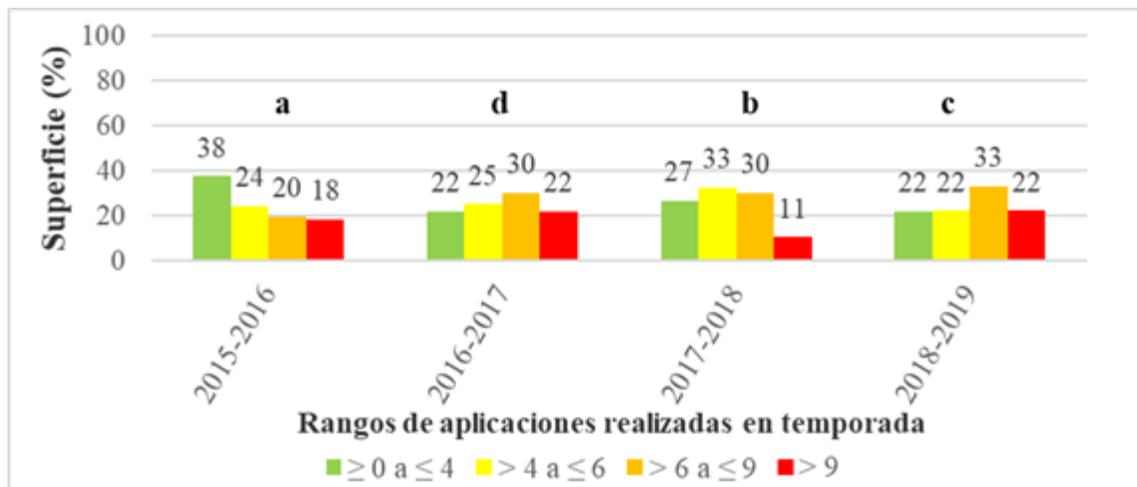
Las recomendaciones para la instalación de los emisores de feromona dicen que ésta debe hacerse como máximo los primeros diez días de octubre, en el caso de 2016-2017 sucede que se colocaron tarde (Cuadro 5). Siendo en gran medida corregido por los productores en las temporadas siguientes.

Cuadro 5. Porcentaje de la superficie instalada de emisores de feromona de carpocapsa en tres temporadas

	2016-2017	2017-2018	2018-2019
Antes del 10 de oct.	33.7 %	82.7 %	81.3 %
Después del 10 de oct.	66.3 %	17.3 %	18.7 %

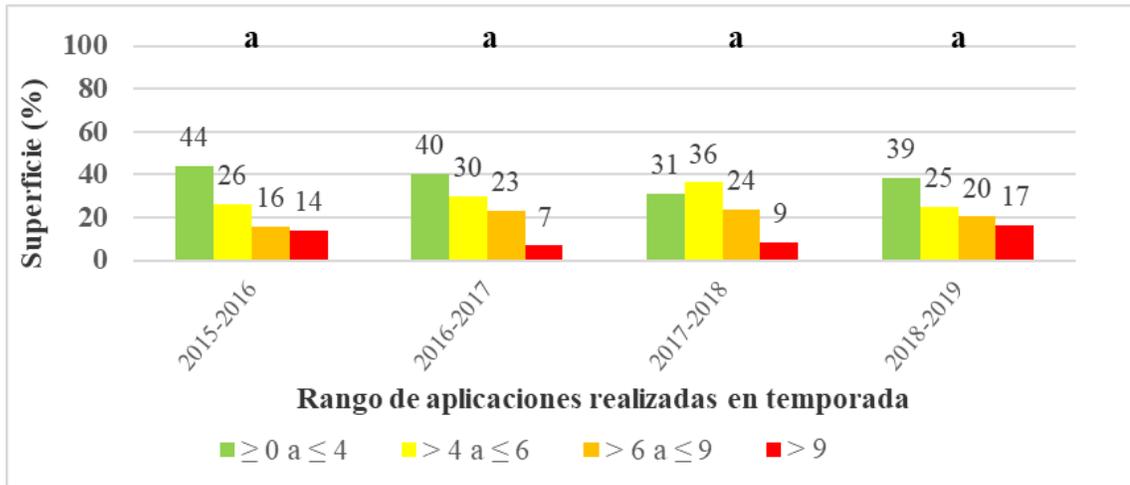
4.4. APLICACIONES DE INSECTICIDAS

El promedio de aplicaciones de insecticidas durante las cuatro temporadas fue 5,8 en variedades tempranas, 6,7 en variedades de estación y 8,2 en variedades tardías. En las variedades de estación los mayores daños registrados en las temporadas 2016-2017 y 2018-2019 se corresponden con un mayor número de aplicaciones realizadas por los productores, habiendo un 30% y 33% de los productores con seis a nueve aplicaciones y un 22% con más de nueve aplicaciones en ambos períodos (Figura 12). Sin embargo, en lo que respecta al número de aplicaciones realizadas en las variedades tempranas (Figura 13), son estadísticamente iguales todos los años. Se destaca que en el 31 al 44 % de la superficie se realizaron cuatro o menos aplicaciones de insecticidas a lo largo de las temporadas. En las variedades tardías fue la temporada 2018-2019 la que registró el mayor número de aplicaciones (Figura 14), coincidiendo con una de las temporadas con mayor nivel de daño (Figura 8A).



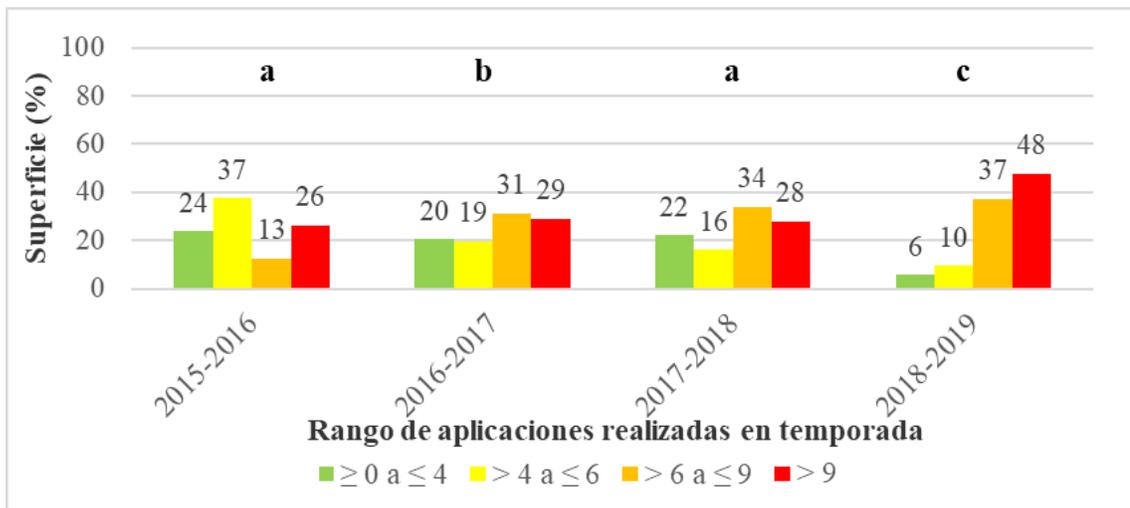
* Letras iguales sobre el gráfico indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas según el test Kruskal-Wallis con un p-valor de 2,853e-14 y test Dunn cuando las poblaciones son diferentes.

Figura 12. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha de estación según el rango de aplicaciones de insecticidas realizadas durante cuatro temporadas (2015 a 2019)



* Letras iguales sobre el gráfico indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas según el test Kruskal-Wallis con un p-valor 0,281 y test Dunn cuando las poblaciones son diferentes.

Figura 13. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha temprana según el rango de aplicaciones de insecticidas realizadas durante cuatro temporadas (2015 a 2019)



* Letras iguales sobre el gráfico indican que no existen diferencias significativas entre las temporadas según el test Kruskal-Wallis con un p-valor 2,319e-10 y test Dunn cuando las poblaciones son diferentes.

Figura 14. Porcentaje de la superficie de manzanos de cosecha tardía según el rango de aplicaciones de insecticidas realizadas durante cuatro temporadas (2015 a 2019)

4.5. RELACIÓN ENTRE CAPTURAS, DAÑOS Y NÚMERO DE APLICACIONES DE INSECTICIDAS

A través del coeficiente de correlación de Spearman se midió de a pares el grado de asociación entre las variables nivel daño de carpocapsa y grafolita en fruto, número total de aplicaciones de insecticidas, capturas acumuladas de lagartitas y capturas acumuladas de carpocapsa en la primera y segunda generación, en cuatro temporadas (2015 a 2019).

Existe cierto grado de asociación entre las capturas de lagartitas y el número de aplicaciones de insecticidas, así como entre las capturas de carpocapsa y el nivel de daño de carpocapsa y grafolita (Cuadro 6). Esto coincide con las observaciones realizadas en los mapas de distribución espacial que se presentan más adelante. No se está teniendo en cuenta en este análisis la interacción que puede haber entre las capturas de carpocapsa y lagartitas con el número de aplicaciones.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Spearman entre las variables: número de aplicaciones de insecticidas, nivel de daño en frutos y capturas de *C. pomonella* y *A. sphaleropa* + *B. salubricola* en trampas de feromonas

Variable 1	Variable 2	No.	Spearman	p-valor
capturas de lagartitas	número de aplicaciones de insecticida	123	0,23	0,0107
capturas de carpocapsa	número de aplicaciones de insecticida	128	-0,09	0,2949
nivel de daño de carpocapsa y grafolita	número de aplicaciones de insecticida	128	-0,06	0,5090
capturas de carpocapsa	nivel de daño de carpocapsa y grafolita	128	0,32	0,0002

Existe cierta la variabilidad en el nivel de daño obtenido con diferente número de aplicaciones detalladamente en la Figura 15. Un 58% de los productores obtuvieron cuadros sin daño de carpocapsa durante cuatro años consecutivos, de ese grupo el 9% realizó cuatro o menos aplicaciones, y el 33% un máximo de seis aplicaciones. El PMRP recomienda realizar dos a tres aplicaciones dirigidas a controlar la primera generación de carpocapsa para iniciar la temporada con bajas poblaciones. En una estrategia de manejo convencional se necesitan nueve aplicaciones quincenales de insecticida para mantener el monte cubierto durante toda la temporada. Eso sin considerar las lluvias e insecticidas de baja residualidad.

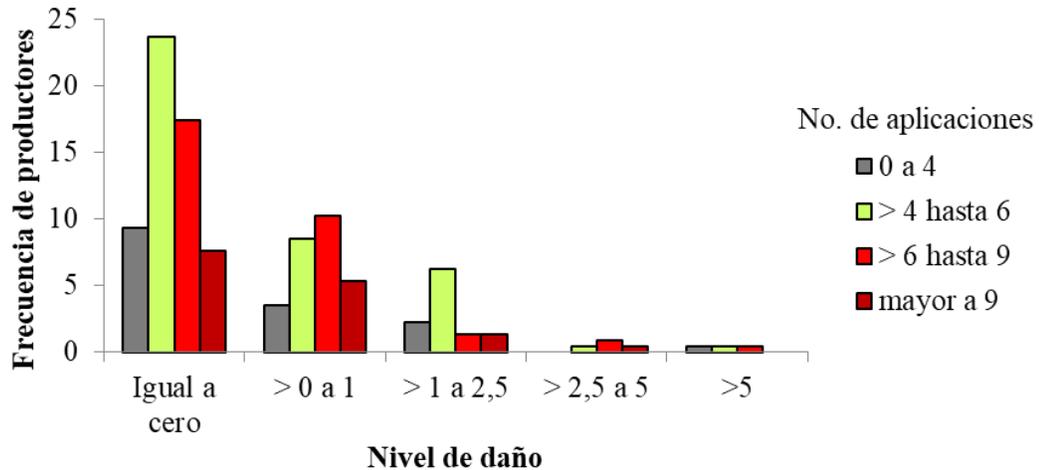
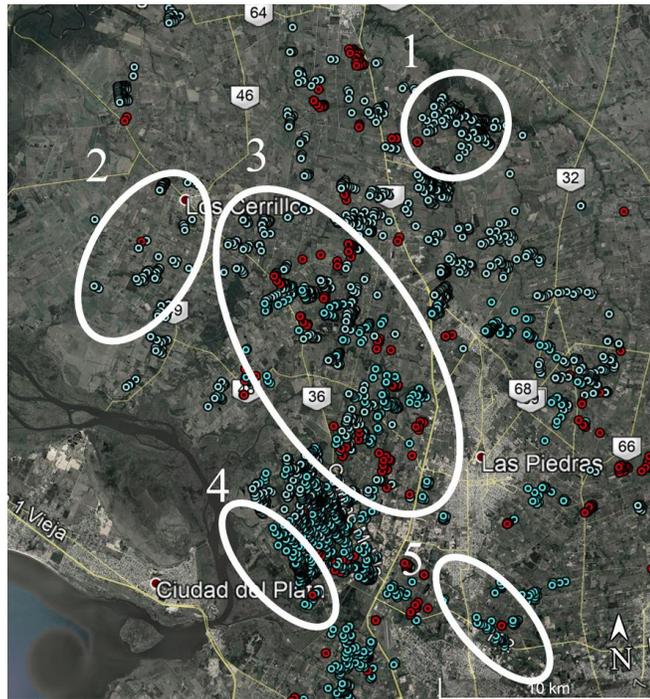


Figura 15. Frecuencia de productores según número de aplicaciones de insecticidas realizadas y nivel de daño en fruto expresado en porcentaje

4.6. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL NIVEL DAÑO EN FRUTO, LAS CAPTURAS EN TRAMPAS DE CARPOCAPSA Y LAGARTITAS Y LAS APLICACIONES REALIZADAS EN VARIEDADES DE ESTACIÓN ENTRE 2015 Y 2019

En el mapa de distribución se pueden identificar los predios que se mantienen fuera del PMRP y no utilizan la confusión sexual para el control de carpocapsa y grafolita (Figura 16). En el 2018-2019 para control de carpocapsa en montes de manzanos el 87% de la superficie a nivel nacional estaba bajo confusión sexual y tan sólo el 13% estaba fuera de esta técnica.



*Círculos en blanco con diferentes números indican zona de interés para el desarrollo del análisis. 1, 2 y 5: Áreas con predios dispersos; 3: Área con varios predios sin confusión sexual; 4: Borde de un área amplia con confusión

Figura 16. Distribución espacial de predios de manzanos con confusión sexual y sin confusión sexual 2018-2019

Fuente: adaptado de Google Earth.

En la distribución espacial que se representa en la Figura 17 se destaca el patrón antes visto en los gráficos, donde los años problemáticos fueron 2016-2017 y 2018-2019. Se enmarcaron con círculos blancos cinco zonas donde repetidamente en las dos temporadas mencionadas se observan los mayores niveles de daño en fruto. Comparando con la Figura 16 se observa que las zonas problemáticas exhiben cierto patrón. Estas se caracterizan por estar en el borde de un núcleo de predios con confusión sexual (zona 4), o están próximos a predios que se encuentran fuera del programa (zona 3) o están en un núcleo de productores dentro del programa, pero que se encuentran dispersos en el espacio (zonas 1, 2 y 5) si se compara con la superficie que se encuentra en Melilla. Se puede observar además que en todos los sitios donde ocurrieron los mayores niveles de infestación en fruto se registraron capturas de carpocapsa luego de finalizado el vuelo de la generación invernante.

En algunas de las áreas con altos niveles de infestación y presencia de capturas en trampas de carpocapsa no hubo una respuesta al control químico, se realizaron alto

número de aplicaciones y no se logró un control adecuado de la plaga. Por otro lado, la zona de Melilla se muestra como la más compacta y tuvo baja incidencia de daño incluso en las temporadas con mayor presencia de las plagas. Cuando se observa el mapa de aplicaciones en esta zona se ve que la tendencia es a realizar un número elevado de aplicaciones incluso en temporadas con baja afectación de carpocapsa, lo que podría estar relacionado al alto número de capturas de lagartitas que allí se dieron.

Las capturas de lagartitas en 2018-2019 presentaron los mayores niveles como se vio anteriormente en los gráficos, y en casi todas las temporadas las capturas son altas menos en la temporada 2017-2018. En cuanto a la distribución de las capturas de lagartitas en el territorio no se pudo observar un patrón de distribución claro, como sí se pudo establecer en el caso de carpocapsa donde se observa que las capturas en la zona de Melilla son menores en comparación con el resto del territorio.

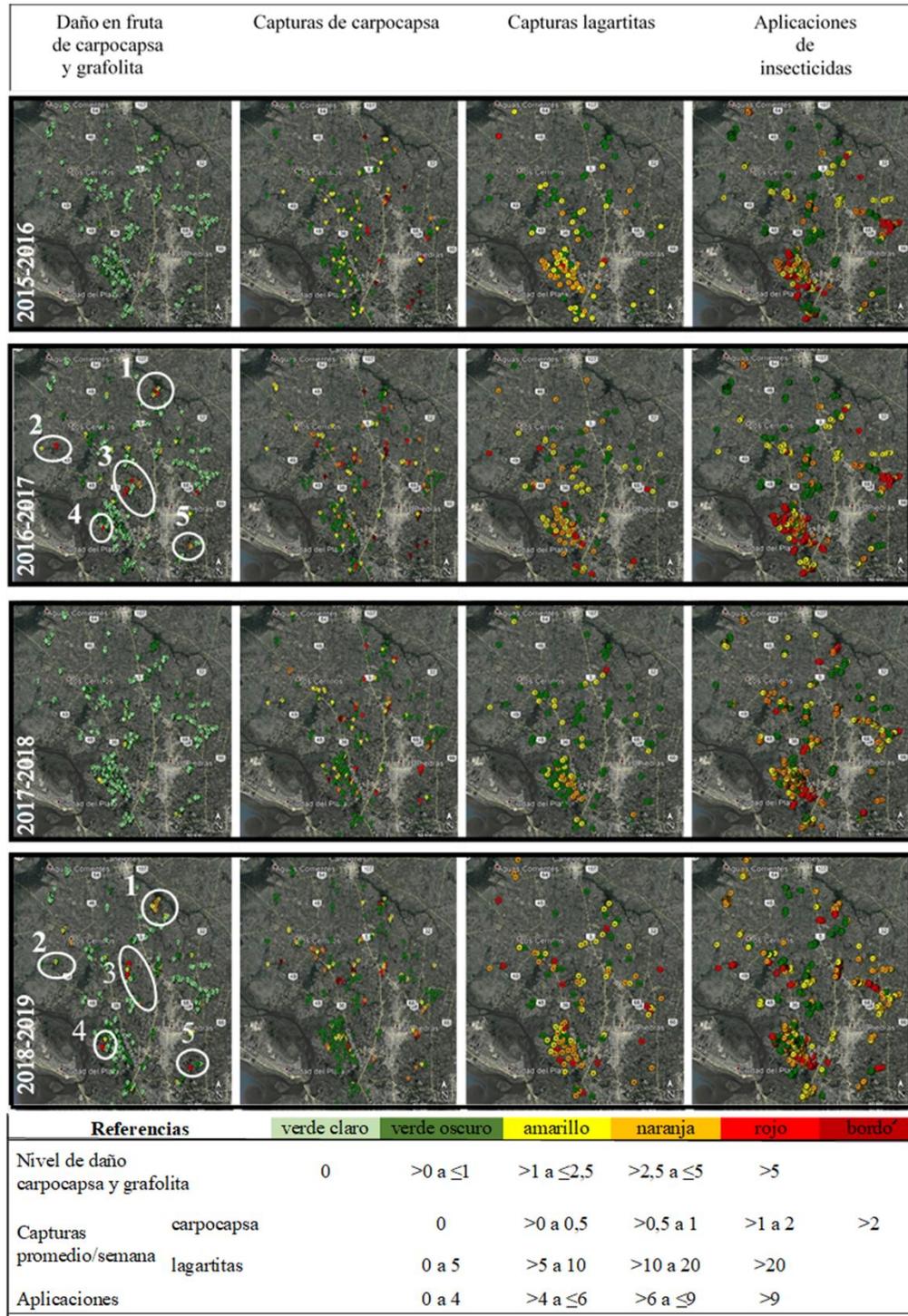


Figura 17. Distribución espacial de las variables daño en fruta de *C. pomonella* + *G. molesta*, capturas promedio de *C. pomonella* durante la primera y segunda generación,

capturas promedio de *A. sphaleropa* + *B. salubricola* y aplicaciones de insecticidas en las cuatro temporadas (2015 a 2019)

4.7. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE LAS CUATRO TEMPORADAS ANALIZADAS

Los insectos son afectados por el clima de forma directa, o indirectamente a través de su hospedero.

Los manzanos presentan un período de receso invernal, donde ocurre la dormición del mismo. La salida de la dormición es desencadenada principalmente por el frío acumulado por el frutal y se relaciona con el comportamiento fenológico en la temporada. La cuantificación del frío da una idea de la intensidad y distribución de la brotación y su influencia en la producción de fruta (Severino et al., 2011). Las unidades de frío (UF) necesarias varía según el cultivar, por ejemplo, las variedades de estación como Red Delicious requieren entre 1200-1300 UF, las variedades tempranas como las Gala 1150 UF y las tardías como las Fuji 1050 UF, Granny Smith 600-800 UF y Cripps Pink 500 UF (Ghariani y Stebbins 1994, Hampson y Kemp 2003, Albuquerque et al. 2008, Gratacós y Cortés 2008, Guak y Neilsen 2013, Kaufmann y Blanke 2017).

Durante los inviernos de 2016 y 2018 se dio en general una buena acumulación de frío para casi todas las variedades, lo que en general se tradujo en buena floración y brotación vegetativa. Por otra parte la acumulación de frío durante los años 2015 y 2017 fue muy baja lo que provocó una brotación retrasada y sumamente despereja con mermas importantes en la producción de frutos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Frío acumulado desde el 1 de mayo al 31 de agosto

Período de medición		Unidades de frío (Richardson)
1/5/2015	31/8/2015	324
1/5/2016	31/8/2016	1395
1/5/2017	31/8/2017	257
1/5/2018	31/8/2018	985

Por otra parte, las precipitaciones intensas durante el período donde se da el desarrollo activo de los insectos pueden jugar un papel importante como factor de mortalidad, pero también las sequías por períodos prolongados afectan a su hospedero disminuyendo las fuentes de alimento para los insectos.

Las precipitaciones promedio en el Sur del Uruguay durante diciembre y enero están en el entorno de 80 mm/mes (INIA. GRAS, 2020). Durante 2018-2019 se registraron precipitaciones de 150 mm en diciembre y 164 mm en enero (Figura 18).

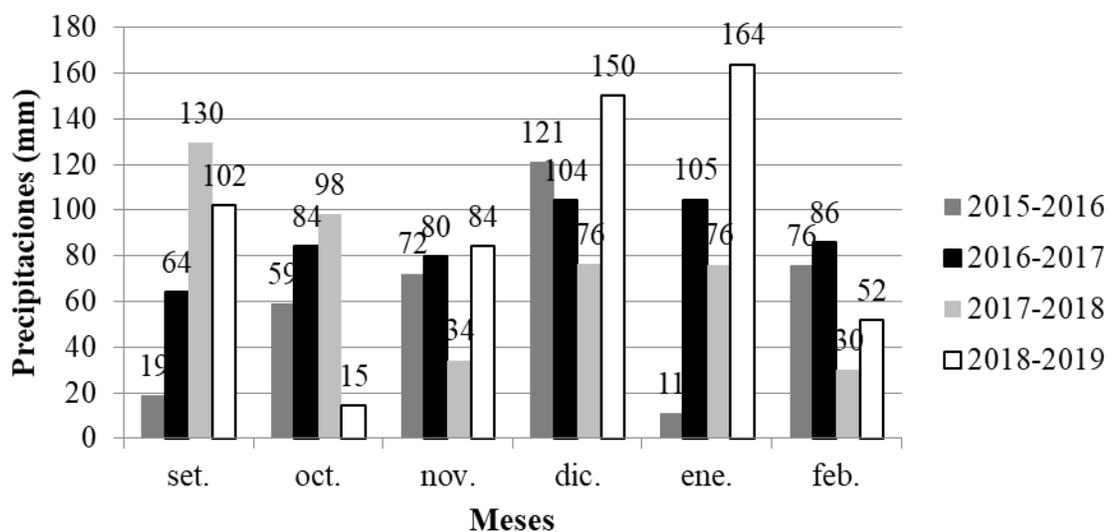


Figura 18. Precipitaciones acumuladas mensuales durante las temporadas 2015 a 2019

En lo que respecta a la temperatura, esta puede afectar a los insectos en el vuelo, la cópula y la oviposición. *Carpocapsa* tiene un umbral mínimo de temperatura para la cópula y la oviposición de 15,5 °C. La UCANR (2014) determinó que una temperatura máxima de 21 °C se corresponde con una temperatura crepuscular de 15,5 °C. Por tal motivo se tomaron los días con temperaturas máximas mayores a 20 °C durante los meses de setiembre, octubre y noviembre como una medida indirecta de las temperaturas crepusculares (Figura 19). Esta información da una idea de cuán propicias fueron las condiciones de temperatura para la actividad reproductiva de la generación invernante de *carpocapsa*.

Las temporadas 2016-2017 y 2018-2019 presentan mayor cantidad de días con temperatura por encima de 20 °C, destacando setiembre 2018 con 21 días con temperaturas propicias para la oviposición (Figura 19). Esto se condice con lo que se

observa en las capturas promedio donde 2018 tiene una generación invernante con picos de vuelo altos.

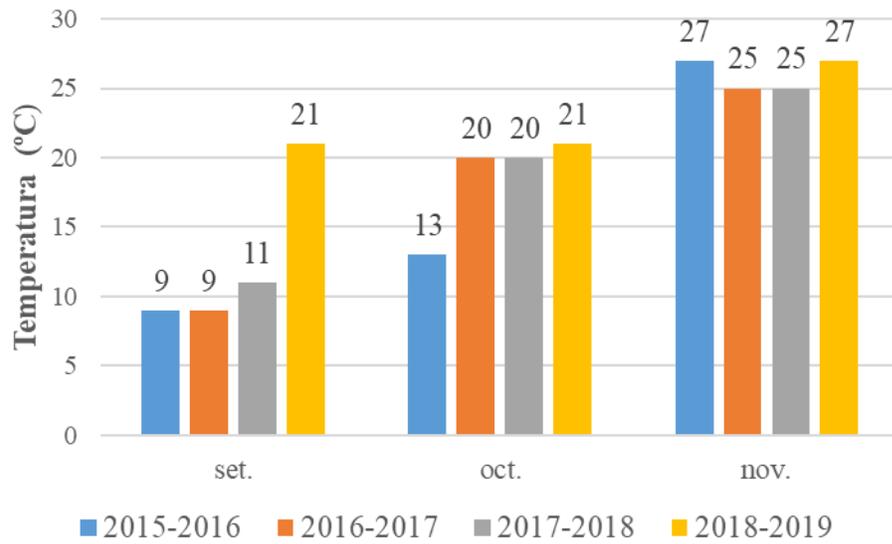


Figura 19. Días con temperatura máxima igual o mayor a 20 °C durante los meses de setiembre, octubre y noviembre

5. DISCUSIÓN

En la hipótesis de esta tesis se planteó que los productores que utilizan la técnica de confusión sexual para el control de carpocapsa y grafolita durante cuatro años consecutivos, logran una disminución paulatina de las poblaciones de estos insectos y como consecuencia se reducen los daños en frutos, las capturas en trampas de feromonas y las aplicaciones de insecticidas. Sin embargo, tanto el daño en frutos como el número de aplicaciones y las capturas fueron oscilantes entre años, con subas y bajas alternadas. Debido a lo expresado anteriormente, la hipótesis inicial se rechaza. Estas oscilaciones pueden atribuirse a diferentes factores, que solos o en combinaciones, afectan el desempeño de la técnica de confusión sexual: 1) las condiciones climáticas, 2) el momento de colocación de los emisores de feromona, y 3) la distribución y la forma de los predios frutícolas.

Respecto a las condiciones climáticas, las temporadas 2015-2016 y 2017-2018 se caracterizaron por la ocurrencia de inviernos más cálidos donde se registraron menores daños en fruta, mientras que 2016-2017 y 2018-2019 son las temporadas con mayor frío en invierno y a la vez con mayores capturas de carpocapsa y daño en frutos. Esto hace pensar que las condiciones del invierno pueden haber afectado los niveles poblacionales de carpocapsa y grafolita para la temporada siguiente. Según Williams (2011) los inviernos cálidos hacen que se incremente el metabolismo y se reduzcan las reservas corporales de los lepidópteros diapausantes provocando mayor mortandad o reducción de la fecundidad. Por otra parte, sumado al frío invernal en 2016 y 2018 se registraron las primaveras más cálidas, lo que implicó una mayor cantidad de días con temperaturas que sobrepasaron el umbral de vuelo, cópula y oviposición (UCANR, 2014). Las condiciones ambientales favorables tanto del invierno como de la primavera contribuyeron a la proliferación de carpocapsa y grafolita, haciendo que la población inicial para controlar en las temporadas siguientes fuera mayor.

En segundo lugar, se menciona el momento de colocación de emisores de feromona. Los emisores de feromona fueron colocados tarde en la temporada 2016-2017, por lo que no hubo una suficiente interrupción en la cópula de los adultos de la generación invernante, lo que repercutió en un incremento en la primera generación de carpocapsa. El adecuado momento de colocación de emisores resulta crucial ya que la población de la primera generación no es la más perjudicial, pero sí incrementa el tamaño de la siguiente generación y ésta es la que causa más daño económico (Núñez y Scatoni, 2013).

El tercer factor que afecta es el tamaño y distribución de los cultivos en las distintas zonas. En Uruguay los montes frutales están compuestos por diferentes cultivos y variedades (durazneros, perales, manzanos, ciruelos, viña y membrilleros) en la misma región (Núñez y Scatoni, 2010b) y no hay zonas destinadas a una sola especie. En los

mapas se ven varios núcleos de productores, habiendo algunos aglomerados de poca superficie y otros de mayor superficie. En los núcleos de mayor área frutícola con confusión sexual, los productores se ubican próximos entre sí y hacen que queden áreas homogéneas con feromona y menos bordes. Por el contrario, cuando los predios están desagregados, como ocurre en algunos núcleos de productores con menos superficie, forman una matriz con espacios sin confusión y mayores bordes, donde la técnica disminuye su eficacia, en este sentido se determinó en un estudio que el 65% del daño de la fruta ocurrió a los 30 metros del borde de la parcela (Knight et al., 1995). La menor concentración de feromona en los perímetros de áreas tratadas se debe a los movimientos de las masas de aire que retiran la feromona del lugar y aumentan la tasa de liberación de los emisores (Cichón et al., 2001). A su vez la tasa de emisión se ve influenciada por la exposición al sol lo que repercute en una menor vida útil de los emisores del borde, lo que genera una zona con menor concentración de feromona cuando la temporada está avanzada. La reducción en la concentración de feromona es de hasta 15 metros (Milli et al., 1997).

En complemento a la dificultad que se da con los bordes, los predios tratados de pequeña superficie tienen más probabilidad de recibir las polillas fecundadas de los cuadros no tratados, éstas emigran fecundadas a los bordes, lo que resulta en mayores densidades de fruta dañada (Elliot et al., 2008a).

Hay otros factores que reducen la eficacia pero que en esta tesis no son demostrables, pero de crucial importancia. Los mismos son las faltantes de árboles, las diferencias de altura de las plantas dentro del monte, la pendiente, la forma de los cuadros y la faltante de barreras corta viento (Cichón et al., 2001).

Se mencionaron argumentos en donde los aumentos de los daños en fruta pueden deberse a poblaciones de carpocapsa y grafolita locales al predio frutícola o a los foráneos. Algunos autores mencionan que altas poblaciones de insectos residentes son la limitación más importante para el uso exitoso de la técnica de confusión sexual (Gut y Brunner, 1998). La aplicación de insecticidas suplementarios y / o saneamiento intensivo es esencial para reducir las poblaciones a niveles lo suficientemente bajos como para lograr un control comercialmente aceptable (Judd et al., 1997). Existen medidas culturales que son complementarias y que se pueden utilizar como sustitutos o complemento de los insecticidas con el fin de reducir la población inicial (Gut y Brunner, 1998), como la eliminación de las frutas dañadas por insectos durante la temporada o la colocación de bandas de cartón corrugado en los troncos de los árboles al final de cada generación para eliminar las larvas invernantes (Judd et al., 1997). Por último, dentro de las especies plagas mencionadas en esta tesis se utiliza la técnica de confusión sexual para carpocapsa y grafolita, y se espera que, en el corto plazo, se pueda incorporar esta técnica para el control de lagartitas (Heguaburu et al., 2019).

Al utilizar un método de control tan selectivo como lo es la confusión sexual para carpocapsa y grafolita, hay un alto riesgo de aparición de otras plagas que antes venían siendo controladas con los tratamientos convencionales de insecticidas (Cichón et al., 2001). En este caso ocurrió un aumento de las capturas de lagartitas, que motivó el incremento de las aplicaciones de insecticidas, lo que queda demostrado por una correlación positiva de ambas variables, observándose gráficamente en los mapas, a pesar de que la incidencia de daño fue menor si se compara con carpocapsa y grafolita. Hay que considerar que la presencia de hospederos nativos en los predios y sus alrededores implica que las capturas de lagartitas en las trampas a veces pueden provenir de fuera del monte frutal, y si bien existe el riesgo que se trasladen a los frutales, las capturas altas no siempre están asociadas a altos niveles de daño. En las temporadas 2016-2017 y 2018-2019, las precipitaciones durante el verano fueron abundantes, particularmente en diciembre 2018 y enero 2019 sucedieron lluvias copiosas fuera de lo normal lo que resultó en una mayor cantidad de brotaciones. El incremento de población asociado a la mayor disponibilidad de alimento se reflejó en las altas capturas, que repercutió en un aumento de las aplicaciones de insecticidas en ambas temporadas.

Por último, es pertinente reflexionar sobre las características de otros programas similares como el CAMP, Codling Moth Area Wide Management Program en Estados Unidos o el PNSC, Programa Nacional de Supresión de Carpocapsa en Argentina.

El PNSC se inició en 2002 con registros de 6,1% de daño en frutos, alcanzando en 2009 el 83% de la superficie con daño igual o inferior a 0,2% y un promedio de cuatro aplicaciones de insecticidas (Villarreal et al., 2010). Por otro lado, en el CAMP el daño se redujo de entre 0,9% y 0,5% a valores cercanos al 0,1% en la mayoría de las áreas evaluadas entre 1994 y 1999, mientras que el número de aplicaciones de insecticida por temporada se redujo de un promedio de tres a 0,5 (Elliot et al., 2008a). En el PMRP durante el período estudiado entre el 68% y el 87% de la superficie no registró daño, asimismo las aplicaciones de insecticidas realizadas se redujeron de un promedio de entre 8 y 10 bajo manejo convencional (Núñez y Scatoni, 2013) a un promedio de entre 6 y 8 en el PMRP.

La principal característica a destacar que diferencia los programas extranjeros del nacional es la baja diversidad de cultivos en grandes superficies. En 2006 el área bajo confusión sexual en el estado de Washington comprendía cerca de 50.000 ha de frutales de pepita, siendo manzanos más del 80% (Elliot et al., 2008a), mientras que en 2009 el PNSC abarcó cerca de 30.000 ha de perales y manzanos (Villareal et al., 2010).

6. CONCLUSIONES

El comportamiento de los indicadores analizados a través de las temporadas en el PMRP fue oscilante. Los resultados fueron influenciados por el nivel inicial de la población de plaga, que se vio en parte determinado por las condiciones climáticas del invierno, a lo que se le sumó en muchos casos el retraso en la fecha de colocación de los emisores de feromona. Además, la migración de hembras fecundadas de carpocapsa y grafolita externas al predio también pueden haber afectado la eficacia de la técnica. Igualmente, los resultados obtenidos el PMRP se asemejan con los de otros programas extranjeros.

El desafío es lograr disminuir las poblaciones a lo largo del tiempo, mediante la implementación de nuevas acciones y la intensificación de otras que ya se vienen realizando. Se plantea la búsqueda de mecanismos para la incorporación de la superficie que actualmente está fuera del programa, así como mantener el arranquío de montes abandonados que se inició en julio del 2020 para evitar la migración de las plagas a montes vecinos. Además, se debe insistir en la importancia de colocar los emisores de feromona antes del inicio de los vuelos de la generación invernante y promover el recambio anticipado de emisores de feromona de los bordes de los cuadros. Otra acción que se puede realizar con el fin de lograr disminuir las aplicaciones de insecticidas es incentivar medidas alternativas para el control de plagas secundarias como la incorporación de la técnica de confusión sexual para lagartitas. Por último, se podrían incorporar medidas culturales como la eliminación de frutos con larvas y el uso de bandas de cartón corrugado en troncos para capturar larvas diapausantes.

7. RESUMEN

El presente trabajo analiza la evolución del nivel de daño en frutos, capturas en trampas de feromonas para lepidópteros y número de aplicaciones de insecticidas en montes de manzanos, durante cuatro temporadas consecutivas de aplicación de la técnica de confusión sexual para el control de carpocapsa y grafolita. Se partió de la hipótesis de que iba a haber una disminución paulatina de los indicadores analizados o que estos se iban a mantener en niveles bajos en las temporadas que van desde 2015 al 2019. Se seleccionaron todos los lugares de producción y cuadros de manzanos que formaron parte del Programa de Manejo Regional entre setiembre de 2015 y mayo de 2019, descartando aquellos que por algún motivo no estuvieron presentes en una o varias de las temporadas. Los cuadros de manzanos se discriminaron según el momento de cosecha en variedades de estación, temprana y tardía. Las variables analizadas fueron daño en fruta de carpocapsa y grafolita, y lagartitas; capturas de carpocapsa y lagartitas; aplicaciones de insecticidas y parámetros climáticos. Los métodos estadísticos utilizados fueron en primer lugar, el test de Kruskal-Wallis, y en los casos en los que se rechazó la hipótesis nula se realizó el test de Dunn para comparaciones múltiples de a pares de medias. Además, para analizar la relación entre las variables se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman, que mide el grado de asociación lineal entre dos variables. Los indicadores analizados a través de las temporadas en el PMRP tuvieron un comportamiento oscilante e influenciado fuertemente por el nivel inicial de la población de plaga, que puede ser determinado por el clima, las características de los predios, la fecha de colocación de los emisores de feromona, y la migración de hembras fecundadas de carpocapsa, grafolita y lagartitas externas al predio. Igualmente, los resultados obtenidos en el PMRP se asemejaron al de otros programas extranjeros.

Palabras clave: Carpocapsa; Grafolita; Lagartitas; Confusión sexual; Feromona.

8. SUMMARY

The present work analyzes the evolution of the level of damage in fruits, captures in pheromone traps for lepidopterans and the number of insecticide applications in apple trees, during four consecutive seasons of application of the mating disruption technique for the control of codling moth and oriental fruit moth. It was based on the hypothesis that there was going to be a gradual decrease in the indicators analyzed or that these were going to remain at low levels in the seasons from 2015 to 2019. All the production places and apple trees that were part of the Regional Management Program between September 2015 and May 2019 were selected, discarding those that for some reason were not present in one or more of the seasons. The orchards of apple trees were discriminated according to the time of harvest in early, seasonal and late season varieties. The variables analyzed were codling moth and oriental fruit moth fruit damage, leaf rollers fruit damage; captures of codling moth and leafrollers; insecticide applications and climatic parameters. The statistical methods used were firstly the Kruskal-Wallis test, and in the cases in which the null hypothesis was rejected, Dunn's test was performed for multiple comparisons of pairs of means. In addition, to analyze the relationship between the variables, the Spearman correlation coefficient was used, which measures the degree of linear association between two variables. The indicators analyzed through the seasons in the PMRP had an oscillating behavior strongly influenced by the initial level of the pest population, which can be determined by the climate conditions, the characteristics of the farms, the date of placement of the pheromone dispensers, and the migration of fertilized females of codling moth, oriental fruit moth, and leafrollers inside the farm. Likewise, the results obtained in the PMRP were similar to those of other foreign programs.

Key words: Codling moth; Oriental fruit moth; Leafrollers; Mating disruption; Pheromone.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ackermann, Ma. N.; Díaz, A. 2017. Fruticultura: situación y perspectivas de la citricultura y los frutales de hoja caduca. (en línea). Anuario OPYPA 2017:219-243. Consultado abr. 2018. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/anuario_opypa_2017.pdf
2. Albuquerque, N.; García-Montiel, F.; Carrillo, A.; Burgos, L. 2008. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environmental and Experimental Botany*. 64(2):162-170.
3. Bajwa, W.; Kogan, M. 2002. Compendium of IPM definición (CID): what is IPM and how is it defined in the World wide Literature. (en línea). Corvallis, Oregon State University. 15 p. (IPPC no. 998). Consultado abr. 2020. Disponible en https://www.academia.edu/19937522/Compendium_of_IPM_Definitions_CID_What_is_IPM_and_how_is_it_defined_in_the_Worldwide_Literature
4. Bentancourt, C.; Scatoni, I. 2006. Lepidópteros de importancia económica en el Uruguay, reconocimiento, biología y daños de las plagas agrícolas y forestales. 2ª. ed. Montevideo, Hemisferio Sur/Facultad de Agronomía. 437 p.
5. _____.; _____. 2010. Guía de insectos y ácaros de importancia agrícola y forestal en el Uruguay. 3ª. ed. Montevideo, Facultad de Agronomía. 581 p.
6. Beroza, M.; Bierl, B. A.; Moffit, H. R. 1974. Sex pheromone: (EE)-8,10-Dodecadien-1-ol in the codling moth. *Science*. 183(4120):89-90.
7. Biezanko, C. M.; Ruffinelli, A.; Carbonell, C. 1957. Lepidoptera del Uruguay: lista anotada de especies. Montevideo, Facultad de Agronomía. 152 p.
8. Butt, B.A.; Hathaway, D. O. 1966. Female sex pheromone as attractant for male codling moth. *Journal Economic Entomology*. 59(2):476-477.
9. Charmillot, P. J.; Bloesch B. 1987. La technique de confusion sexuelle: un moyen spécifique de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture*. 19(2):129-138.

10. Cichón, L.; Fernández, D.; Raffo, D.; Ballivian, T. 2001. Técnica de la confusión sexual. Pautas para el uso correcto de la técnica de confusión sexual en los Valles de Río Negro y Neuquén. (en línea). Río Negro, Argentina, INTA. 53 p. (Serie de Divulgación Técnica no. 33). Consultado 26 ago. 2020. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-tecnica-de-la-confusion-sexual.pdf>

11. _____. 2004. Control de poblaciones de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera:Tortricidae) mediante la técnica de la confusión sexual en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. (en línea). Tesis Dr. en Ciencias Agropecuarias. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. 144 p. Consultado may. 2018. Disponible en http://digital.bl.fcen.uba.ar/download/tesis/tesis_n3720_Cichon.pdf

12. Elliot, C. N.; Onstad, W. D.; Brewer, J. M. 2008a. Codling moth areawide integrated pest management. *In*: Knight, A. ed. Areawide pest management: theory and implementation. Wallingford, UK, CABI. pp. 159-187.

13. _____.; _____.; _____. 2008b. History and ecological basis for areawide pest management. *In*: Knight, A. ed. Areawide pest management: theory and implementation. Wallingford, UK, CABI. pp. 15-33.

14. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, FR). 2019a. Distribution of *Cydia pomonella*. (en línea). París. s.p. Consultado jun. 2019. Disponible en <https://gd.eppo.int/taxon/CARPPPO/distribution>

15. _____. 2019b. Distribution of *Grapholita molesta*. (en línea). París. s.p. Consultado jun. 2019. Disponible en <https://gd.eppo.int/taxon/LASPMO/distribution>

16. Faust, R. M. 2008. General introduction to areawide pest management. *In*: Knight, A. ed. Areawide pest management: theory and implementation. Wallingford, UK, CABI. pp. 1-14.

17. Fernández, F. 2012. *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). Aspectos de su taxonomía, comportamiento y monitoreo aplicados a programas de control en grandes áreas. Tesis Dr. en Ciencias Agropecuarias. Lérida, España. Universidad de Lérida. 195 p.

18. Ghariani, K.; Stebbins, R.L. 1994. Chilling requirement of apple and pear cultivars. *Fruit Varieties Journal*. 4(48):215-222.

19. González, A.; Altesor, P.; Sellanes, C.; Rossini, C. 2012. Aplicación de feromonas sexuales en el manejo de lepidópteros plaga de cultivos agrícolas. (en línea). *In*: Rojas, J. C.; Malo, E. A. eds. *Temas selectos en ecología química de insectos*. México, El Colegio de la Frontera Sur. pp. 343-360. Consultado dic. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/271528026_Aplicación_de_Feromonas_Sexuales_en_el_Manejo_de_Lepidópteros_Plaga_de_Cultivos_Agrícolas

20. Gratacós, E.; Cortés, A. 2008. Chilling requirements of ten sweet cherry cultivars in a mild winter location in Chile. *Acta Horticulturae*. no. 795:457-462.

21. Guak, S.; Neilsen, D. 2013. Chill unit models for predicting dormancy completion of floral buds in apple and sweet cherry. *Horticulture, Environment and Biotechnology*. 54(1):29-36.

22. Gut, L. J.; Brunner, J. F. 1998. Pheromone-based management of codling moth (*Lepidoptera: Tortricidae*). *Journal of Agricultural Entomology*. 15 (4):387-406.

23. Hampson, C. R.; Kemp, H. 2003. Characteristics of important commercial apple cultivars. *In*: Ferree, D. C.; Warrington, I. J. eds. *Apples: botany production and uses*. Wallingford, UK, CABI. pp. 61-91.

24. Heguaburu, V.; Martínez, V.; Rasquin, K.; Scatoni, I.; González Ritzel, A. 2019. Producción y evaluación de feromonas sexuales para el control de tortricidos nativos (*Lepidoptera: Tortricidae*) en frutales de pepita. (en línea). Montevideo, INIA. 40 p. (FPTA no. 83). Consultado set. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/339003354_PRODUCCIÓN_Y_EVALUACIÓN_DE_FEROMONAS_SEXUALES_PARA_EL_CONTROL_DE_TORTRÍCIDOS_NATIVOS_LEPIDOPTERA_TORTRICIDAE_EN_FRUTALES_DE_PEPITA

25. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, CL). 2017. Fichas técnicas de sanidad vegetal. (en línea). Quilamapu. s.p. Consultado ago. 2019. Disponible en <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/FichasTécnicasSanidadVegetal/Ficha%2001%20Polilla%20de%20la%20manzana.pdf>

26. INIA. GRAS (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Unidad de Agro-clima y Sistema de Información, UY). 2020. Variables agroclimáticas en estaciones INIA. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado ago. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/VARIABLES-clim%C3%A1ticas-INIA>
27. Judd, G.; Gardiner M.; Thomson, D. 1997. Control of codling moth in organically managed apple orchards by combining pheromone mediated mating disruption, post harvest fruit removal and tree banding. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 83(2):137-146.
28. Kaufmann, H.; Blanke, M. M. 2017. Chilling in cherry -principles and projection- a brief introduction. *Acta Horticulturae*. no. 1162:39-44.
29. Knight, A. L.; Howell, J. F.; Mc Donough, L. M.; Weiss, M. 1995. Mating disruption of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) with polyethylene tube dispensers: determining emission rates and the distribution of fruit injuries. *Journal of Agricultural Entomology*. 12(2):85-100.
30. _____.; Barros, W.; Bosch, D.; Escudero, L.; Fuentes, E.; Hernández, J.; Yung, C.; Kim, Y.; Kovanci, O.; Levi, A.; Lo, P.; Molinari, F.; Valls, J.; Gemeno, C. 2014. Similar worldwide patterns in the sex pheromone signal and response in the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). (en línea). *Bulletin of Entomological Research*. no. 105:23-31. Consultado jul. 2019. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/291347515_Similar_worldwide_patterns_in_the_sex_pheromone_signal_and_response_in_the_oriental_fruit_moth_Grapholita_molesta_Lepidoptera_Tortricidae
31. Kristensen, N. 1998. Lepidoptera: moths and butterflies. Evolution, systematics and biogeography. *Tropical Lepidoptera*. 10(2):80-82.
32. Mc Donough, L. M.; Moffi, H. R. 1974. Sex pheromone of the codling moth. *Science*. 183(4128):976-978.
33. MGAP. DIGEGRA (Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Dirección General de la Granja, UY). 2020. Convocatoria. Presentación de planes de negocios programa manejo regional de plagas en frutales de hoja caduca. Zafra 2019-2020. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado nov. 2020. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/convocatorias/plan-arranquio-sanitario-montes-baja-productividad-frutales-hoja-caduca>

34. Milli, R.; Koch, U. T.; Kramer, J. J. 1997. Eelectroantennogram measurement of pheromone distribution. Apple orchards treated for mating disruption of *Cydia pomonella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 82(3):289-297.
35. Myburgh, A. C. 1980. Infestation potential of the codling moth. *The Deciduous Fruit Grower*. no. 30:368–377.
36. Núñez, S. 2006a. *Cydia pomonella*, gusano de las peras y las manzanas. *In*: Bentancourt, C.; Scatoni, I. eds. *Lepidópteros de importancia económica en el Uruguay. Reconocimiento, biología y daños*. 2ª. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 189-209.
37. _____.; Paullier, J. 2006b. *Cydia molesta*, gusano del durazno y membrillo. *In*: Bentancourt C.; Scatoni, I. eds. *Lepidópteros de importancia económica en el Uruguay. Reconocimiento, biología y daños*. 2ª. ed. Montevideo, Hemisferio Sur. pp. 176-188.
38. _____.; Zignago, A. 2008. Validación de tecnologías de manejo de plagas carpocapsa “cero” en áreas piloto. (en línea). *In*: Seminario de Actualización en Frutales de Pepita (2008, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 30-35 (Actividades de Difusión no. 544). Consultado oct. 2020. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/535/1/18429070709093522.pdf>
39. _____.; Scatoni, I.; Canessa, S.; Mujica, M.; Paullier, J. 2010a. Plagas del duraznero: bioecología y daños. *In*: Soria, J. ed. *Manual del duraznero: manejo integrado de plagas y enfermedades*. Montevideo, INIA. pp. 1-24 (Boletín de Divulgación no. 99).
40. _____.; _____. 2010b. Presentación de resultados en otros países MRP. Hacia un manejo regional de plagas en frutales. (en línea). Canelones, INIA Las Brujas. 37 p. Consultado set. 2020. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/11788141210134809.pdf>
41. _____.; _____.; Duarte, F.; Croce, C.; Carbone, F. 2011. Hacia un manejo regional de plagas. (en línea). *Revista INIA*. no. 26:61-64. Consultado ago. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4836/1/revista-INIA-26.pdf>

42. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2012. Manejo regional de plagas en frutales. (en línea). *In*: Seminario de Actualización Técnica en Frutales de Pepita (2012, Las Brujas, Canelones). Trabajos presentados. Montevideo, INIA. pp. 69-76 (Actividades de Difusión no. 687). Consultado feb. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5472/1/18429191112103959.pdf>
43. _____.; _____. 2013. Tecnología disponible para el manejo de plagas en frutales de hoja caduca. Montevideo, INIA. 164 p. (Serie Técnica no. 210).
44. Proverbs, M. D. 1965. The sterile male technique for codling moth control. *Western Fruit Grower*. no. 19:19-20.
45. Reddy, G.; Guerrero, A. 2010. New Pheromones and Insect Control Strategies. (en línea). *In*: Litwack, G. ed. Pheromones. London, UK, Academic Press. cap. 20, pp. 493-519 (Vitamins and Hormones v. 83). Consultado set. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0083672910830201>
46. Richardson, E.; Seeley, S.; Walter, D. 1974. A model for estimating the completion of rest for redhaven and elberta peach trees. *Horticulture Science*. 9(4):331-332.
47. Roelofs, W. L.; Comeau, A.; Hill, A.; Milicevic, G. 1971. Sex attractant of the codling moth characterization with electroantennogram technique. *Science*. 174(4006):297-299.
48. Rosell, G.; Quero, C.; Coll, J.; Guerrero, A. 2008. Biorational insecticides in pest management. (en línea). *Journal of Pesticide Science*. 33(2):103-121. Consultado set. 2019. Disponible en https://www.academia.edu/22610313/Biorational_insecticides_in_pest_management
49. Ruffinelli, A.; Carbonell, C. 1953. Segunda lista de insectos y otros artrópodos de importancia en el Uruguay. *Revista de la Asociación de Ingenieros Agrónomos*. no. 94:33-82.
50. R Development Core Team. 2008. R: a language and environment for statistical computing. (en línea). Vienna, Austria, R Foundation for Statistical

Computing. s.p. Consultado mar. 2020. Disponible en <http://www.R-project.org>.

51. Sainti, E. 2007. Insectos y ácaros perjudiciales a los frutales de pepita y sus enemigos naturales. Polilla del manzano. 2ª. ed. Castelar, Buenos Aires, Artes Gráficas San Carlos. 55 p.
52. Scatoni, I. B. 2013. Manejo regional de plagas: desde la investigación a la producción. (en línea). Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 53 p. Consultado ago. 2019. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/index.php/documentos/file/321-manejo-regional-de-plagas-desde-la-investigacin-a-la-produccion>
53. Severino, V.; Arbiza, H.; Arias, M.; Manzi, M.; Gravina, A. 2011. Modelos de cuantificación de frío invernal adaptados a la producción de manzana en Uruguay. *Agrociencia* (Uruguay). 15(2):19-28.
54. Shel'Deshova, G. G. 1967. Ecological factors determining distribution of codling moth, *Laspeyresia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) in northern and southern hemispheres. *Entomological Review*. no. 46:349-361.
55. SINAVIMO (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, AR). 2019. Portal de búsqueda de plagas en Argentina. (en línea). Buenos Aires, Argentina. s.p. Consultado ago .2019. Disponible en <https://www.sinavimo.gov.ar/plaga/cydia-pomonella>
56. Steiner, L. 1939. Distances traveled by newly hatched codling moth larvae. *Journal of Economic Entomology*. 32(3):467-470.
57. Thomson, D.; Brunner, J.; Gut, L.; Judd, G.; Knight, A. 2001. Ten years implementing codling moth mating disruption in the orchards of Washington and British Columbia: Starting right and managing for success. (en línea). *IOBC-WPRS Bulletin*. 24(2):23-30. Consultado ago. 2020. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/265825316_Ten_years_implementing_codling_moth_mating_disruption_in_the_orchards_of_Washington_and_British_Columbia_Starting_right_and_managing_for_success#read
59. UCANR (University of California Agriculture and Natural Resources, US). 2014. Phenology Model Database. (en línea). Los Ángeles. s.p. Consultado ago. 2019. Disponible en http://ipm.ucanr.edu/PHENOLOGY/ma-codling_moth.html

60. Villarreal, P.; Mattei, S.; Villegas, M.; Forchetti, G. 2010. Evaluación del impacto del programa nacional de supresión de carpocapsa en la fruticultura de pepita de los valles irrigados de la norpatagonia. (en línea). Viedma, Río Negro, Argentina, FunBaPa. 79 p. Consultado ago. 2020. Disponible en <http://www.funbapa.org.ar/funbapa/wpcontent/uploads/2013/06/impacto-carpocapsa.pdf>
61. Williams, C. M. 2011. Overwintering energetics of Lepidoptera: the effects of winter warming and thermal variability. Thesis Doctor of Biology. Ontario, Canada. The University of Western Ontario. 252 p.

10. ANEXOS

PRUEBA ESTADÍSTICA

Anexo 1. Carpocapsa daño en fruta

Hipótesis nula: todas las muestras provienen de una población común.

Prueba de suma de rango de Kruskal-Wallis

Ti.= promedio de los rangos por temporadas

Variedades de estación

Kruskal-Wallis chi-squared =122,39, df. =3, p-value = 2,2e-16

Test de Dunn

Año	Ti.
1: 2015_2016-----	1144,542 a
2: 2017_2018-----	1174,271 a
3: 2016_2017-----	1386,256 b
4: 2018_2019-----	1421,178 b

Variedades tempranas

Kruskal-Wallis chi-squared = 33,643, df. = 3, p-value = 2,357e-07

Test de Dunn

Año	Ti.
1: 2017_2018-----	285,5297 a
2: 2015_2016-----	311,7585 ab
3: 2018_2019-----	339,4809 bc
4: 2016_2017-----	365,0506 c

Variedades tardías

Kruskal-Wallis chi-squared = 48,052, df. = 3, p-value = 2,076e-10

Test de Dun

Año	Ti.
1: 2017_2018-----	445,2119 a
2: 2015_2016-----	446,0289 a
3: 2018_2019-----	521,7542 b
4: 2016_2017-----	573,2739 c

Anexo 2. Lagartitas daño en fruta

Hipótesis nula: todas las muestras provienen de una población común.

Prueba de suma de rango de Kruskal-Wallis

Variedades de estación

Kruskal-Wallis chi-squared = 144,89df. = 3, p-value = <2,2e-16

Test de Dunn

Año	Ti.
1: 2015_2016-----	1184,746 a
2: 2017_2018-----	1217,921 a
3: 2016_2017-----	1310,177 b
4: 2018_2019-----	1417,937 c

Variedades de tempranas

Kruskal-Wallis chi-squared = 11,861, df. = 3, p-value = 0,007874

No hay diferencias significativas

Variedades tardías

Kruskal-Wallis chi-squared = 19,942, df. = 3, p-value = 0,0001745

Test de Dunn

Año	Ti
1: 2015_2016 -----	452,1533 a
2: 2017_2018-----	478,7657 ab

3: 2016_2017-----502,5533 b
4: 2018_2019-----506,1730 b

Anexo 3. Aplicaciones de insecticidas

Hipótesis nula: todas las muestras provienen de una población común.

Prueba de suma de rango de Kruskal-Wallis

Variedades estación

Kruskal-Wallis chi-squared = 66,146, df. = 3, p-value = 2,853e-14
Test de Dunn

Año	Ti
1: 2015_2016 -----	1154189 a
2: 2017_2018 -----	1297,613 b
3: 2018_2019 -----	1377,182 c
4: 2016_2017 -----	1506,228 d

Variedades tempranas

Kruskal-Wallis chi-squared = 3,3201, df. = 3, p-value = 0,3449

No se encuentran diferencias significativas

Variedades tardías

Kruskal-Wallis chi-squared = 47,826, df. = 3, p-value = 2,319e-10

Test de Dunn

Año	Ti
1: 2015_2016 -----	330,7035 a
2: 2017_2018 -----	364,3768 a
3: 2016_2017 -----	420,6758 b
4: 2018_2019 -----	481,7984 c

Anexo 4. Capturas carpocapsa acumuladas segunda y tercera generación

Hipótesis nula: todas las muestras provienen de una población común.

Kruskal-Wallis chi-squared = 14,384, df. = 3, p-value = 0,002426

Test de Dunn

Año	Ti
1: 2018_2019 -----	405,6143 a
2: 2015_2016 -----	413,8832 a
3: 2017_2018 -----	439,8197 ab
4: 2016_2017 -----	483,3922 b

Anexo 5. Capturas lagartitas acumuladas

Hipótesis nula: todas las muestras provienen de una población común.

Kruskal-Wallis chi-squared = 65,575, df. = 3, p-value = 3,779e-14

Test de Dunn

Año	Ti
1: 2017_2018 -----	205,4375 a
2: 2015_2016 -----	269,4515 b
3: 2016_2017 -----	326,1629 c
4: 2018_2019 -----	345,8791 c