

Tesis Doctoral

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

Cichón, Liliana Isabel

2004

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Master's and Doctoral Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Cichón, Liliana Isabel. (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. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3720_Cichon

Cita tipo Chicago:

Cichón, Liliana Isabel. "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". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2004. http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3720_Cichon

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

**“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.**

Autora: LILIANA ISABEL CICHON

**Directores de Tesis: Dr. TEODORO STADLER
Dra. ROSA GRACIELA COHEN**

Lugar de trabajo: INTA Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
del Río Negro y Neuquén.

Laboratorio de Parasitología y Ecotoxicología, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional del Comahue

Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de
Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

**Tesis presentada para optar al título de Doctor de la
Universidad de Buenos Aires**

3720

-2004-

A mis padres

A Juan

A mi abuelo Juan

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Teodoro Stadler

Por haberme brindado la oportunidad de realizar este trabajo de tesis.

Por su paciencia, dedicación y predisposición a la solución de todas mis necesidades durante el desarrollo de este trabajo.

Por su apoyo incondicional.

A la Dra. Rosa Graciela Cohen

Por su preciado tiempo dedicado en la elaboración de este trabajo.

Por el respeto y el aliento que me fue brindado.

Por haberme facilitado con su conocimiento científico la finalización de esta tesis.

También deseo agradecer muy especialmente:

A la Lic. Alicia Veronesi por su predisposición, consejo y gran ayuda en la ejecución de los análisis estadísticos.

Al Dr. Uwe Koch, por su invalorable ayuda en las mediciones a campo efectuadas con EAG. Por sus sabios consejos.

Al Dr. R. Melzer, cuyas enseñanzas orientaron los primeros trabajos en la producción sustentable de frutas de pepita y carozo.

A Darío Fernandez, por su sincera amistad. Por compartir incondicionalmente durante tantos años las alegrías, tristezas, esperanzas, sueños y proyectos.

A Roberto Gomez, por su profesionalidad, paciencia, cariño y amistad.

A Marcelo Muñoz, por su permanente ayuda en la elaboración final de este trabajo. Por gratificarme con su amistad.

A todos los profesionales que aportaron con su conocimiento, experiencia y cariño, al desarrollo de mi trabajo diario: Ing. J. Toranzo, Ing. G. Battistoni, Ing. Carlos Magdalena, Dr. D. Thomson, Dr. P. Witzgall, Dra. M. Coracini.

A la Dra Graciela Esnal, por estar siempre presente brindándome su valiosa ayuda.

A Ana Bondía, por su paciencia y buena voluntad.

A Juanita, por su hospitalidad durante mis estadías en Bs. As.

A los productores que brindaron sus montes frutales para realizar todos los ensayos efectuados en este trabajo: empresas Kleppe S.A. y Expofrut S.A., Biovalle S.A. y Sr. Fernandez

Agradezco a las Instituciones que contribuyeron de una u otra forma a la realización de este trabajo:

INTA EEA Alto Valle. Pcia. de Río Negro.

IMYZA INTA Castelar. Pcia. Bs. As.

Laboratorio de Parasitología y Ecotoxicología, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional del Comahue. Pcia. de Neuquén

Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Ciencias
Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

Universidad de Kaiserslautern. Alemania

Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Plant Protection
Sciences. Sweden.

GTZ GmbH. Deutsche Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit.

ÍNDICE

RESUMEN	<i>i</i>
SUMMARY	<i>iii</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
1.A. "Carpocapsa": <i>Cydia pomonella</i> Linnaeus 1758 (Insecta, Lepidoptera: Tortricidae).	3
1.A.1. Bionomía de <i>C. pomonella</i> (L).	3
1.B. Métodos para el control de carpocapsa	6
1.B.1. Control convencional	7
1.B.2. Reguladores e inhibidores del crecimiento de los insectos (RCI e ICI).	9
1.B.3. Control biológico.	
- Virus de la Granulosis de Carpocapsa.	10
- Bacterias	11
- Nemátodos entomopatógenos	11
- Parasitoides	12
1.B.4. Técnica Autocida	13
1.B.5. Captura en masa	13
1.B.6. Método attracticida	14
1.B.7. Técnica de la Confusión Sexual (TCS)	14
- Mecanismos de acción de la técnica de la confusión sexual.	16
1.B.7.a . Mediadores químicos o semioquímicos	18
- Definición	18
- Caracterización de la feromona sexual de carpocapsa.	19
- Percepción de las feromonas	20
- Otro empleo de la feromona. Monitoreo	24
1.B.8. Implementación de la Técnica de la Confusión Sexual (TCS) a campo.	25
Evaluación de la densidad de población de <i>C. pomonella</i> en montes tratados con la Técnica de la Confusión Sexual.	27
Distribución espacial y concentración de feromona en montes frutales tratados con la TCS.	28

1.C – Objetivos	29
2. MATERIALES y METODOS	32
- Materiales utilizados para el monitoreo y la TCS.	32
2.A. Selección de un sistema de monitoreo de <i>C. pomonella</i> en montes tratados con la Técnica de la Confusión Sexual (TCS).	32
2.A.1. Monitoreo de la densidad de población de <i>C. pomonella</i> por el método de captura con trampa.	32
2.A.1.a. Sistema de bajo riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con baja densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 1.	33
2.A.1.b. Sistema de alto riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con mediana densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 2.	33
2.A.1.c. Análisis estadístico - Ensayo 1 y Ensayo 2.	34
2.A.2. Evaluación de la densidad de población de <i>C. pomonella</i> por el método del muestreo de frutos caídos.	35
2.A.2.a. Análisis estadístico	35
2.B. Factores que afectan la distribución y concentración de la feromona en montes frutales tratados con la Técnica de la Confusión Sexual (TCS).	36
2.B.1. Comparación del desempeño de los diferentes tipos de emisores	40
2.B.2. Influencia (efecto) de la velocidad del viento sobre la concentración de feromona en montes frutales circundados por barreras rompevientos.	40
2.B.2.a. Análisis estadístico	42
2.C. Evaluación de la eficacia de la TCS combinada en diferentes tácticas de control, en montes de manzano y su efecto a largo plazo.	43
2.C.1. Tácticas de control de carpocapsa seguidas en cada área.	43
2.C.1.a. Area Producción Orgánica (PO) (Chacra 294)	43
2.C.1.b. Area Producción Frutícola Integrada (PFI).	46
2.C.1.c. Area Producción Convencional (PC).	48
2.C.1.d. Area de monte Semi Abandonado (SA)	48

2.C.2. Monitoreo de las poblaciones de carpocapsa y muestreo de frutos.	48
2.C.3. Análisis estadístico.	49
2.C.4. Otras plagas	49
3. RESULTADOS Y DISCUSION	50
3.A. Selección de un sistema de monitoreo de <i>C. pomonella</i> en montes tratados con la Técnica de la Confusión Sexual (TCS).	50
3.A.1. Monitoreo de la densidad de población de <i>C. pomonella</i> por el método de captura con trampa.	50
3.A.1.a. Sistema de bajo riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con baja densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 1.	50
3.A.1.b. Sistema de alto riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con mediana densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 2.	50
3.A.1.c. Discusión	54
3.A.2. Evaluación de la densidad de población de <i>C. pomonella</i> por el método del muestreo de frutos caídos.	55
3.A.2.a. Discusión	59
3.B. Factores que afectan la distribución y concentración de la feromona en montes frutales tratados con la TCS.	59
3.B.1. Comparación del desempeño de diferentes tipos de emisores: Isomate C Plus® vs. Check Mate Warm Season®	59
3.B.1.a. Discusión	60
3.B.2. Influencia de la velocidad del viento sobre la concentración de feromona en montes frutales circundados por barreras rompevientos.	61
3.B.2.a. Situación 1.	63
3.B.2.b. Situación 2.	68
3.B.2.c. Discusión	72
3.C. Evaluación de la eficacia de la Técnica de la Confusión Sexual en el control de <i>C. pomonella</i>, en ensayos de 5 años de duración.	74
3.C.1. Area Producción Orgánica (Chacra 294)	74

3.C.1.a. Discusión	85
3.C.2. Area PFI vs. PC y SA	89
3.C.2.a. Discusión	95
4. CONCLUSIONES	97
5. ANEXOS	100
6. BIBLIOGRAFIA	107

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la eficacia y sustentabilidad del empleo de la Técnica de la Confusión Sexual (TCS) para el control de la plaga *Cydia pomonella* (Insecta Lepidoptera: Tortricidae) conocida como gusano de la pera y la manzana o “carpocapsa”, en montes de manzanos del Alto Valle de Río Negro y Neuquén con diferentes niveles de infestación y conducidos bajo diferentes programas de producción, Producción Frutícola Integrada (PFI) y Producción Orgánica (PO). Carpocapsa, es una especie nativa de Eurasia que se ha distribuido ampliamente en todo el mundo acompañando a su principal hospedero, *Malus domestica* B. Sin embargo, en algunas regiones de la China, Corea y Japón, no se observa su presencia, mientras que en el SO de Australia, a través de campañas de exterminación y un estricto control, se ha impedido su establecimiento. En la Argentina, carpocapsa se ha adaptado exitosamente a las condiciones agro-ecológicas de la región del Alto Valle del Río Negro y Neuquén, pudiendo desarrollar 3-4 generaciones al año, lo que implica un alto riesgo para los cultivos frutícolas y para la economía de la zona. Esto ha llevado a la necesidad de estudiar estrategias de control adecuadas a las características locales, que permitan evitar porcentajes de daño en frutos que comprometan la producción regional. El presente trabajo es una contribución para la búsqueda y evaluación de estas herramientas de control en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina.

Con el objeto de evaluar las diferentes estrategias de control de carpocapsa, fue necesario en primer lugar, medir los niveles de infestación en los montes frutales bajo ensayo. Se estudiaron 2 sistemas de monitoreo de la densidad poblacional de carpocapsa en montes frutales de esta región argentina: el método de captura de adultos en trampa y el de muestreo de frutos caídos. Con el primer método se evaluó la eficacia de captura de los cebos cargados con 1 mg y 10 mg de feromona (codlemone) en montes frutales con baja y con media a alta densidad poblacional de carpocapsa. Los datos obtenidos indican que las trampas con cebos de 10 mg son una herramienta más confiable que las cebadas con cápsulas de 1mg en montes con densidades de población baja de la plaga. En cambio, no se registraron diferencias en las capturas entre ambos tipos de trampas en montes con densidades poblacionales medias y altas de la plaga. Mediante el segundo método se estudió la posibilidad de reemplazar la evaluación habitual del porcentaje de frutos dañados en planta por el muestreo de frutos dañados en suelo. Los resultados muestran que para un porcentaje de frutos dañados en planta $\leq 1\%$, el número de frutos caídos dañados por hectárea es ≤ 20 ($p < 0,05$).

Por medio de electro-antenogramas se estudió el desempeño de distintos tipos de emisores de feromonas (Check Mate WS[®], Isomate CPlus[®]) así como la influencia de distintos factores ambientales (viento, temperatura y humedad relativa ambiente) en la distribución y concentración de estas sustancias en relación con las barreras rompeviento en los montes de manzanos. Se observó una menor respuesta de los machos de carpocapsa a los compuestos presentes en la atmósfera de los montes tratados con emisores Check Mate WS[®] (codlemone puro en membrana) respecto a los tratados con el Isomate CPlus[®] (codlemone + dodecanol + tetradecanol en tubo de polietileno). Sin embargo, serán necesarios algunos estudios complementarios para determinar si la menor respuesta de los machos se debe a la composición feromonal de los 2 emisores estudiados o a diferencias en la tasa de emisión como consecuencia de los distintos materiales con los que éstos están diseñados. Mediciones por EAG en montes frutales bajo condiciones de viento diferentes, permitieron determinar que la concentración de feromona sigue una evolución inversamente proporcional a la velocidad del viento. A velocidades de viento inferiores a 0,5 m/seg, las

concentraciones de feromona resultaron al menos dos veces mayores que las registradas con velocidades mayores, entre 0,5 y 1m/seg. La turbulencia del aire y la temperatura son factores que afectan a la concentración de la feromona en los diferentes puntos de los montes tratados, aunque no afectaron su valor promedio. Por otra parte, se demostró una relación directa entre la humedad relativa ambiente y la concentración de feromona. Se determinó además, que bajo las condiciones del Alto Valle del Río Negro y Neuquén el restablecimiento de la nube de feromona se produce en forma rápida cuando la velocidad del viento decae gradualmente, por debajo de 0,5 m/seg, manteniéndose hasta aproximadamente 1 hora después de que la velocidad del viento alcanza valores por debajo de 0,25 m/seg.

La sustentabilidad del uso de la TCS quedó en evidencia al combinar esta técnica con otras herramientas complementarias como insecticidas botánicos y biológicos en un sistema de producción orgánica (PO). El uso combinado de la TCS con el insecticida botánico *Ryania speciosa* fue la táctica de control de carpocapsa más eficaz, que provocó un cambio sanitario relevante a partir del primer año de su implementación. Se puso además en evidencia la importancia de efectuar un adecuado control de la primera generación de carpocapsa cuando se emplea la TCS como herramienta conjunta con insecticidas de acción larvicida. El empleo de esta táctica de control permitió sanear un monte frutal orgánico que presentaba en la cosecha previa a la implementación del tratamiento, altos porcentajes de frutos dañados por carpocapsa (> 20%). Debido al empleo de tácticas con diferente nivel de selectividad en el control de carpocapsa en los montes orgánicos, se produjo un incremento indeseado de las poblaciones de otro tortricido, grafolita, que pudo ser controlado eficazmente con la TCS para grafolita.

Los resultados obtenidos en áreas donde se implementaron tácticas de control aprobadas para la Producción Frutícola Integrada (PFI) indican que la TCS empleada en grandes áreas (mayores de 30 ha) y en conjunción con insecticidas de síntesis química de probada eficacia (*metil azinfos*), produjo la reducción de las densidades poblacionales de carpocapsa en un lapso de tiempo acorde con los tratamientos con insecticidas. Se determinó además que, con el solo empleo de insecticidas de síntesis química no es posible reducir el porcentaje de frutos dañados por debajo de 0,5%. La selectividad de la TCS sumada a la reducida eficacia del insecticida sobre algunos insectos enruladores de hojas, determinaron el establecimiento y crecimiento poblacional de *Argyrotaenia pomililiana* en el monte frutal PFI. Afortunadamente, dicha plaga es de fácil control con RCI y *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki). La disminución drástica de las densidades de población de carpocapsa por medio del empleo combinado de la TCS con aplicaciones de insecticidas de probada eficacia, determinó en el largo plazo (luego del tercer año), una reducción de 86-90% de los volúmenes de insecticidas por unidad de superficie a emplear, manteniendo los niveles de infestación de frutos por debajo de 0,2%.

SUMMARY

The efficacy and sustainability of the Mating Disruption control technique (MDT) for the “codling moth” (CM) were investigated in apple tree orchards. The study was developed in the High Valley of Río Negro and Neuquén, in orchards infested with CM and managed with Integrated Fruit Production [IFP] and Organic Production [OP] programs. The codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Insecta : Tortricidae), is a species native to Eurasia that has spread worldwide, associated with its main host, *Malus domestica* B. Nevertheless, the CM is not present in some regions of China, Korea and Japan. Moreover, in Southeastern Australia, by means of eradication actions and strict control measures, the occurrence of this pest has been prevented. In Argentina, codling moth has adapted well to the agro-ecological conditions of the High Valley, developing up to 3-4 generations a year, which entails a serious risk for the crop and for the regional economy. For this reason, in order to avoid damage percentages that may jeopardize regional production, different suitable CM control strategies have been evaluated. This study is a contribution to the CM control technology and to the efficacy assessment of specific insect pest control strategies in the High Valley of Río Negro and Neuquén - Argentina.

In order to evaluate properly the different CM control strategies currently in use in the High Valley, it was necessary, at first, to measure accurately the infestation levels in the trial plots. Two population monitoring systems for CM were evaluated: pheromone traps and fruit shedding. The efficacy of pheromone traps in fruit orchards with low, medium, and high CM population densities was assessed. The results show that traps baited with 10 mg codlemone constitute a much more reliable sampling tool than traps baited with 1 mg of codlemone, in orchards with low population densities of the pest. On the other hand, in orchards with medium to high CM population densities, captures in 1 mg and 10 mg traps show no statistical significant differences. An auxiliary CM population density monitoring system, that allows a fast and easy CM infestation judgment, was the counting of shedded-damaged fruit. This method is an alternative to the classic method of calculating the percentage of damaged fruit on the tree. Results of the shedded-damaged fruit counting show that infestation rates $\leq 1\%$ assessed by counting infested fruits on the tree compares with ≤ 20 damaged-shedded fruits per hectare ($p < 0.05$).

The performance of different types of pheromone dispensers (Check Mate WS®, Isomate C Plus®) and the influence of different environmental and structural factors (wind, temperature, relative humidity and wind-breaks) in the distribution and concentration pheromone in apple tree orchards were analyzed by means of electroantennograms. By the use of this technique, males show a lower response in orchards treated with Check Mate WS® dispensers than those exposed to treated Isomate C Plus® orchards. However, further studies will be necessary to find out if the differences in the response are due to the pheromone composition of the two dispensers analyzed, or to differences in the dispenser emission rate, as a consequence of the different dispenser constituents. EAG gauging in fruit orchards with different wind speeds, show that pheromone concentration performs inversely proportional to wind speed. At a wind speed below 0.5 m/s, pheromone concentrations were at least twice as high than those registered at wind speeds between 0.5 m/s, and 1 m/s. Additionally, when wind speed drops below 0.5 m/s, the reestablishment of the pheromone cloud occurs rapidly and persists for approximately 1 hour after wind speed reaches values below 0.25 m/s. Air turbulence and temperature influences directly the pheromone concentration at the different spots of the treated orchard, although these do not affect

the average concentration of pheromone in the field. Also, in fruit orchards, a direct relationship between wind speed, relative humidity and pheromone concentration was established.

The successful combination of the MD-Technique with other CM control tools such as biopesticides evidenced sustainability of the MDT in organic production systems. The combination of MDT with the botanic pesticide *Ryania speciosa* was the most effective CM control strategy, showing a major reduction in fruit damage after one year of having put it into practice. Also, it was proven that an adequate control of the first generation of CM, by using MDT together with pesticides, is essential to sanitize an fruit orchard which had a high percentage damage by CM in the previous season (> 20%). It was shown as well that the total number of diapausing larvae per hectare is key information to define the MDT management.

In organic orchards, the use of strategies with different selectivity for CM control causes drawbacks such as the occurrence of another tortricid, *Grapholita molesta*, which was effectively controlled during the field trials by the use of specific MDT. Besides, the selectivity of the MDT together with the reduced efficacy of some OP's insecticides caused the take over of *Argyrotaenia pomililiana* in the IFP fruit orchard, which was controlled by IGR's and *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* during field trials.

In the framework of large area Integrated Fruit Production management, it was shown that the MDT in combination with effective insecticides like *azinphos-methyl*, cutback CM populations during a time span that is linked directly to the number of sprayings. Besides, it was shown that the sole use of synthetic insecticides for CM control is not enough to achieve fruit damage lower than 0.5%. The substantial decrease of CM population densities when using jointly the MDT and insecticides of known efficacy, leads to a long term reduction of 86-90% in the volume of pesticides, keeping the CM infestation levels below 0.2%.

1. INTRODUCCION

El desarrollo de la agricultura y por ende el de vastas áreas de monocultivo, han favorecido el desarrollo de los insectos fitófagos debido al aumento de la disponibilidad de recursos alimentarios. Este tipo de agricultura conduce a una simplificación de los ecosistemas y como consecuencia se traduce en una disminución notable del número de enemigos naturales capaces de ejercer un control sobre las poblaciones de las especies plaga (Altieri, 1993).

Un ejemplo de este tipo de sistemas es el Alto Valle del Río Negro y Neuquén, que comprende más de cien mil hectáreas, de las cuales alrededor del setenta por ciento se encuentran bajo riego. De estas últimas, se cultivan poco más de cuarenta mil hectáreas, con una producción anual de un $1,5 \cdot 10^6$ toneladas de peras y manzanas, destinadas mayoritariamente a la exportación en fresco y a la industria de jugos concentrados. A la producción de frutales de pepita, la más importante del Valle, le siguen en importancia la de uvas (que se destina casi totalmente a la fabricación de vino), la de fruta de carozo (ciruelas, duraznos y pelones), y en menor escala la de tomate y alfalfa (Blanco, 1999).

Entre 1928 y 1930, los productores del Alto Valle reconvirtieron las explotaciones de alfalfares a montes casi exclusivamente frutícolas. A partir de ese momento se produjo una rápida difusión de las plagas en general, y de la carpocapsa (*Cydia pomonella* Linnaeus) en particular, lo que hizo necesario que los productores prestaran especial atención al control sanitario de sus montes e impulsó desde el principio la utilización de pulverizadoras y de agroquímicos (Cichón & Melzer, 1999).

Las primeras campañas contra la carpocapsa fueron dirigidas por la Estación Experimental del Ferrocarril Sud en Cinco Saltos, porque se consideró que era la única forma de fijar las fechas exactas en que debía ser aplicado el insecticida. En los años 40, antes del advenimiento del DDT, el principal insecticida utilizado era el arseniato de plomo (Mac Donald, 1938).

En 1929 se creó en la Estación Experimental del Ferrocarril, el “Servicio de alarma de *C. pomonella*” con el objeto de definir el momento oportuno del control de la primera generación de la plaga. El monitoreo se llevó a cabo utilizando trampas de cebo alimentario a base de extracto de malta. En sus primeros tres años, este servicio cubrió la zona de Cinco Saltos, Cipolletti, Allen y General Roca, y a partir de 1944, toda la región frutícola, desde Centenario hasta Chichinales (Anónimo, 1950)

La importancia económica de la carpocapsa se hizo cada vez más evidente, a medida que la dependencia de las exportaciones de peras y manzanas aumentó y la rentabilidad y competitividad de la fruticultura valletana disminuyeron.

El 21 de junio de 1932, y nuevamente el 15 de junio de 1964, el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación declaró a *C. pomonella* “plaga de la agricultura” por Decreto 15.334 y Decreto Ley 6.704.163, respectivamente, y su control se hizo obligatorio (Oscos & Gianotti, 1960).

La profunda crisis que afectó al sector frutícola desde fines de los '70 y principios de los '80, agudizó la problemática de carpocapsa. Paralelamente Brasil,

importador de fruta argentina desde hacía décadas, implementó a partir de la campaña 1992/93 un duro sistema de control de importación por muestreo de cargas, a fin de prohibir el ingreso de fruta infestada con larvas de carpocapsa. El fundamento para la aplicación de esta medida fue la denominación de carpocapsa como “plaga cuarentenaria A2”, que impone un nivel de tolerancia cero (Cosave, 1988).

A partir de 1991, como consecuencia de la descapitalización de los pequeños y medianos productores y la puesta en vigencia del nuevo modelo neoliberal, aumentó el número de montes abandonados en la zona del Alto Valle, empeorando el panorama económico-social del Valle. Esto provocó un fuerte aumento de la incidencia de la plaga. Actualmente, las pérdidas provocadas por esta plaga en la región del Alto Valle se calculan en 40 millones de dólares por año (Villareal et al., 2003).

Por otra parte, diversos hechos recientes relacionados con la sanidad de los montes frutales, demandan rápidas reacciones para mantener la competitividad de la producción de frutales de pepita argentinos en los mercados externos. Entre ellos se puede mencionar:

- Aumento consistente de los porcentajes de frutos dañados por carpocapsa debido al fenómeno de resistencia a insecticidas, favorecido por la utilización desmedida de éstos.
- Presión de un importante sector de los consumidores para disponer de productos alimentarios más sanos y producidos bajo pautas que contemplen la preservación del medio ambiente.
- Necesidad por parte de los compradores de frutas, de mayores respaldos sobre la seguridad de los procesos productivos y preservación del medio ambiente (Programas de producción frutícola integrada, PFI y de producción orgánica, PO; Buenas Prácticas; Hazard Analysis Critical Point, etc.).
- Disponibilidad de métodos alternativos para el control de plagas, que requieren su conocimiento exhaustivo y de los sistemas productivos.
- Necesidad de reducir el uso de plaguicidas de amplio espectro, sin comprometer la calidad final de los productos frutícolas.
- Aprobación en el ámbito mundial, de leyes que limitan el acceso al registro de nuevos plaguicidas y reducen los niveles de tolerancia de los insecticidas en proceso de re-registro. Este es el caso del Acta de Protección de Calidad Alimentaria (Food Quality Protection Act- FQPA). Los resultados de la aplicación de esta ley son la restricción del número de cultivos en los que podrá ser utilizado un determinado plaguicida, la disminución de las tolerancias de residuos en frutos, el aumento en los tiempos de carencia (período entre la última aplicación y la cosecha) (Brunner, 1999). Esto obligará a una reducción en el uso de los plaguicidas de amplio espectro, los cuales serán relegados a un período muy corto dentro del ciclo del cultivo y posiblemente sólo al inicio de la etapa vegetativa.

Por lo tanto, las limitaciones en el uso de insecticidas de amplio espectro, los crecientes problemas de resistencia a los productos habitualmente utilizados, y en ciertos casos a aquellos que aún no han sido empleados (resistencia cruzada) y la necesidad de disminuir el número excesivo de aplicaciones por sus efectos adversos sobre el medio ambiente, son factores que obligan a todos los países productores a buscar nuevas alternativas de control.

La Técnica de la Confusión Sexual (TCS) es un método de control para el cual aún no se han observado fenómenos de resistencia y cuyo impacto ambiental es irrelevante. Esta técnica está siendo implementada en algunas zonas productoras de peras y manzanas de los Hemisferios Norte y Sur, como método alternativo para el control de carpocapsa (Vickers & Rothschild, 1991). La complejidad de su manejo y los diferentes factores que influyen en su eficacia, hacen indispensable la validación del método a través de estudios locales previos.

1.A. "Carpocapsa": *Cydia pomonella* Linnaeus 1758 (Insecta, Lepidoptera: Tortricidae).

El gusano de la pera y la manzana o carpocapsa, especie nativa de Eurasia, ha tenido una amplia distribución mundial acompañando a su hospedero más importante, el manzano (*Malus domestica* Borkh) (Sheldeshova, 1967). Sin embargo, existen lugares en donde aún no se ha podido observar su presencia (algunas regiones de China, Japón y la península de Corea). Por otra parte, debido a las severas tareas de exterminación y a un estricto control cuarentenario, esta plaga no se ha establecido en la región suroeste de Australia (Solomon, 1991).

La distribución geográfica actual de carpocapsa está relacionada tanto a factores climáticos como a la disponibilidad de alimento. Probablemente esta plaga se haya dispersado entre los diferentes países y continentes a través del transporte de fruta infestada o de materiales de empaque contaminados, así como por importación de partes vegetales atacadas.

Distintos mecanismos biológicos han permitido a la carpocapsa ajustar su voltinismo y sincronizar su ciclo de vida a distintos hospederos y a diferentes condiciones climáticas. En la región frutícola de Río Negro y Neuquén se han observado ataques en frutos de manzanos, perales, membrilleros y nogales, aunque en otros países la lista de hospederos es más extensa y abarca también a diferentes frutales de carozo (Putman, 1963; Madsen & Borden, 1954)

La carpocapsa se ha adaptado exitosamente a las condiciones agro-ecológicas reinantes en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. Las temperaturas que se registran durante los meses de primavera y verano permiten el desarrollo de tres generaciones y en algunas temporadas hasta de una parcial cuarta generación (Cichón & Fernandez, 1993), mientras que en las principales zonas productoras de frutales de pepita de Europa Central, Noroeste y Este de Estados Unidos y Canadá, solamente es capaz de desarrollar un máximo de dos generaciones anuales. El número elevado de generaciones determina un riesgo potencial importante de la plaga y la necesidad de efectuar las actividades de control en forma muy precisa, para evitar porcentajes de daño que comprometan la producción.

1.A.1. Bionomía de *C. pomonella* (L).

C. pomonella es un insecto holometábolo con 5 estadios larvales, el último de los cuales posee la facultad de atravesar un período de reposo invernal (diapausa). La

diapausa de *C. pomonella* puede ser obligatoria (independiente de las condiciones ambientales) o facultativa (inducida por factores ambientales) y la proporción de individuos con diapausa obligatoria varía en las distintas poblaciones (Sieber & Benz, 1980). En general, los capullos con larvas diapausantes se encuentran bajo la corteza de ramas y troncos de las plantas hospederas, en el suelo, etc. Sanderson (1908) indica que 70% de las larvas diapausantes se encuentra en los troncos y 30%, en las ramas más pequeñas.

Al final de la primavera, las larvas empupan; luego de 14 a 30 días los adultos emergen por su extremidad anterior (Putman, 1963). La aparición de los adultos coincide con el momento de floración e inicio de la caída de pétalos de la gran mayoría de los frutales de pepita. Algunos autores señalan que los machos suelen emerger unos días antes que las hembras (Anónimo, 1960; Batiste & Olson, 1973) mientras que otros no han encontrado esta diferencia (Hathaway et al. 1971; Rock & Schaffer, 1983).

La longevidad de los adultos varía entre 10 y 20 días. Su actividad se concentra preferentemente en las horas crepusculares y primeras horas de la noche. Durante el día, los adultos permanecen inmóviles sobre las ramas y el follaje de las plantas. En general, el vuelo se realiza cuando las temperaturas sobrepasan los 12°C. (Borden, 1931).

Los machos efectúan vuelos cortos en zig-zag con leves ascensos y descensos (Borden, 1931). Otros autores describen desplazamientos desde 50 metros hasta 11 kilómetros (Howell & Clift, 1974; Mani & Wildbolz, 1977).

La hembra atrae a los machos por medio de la emisión de feromona, que comienza durante la puesta del sol y se mantiene durante las siguientes 4 horas (Wong et al., 1971). Esta feromona sexual es producida por una estructura glandular que se abre entre el octavo y noveno segmentos abdominales (Barnes et al., 1966). El “llamado” por parte de la hembra y la cópula pueden efectuarse al día siguiente de la emergencia de los adultos. Sin embargo, la producción de feromona alcanza su punto máximo en el tercer día desde la emergencia, superponiéndose con el período de pre-oviposición (Vickers & Rothschild, 1991). La máxima actividad de cópula se produce a las 48 horas de emergidos los adultos. Luego declina gradualmente y finaliza a los 10 u 11 días.

Una vez que el macho localiza a la hembra en posición de “llamado”, los estímulos visuales son de fundamental importancia para iniciar el proceso de la cópula, ya que el comportamiento de cortejo que lo precede, incluye una serie compleja de movimientos de alas, con elevación y agitación rápida de estas, y la expulsión del peine de pelos en el extremo del abdomen de los machos (Hutt and White, 1977; Castroville & Cardé, 1980; Curkovic et al., 2001).

La máxima actividad de cópula se observa 20 minutos antes y 20 minutos después del comienzo del crepúsculo (Borden, 1931; Howell et al. 1990). La temperatura óptima para el apareamiento está comprendida en el intervalo de 12,5°C y 33°C (Batiste et. al, 1973). Sin embargo, cuando se presentan condiciones desfavorables durante el período óptimo de cópula (por ej.: excesivo viento), los vuelos pueden ser pospuestos (Putman, 1963).

Durante la cópula los individuos se encuentran unidos por el extremo distal del abdomen, con las cabezas dirigidas hacia lados opuestos y las alas de las hembras cubriendo los extremos abdominales del macho. De esta manera, se mantienen unidos por aproximadamente 20 a 90 minutos (Howell et al., 1978). Luego de la cópula, la hembra pierde gradualmente su capacidad de secretar feromona y en consecuencia su poder de atracción (Howell, 1972). En condiciones de campo, en general, las hembras copulan una sola vez en su vida. Sin embargo, pueden encontrarse hasta 15% de hembras con más de un espermátforo, especialmente hacia el final de la estación (Gehring & Madsen, 1963).

Se ha podido determinar que, si las hembras se aparean luego del cuarto día de emergencia, se produce una reducción de su fertilidad y fecundidad (Vickers, 1977).

La oviposición se efectúa sobre hojas y, más raramente, en ramas cercanas a los frutos o directamente sobre ellos (Wearing & Hutchins, 1973) y tiene lugar durante el crepúsculo, aproximadamente 2 horas y media antes de la puesta del sol (Riedl & Oler, 1980). En general, los huevos son puestos en forma individual y muy raramente en grupos de 2 a 3 (Anónimo, 1960). La fertilidad de la hembra es variada, existiendo una relación entre su peso y el número de huevos colocados. Puede aceptarse como valor promedio, 44 huevos por hembra (Geier, 1963). Existe además, un aumento en el número de huevos colocados por hembras de generaciones sucesivas, pudiendo llegar a duplicarse este número durante la segunda generación con respecto a la primera (Vermeulen et al., 1989). El período de oviposición más activo ocurre durante los primeros cinco días de vida de la hembra (Gehring & Madsen, 1963; Vickers, 1977).

El desarrollo de los embriones está estrechamente ligado a las condiciones ambientales y en especial a la temperatura (Anónimo, 1960).

Luego de la eclosión, las larvas comienzan un proceso de búsqueda hasta encontrar un lugar apropiado para penetrar en los frutos. Algunos autores han mostrado que el α -farneseno liberado por los frutos juega un papel muy importante en la atracción de las larvas neonatas (Sutherland & Hutchins, 1973; Bradley & Suckling, 1995).

Una vez elegido el lugar, la larva comienza a perforar una galería superficial de forma helicoidal. La penetración se realiza preferentemente en la zona de contacto entre dos frutos, entre una rama y un fruto, donde el fruto presenta una herida o por la zona calicinal (Anónimo, 1960; Vermeulen et al., 1989).

Luego de mudar a su segundo estadio, la larva se introduce en el fruto y se dirige hacia la zona carpelar donde se alimenta de las semillas en desarrollo, que son ricas en aceites (Hall, 1934; Anónimo, 1960). Cuando completa su desarrollo, luego de 25 a 30 días, abandona el fruto utilizando la misma galería o construyendo una nueva. Preferentemente, deja el fruto durante la noche, cuando la temperatura supera el umbral mínimo de desarrollo (10°C) (Charmillot, 1976). Sin embargo, bajo condiciones de estrés, la larva en cualquier estado de desarrollo puede abandonar el fruto y buscar otro hasta completar el quinto estadio larval (Ferro & Harwood, 1973). El proceso de búsqueda de un lugar apto para mudar y pasar al siguiente estadio (pupa) o iniciar el período de diapausa, lo efectúa desplazándose por las ramas y troncos y pendiendo de un hilo de seda que ella misma produce.

1.B. Métodos para el control de carpocapsa

Las plagas en frutales de pepita (manzanos y perales especialmente) han recibido una gran atención por parte de los científicos debido a (1) su dramático impacto sobre los árboles y los frutos, (2) la gran diversidad bio-ecológica asociada con el cultivo, (3) la necesidad de un intenso uso de plaguicidas para controlar las plagas claves y producir cosechas comercializables y (4) los problemas ambientales asociados con el empleo de plaguicidas (Croft, 1983).

En todas las regiones productoras de frutales de pepita, los programas sanitarios para el control de carpocapsa siguieron una evolución similar que se inició con el uso de insecticidas de amplio espectro aplicados a calendario fijo. Posteriormente, y debido al abuso que se efectuó de dichos insecticidas comenzaron a desencadenarse serios desequilibrios ecológicos que determinaron un gradual pero importante cambio de enfoque en el control de plagas (Croft & Bode, 1983).

En 1967, durante la primera sesión de la FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations), se definió por primera vez el concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP). Este sistema de control de plagas tiene en cuenta el medio ambiente asociado al cultivo, la dinámica de las poblaciones de las especies a controlar y utiliza todas las técnicas y métodos de lucha posibles para mantener las poblaciones en niveles que no causen daños económicos (FAO, 1967).

El nuevo concepto de manejo de plagas (MIP) contemplaba un cambio de filosofía que fue difícil de incorporar en el medio productivo. De esta manera aparece primeramente un concepto intermedio, la “lucha dirigida”, en el cual se tenía en cuenta solamente la selectividad de los insecticidas y los umbrales de control de plagas (Baggiolini, 1979). La progresiva disponibilidad de herramientas selectivas de control (insecticidas Reguladores e Inhibidores de Crecimiento de los insectos, insecticidas biológicos, la Técnica de la Confusión Sexual, métodos más precisos de monitoreo, etc.) y la toma de conciencia de las limitaciones de la lucha química convencional (desequilibrios biológicos, contaminación de la biosfera y riesgo de residuos en frutos, selección de razas resistentes, efectos tróficos, riesgo de alteración de la calidad de las cosechas, etc.) hicieron posible finalmente el desarrollo de los programas MIP (Cichón, 1993).

Posteriormente se fueron incorporando otras problemáticas tales como la exposición de los trabajadores rurales a los residuos en las partes vegetales. De esta manera el MIP queda incorporado en un concepto holístico de producción, la “producción integrada de frutas” que propone un enfoque sostenible del medio ambiente por combinación de herramientas biológicas, culturales y fisico-químicas con el objeto de minimizar riesgos económicos, ambientales y de salud (IOBC/WPRS, 1993).

La aparición en el mercado de los emisores de feromona para el control de carpocapsa por medio de la Técnica de la Confusión Sexual (TCS) hizo posible el auge de un tipo de producción, la Producción Orgánica (PO) restringida hasta inicios de la década del '90 a solo unos pocos productores. Si bien existía muy poco conocimiento sobre el funcionamiento y la aplicación de la TCS, las grandes ganancias en la comercialización de las frutas producidas bajo esta clase de programas, determinaron

que muchos productores y empresas se aventuraran a este tipo de producción. Los resultados prácticos de la aplicación de estrategias no convencionales de control fueron muy positivos para la PO, incentivando a su vez, a los productores que empleaban otros programas de producción como la Producción frutal integrada (PFI) o la producción convencional (PC), a emplear tecnologías surgidas de la PO (Cichón, 1999).

Por lo tanto, en la actualidad conviven 2 tipos de filosofía de control de plagas, el manejo convencional y el Manejo Integrado de plagas (MIP).

El productor común sigue un programa de producción convencional (PC). En cambio, tanto el productor que efectúa un programa de producción frutal integrada (PFI) como el que utiliza un programa de producción orgánica (PO), seguirán la filosofía MIP para el control de plagas. El productor que sigue el método convencional podrá emplear agroquímicos sin ningún tipo de limitaciones relacionadas a la cantidad (número de aplicaciones), calidad (insecticidas selectivos o de amplio espectro), necesidad (presencia y abundancia de la plaga) o momento de aplicación (Cichón, 2001).

En cambio, el productor que efectúa un programa PFI y el productor orgánico, seguirán la filosofía MIP para el control de plagas. La diferencia entre ellos será el tipo de herramientas de control que cada uno emplee en su agro-ecosistema.

1.B.1. Control convencional

Los frutos de perales y manzanos poseen un alto valor cosmético, con un mercado muy exigente en lo referente a la calidad y sanidad.

El bajo umbral de daño requerido comercialmente (menor que 1% de frutos dañados en la cosecha), junto al elevado potencial de la plaga clave carpocapsa, hacen necesario recurrir frecuentemente al uso preventivo de plaguicidas (Vermeulen et al., 1989).

Generalmente, si la carpocapsa no es controlada adecuadamente, la mayoría de los otros sistemas de control de plagas asociadas al cultivo (pulgones, chicharritas, enruladores de hojas, cochinillas, etc.), será de poco valor, ya que no se alcanzará una producción de frutos de alta calidad. En muchos casos, la elección del programa de control químico de carpocapsa determina el ambiente químico alrededor del cual es organizado el control de las otras plagas claves y secundarias (Croft & Riedl, 1991).

El control de carpocapsa, tanto en el Hemisferio Norte como en el Sur, se ha basado tradicionalmente en la aplicación de insecticidas químicos. La evolución en el uso de insecticidas en la zona del Alto Valle del Río Negro y Neuquén, fue muy similar al ocurrido en otras zonas frutícolas del resto del mundo. El uso en un principio del Verde París fue reemplazado rápidamente por el arseniato de plomo, el cual arrojaba buenos resultados, alcanzando valores de 1,97% de frutos dañados en los montes tratados (Rotlin, 1953). Luego, alrededor de 1947, comenzó a utilizarse el DDT. Este insecticida tuvo una gran aceptación por parte de los productores, ya que presentaba una alta eficacia en el control de carpocapsa.

En la región del Alto Valle no existen antecedentes claros que indiquen que se hayan presentado problemas serios de fallas en el control de carpocapsa con la utilización de DDT, como se registraron por ejemplo en Estados Unidos o en Australia (Barnes & Moffit, 1963; Rose & Hooper, 1969). Sin embargo, los primeros ensayos de

eficacia de control efectuados por Rotlin (1953) mostraban un porcentaje de daño inferior al obtenido por Oscos (1956) tres años después: 0,12% y 2,1% respectivamente. Si bien estos datos no son suficientes para inferir una disminución importante de la eficacia del DDT, la irrupción en el mercado del insecticida órgano-fosforado *metil azinfos* dejó inmediatamente de lado el uso de este órgano-clorado para el control de la plaga. Poco tiempo después, se incorporaron en los programas fitosanitarios los carbamatos y posteriormente, en la década del '80, los piretroides.

A partir de los años 1982/83 comenzó el uso masivo de los piretroides, ya sea alternando con los órgano-fosforados (el *metil azinfos* en primer lugar seguido por el *fosmet*), o solos durante toda la temporada. Esta práctica se difundió debido al bajo costo de los piretroides, comparado con los otros grupos de insecticidas.

Los piretroides más frecuentemente empleados fueron *deltametrina*, *fenvalerato*, *esfenvalerato*, *lambdacihalotrina*, *bifentrin*, *permetrina* y *cyflutrina* (Bellés et al., 1996).

Al inicio de la década del '90, las denuncias de fallas en el control de carpocapsa en los montes frutales fueron aumentando. Este hecho no sólo se produjo en la región del Alto Valle, sino que, en diferentes regiones frutícolas, comenzaron a registrarse simultáneamente poblaciones resistentes a diversos insecticidas, especialmente a *metil azinfos* (Welter et al., 1991; Thwaite et al., 1993; Sauphanor et al., 1994; Blomefield, 1994; Knight et al., 1994).

Algunos productores en California (EUA), por ejemplo, para lograr cierto control sobre carpocapsa duplicaron la cantidad del ingrediente activo *metil azinfos* por hectárea y emplearon otros insecticidas con efectos negativos sobre la fauna benéfica (Moffit & Westgard, 1984; Knight et al., 1994).

En el Alto Valle, y luego de 8 a 10 años de uso de piretroides, se detectaron las primeras poblaciones resistentes a este grupo químico (Cichón & Fernandez, 1995). En la actualidad, el uso de piretroides está muy limitado y el insecticida más empleado es el *metil azinfos*, el cual debe ser aplicado bajo condiciones muy estrictas de manejo, ya que pequeños desvíos u omisiones pueden desembocar en un aumento del número de frutos dañados en la cosecha.

La constante preocupación por la pérdida de eficacia de los insecticidas para el control de las plagas claves y la necesidad de aumento de las cantidades de ingredientes activos por hectárea con el consiguiente incremento de los costos, la contaminación ambiental y los residuos en frutos, obligaron al desarrollo de nuevas técnicas de control (Reguladores e Inhibidores del crecimiento de los insectos, Control Biológico, Técnica Autocida, Captura en masa, Método Atracticida y la técnica de la Confusión Sexual).

1.B.2. Reguladores e Inhibidores del crecimiento de los insectos (RCI e ICI).

En la actualidad, una de las características más buscadas en un insecticida es “la selectividad”, es decir que el blanco molecular sobre el que se desea actuar sea específico de los insectos y no se encuentre en otros organismos. La metamorfosis es un blanco muy interesante y que ha sido ampliamente explorado para el desarrollo de nuevos productos fitosanitarios.

El control de carpocapsa estuvo limitado por muchos años a la utilización de insecticidas orgánicos sintéticos de amplio espectro, que actúan alterando el funcionamiento del sistema nervioso. Por esa razón, las características del modo de acción de los Reguladores de Crecimiento de los Insectos (RCI) y de los Inhibidores de Crecimiento de los Insectos (ICI), otorga a estos productos un gran potencial de aplicación en programas de manejo integrado de plagas (Charmillot et al., 1994).

Existen dos grupos de RCI, los juvenoides (sustancias que mimetizan la actividad biológica de la hormona juvenil) y los mimetizadores de la hormona de la muda (ecdisona). Los ICI están representados por las acilureas o benzoilfenilureas. Este tipo de compuestos actúa inhibiendo la síntesis y deposición normal de la cutícula.

Los juvenoides son efectivos para insectos holometábolos, en los momentos en los que la hormona juvenil no es producida por el insecto, es decir en el final del desarrollo larval (Charmillot, 1992). La aplicación de estos productos provoca desarrollo anormal y la aparición de individuos con características intermedias entre larvas y pupas o pupas y adultos. También pueden aparecer estadios larvales supernumerarios o malformaciones. Todas estas anomalías son en su mayoría letales (Charmillot & Iselin, 1985). Los adultos sobrevivientes generalmente acusan una fecundidad y una fertilidad fuertemente reducidas (Schmid et al., 1978).

Por otra parte, se ha demostrado que los juvenoides son ovicidas eficaces, aunque su efecto residual no supera los 4 días (Charmillot et al., 1989).

El principal efecto de los mimetizadores de la hormona de la muda (ecdisona), se produce sobre los estadios inmaduros del insecto, provocando una muda prematura de las larvas en desarrollo y un estrés que culmina con su muerte. También se han observado efectos adversos sobre la fecundidad y fertilidad de los adultos (Wing et al., 1988).

Como se mencionó más arriba, los ICI actúan impidiendo la síntesis y deposición de la nueva cutícula durante el período que precede a la ecdisis. Más específicamente, actúan inhibiendo la enzima quitina sintetasa y por ende interfiriendo en la polimerización de la acetil-glucosamina (Reynolds, 1987). En general, todos los estadios larvales pueden ser controlados por los inhibidores de la síntesis de quitina. Sin embargo, en la mayoría de las especies de insectos los últimos estadios son menos susceptibles que los primeros. Además, estos compuestos también tienen acción ovicida (Grosscurt, 1978)

Hasta el presente los RCI y los ICI fueron ampliamente empleados en Europa, especialmente en zonas frutícolas con medianas a bajas densidades poblacionales de carpocapsa (Charmillot et al., 1994). Por otra parte, el gran auge de los ICI en dicho

continente, provocó la selección de poblaciones resistentes (Sauphanor et al., 1994; Charmillot & Riedl, 2000). En el Alto Valle, estos insecticidas han mostrado una eficacia de control de carpocapsa inferior a los órgano-fosforados y solamente se han obtenido buenos resultados cuando se han combinado con otras tácticas de control o en montes con muy bajas poblaciones de carpocapsa (Cichón, 2000).

1.B.3. Control biológico

- Virus de la Granulosis de carpocapsa

Hasta el presente, el agente de control biológico más difundido para carpocapsa es el Virus de la Granulosis de la Carpocapsa (CpGV) (Charmillot & Riedl, 2000), que pertenece al grupo de los Baculovirus y fue identificado por Tanada (1964) a partir de larvas de *C. pomonella* colectadas en México.

La principal ventaja del CpGV es su alta selectividad: no presenta efectos tóxicos para los organismos no blanco, tales como los enemigos naturales, fauna silvestre y humanos (Dickler & Huber, 1986).

El CpGV tiene acción larvicida (Laing & Jaques, 1980). La infección de las larvas se produce únicamente por la ingestión de las partículas virales incluidas en una cubierta proteica denominada gránulos o cuerpos de inclusión. En el intestino medio de los insectos, el pH alcalino produce la disolución de los gránulos y la consiguiente liberación del virión. De esta forma, el virión puede penetrar en las células del epitelio intestinal para invadir sus núcleos. El ADN viral libre se replica y los viriones resultantes pasan a la hemolinfa. De esta forma, son transportados a cualquier lugar del organismo de la larva, afectando nuevas células. Al inicio de la infección viral, la larva no modifica su comportamiento pero posteriormente deja de alimentarse, pierde movilidad y la hemolinfa se vuelve de color blanco lechoso. En este caso la muerte se produce inmediatamente (Dickler & Huber, 1986).

La eficacia del CpGV y su equivalencia en el control de *C. pomonella* con insecticidas sintéticos ha sido ampliamente discutida en la literatura. La diferencia más marcada con los insecticidas neurotóxicos habitualmente empleados es su acción lenta. La larva suele morir poco después del ingreso en el fruto, produciendo entonces un daño en el mismo, aunque muchas veces dicho daño es superficial e imperceptible. Además, la larva puede sobrevivir y el virus pasar a otras generaciones y ejercer un control tardío. Otra desventaja es la inestabilidad de las preparaciones del virus en condiciones de campo, especialmente por el efecto de las radiaciones solares y en particular las UV (Jaques et al., 1981; Jaques et al., 1987). Este hecho determina que las aplicaciones deban repetirse en períodos muy cortos de tiempo. Recientemente se ha podido mejorar sensiblemente las formulaciones y ampliar su estabilidad (Lacey & Unruh, 2000).

En Europa el empleo del CpGV está ampliamente distribuido en Alemania, Francia y Suiza (Dickler & Huber, 1986; Charmillot, 1995). En la región del Alto Valle se han obtenido resultados variados a lo largo de los años con este tipo de productos (Cichón & Fernandez, 1995). Se espera que la mejora en la formulación aumente la eficacia de control.

- Bacterias

El grupo de bacterias entomopatógenas *Bacillus thuringiensis* (Bt) despertó mucha expectativa para el control de carpocapsa por los buenos resultados obtenidos en laboratorio (Campos Dias et al., 1997). Sin embargo, estos productos mostraron una escasa eficacia en el campo, y en la actualidad han dejado de usarse (Charmillot & Riedl, 2000).

- Nemátodos entomopatógenos

Los estudios sobre nemátodos entomopatógenos para el control de carpocapsa, se concentraron básicamente sobre diferentes especies pertenecientes a las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae.

Estos organismos presentan una serie de características que permiten identificarlos como potenciales agentes de control biológico:

- * son parásitos obligados de insectos;
- * se encuentran asociados a bacterias endosimbiontes;
- * poseen una gama de huéspedes muy variada (Doucet et al., 1999).
- * se crían fácilmente en condiciones de laboratorio.
- * son altamente patógenos y la infestación por un solo individuo asegura la muerte del insecto (Giayetto, 2000).

El ciclo de vida de estos organismos comprende una fase libre y una parásita. La fase libre está representada por el tercer estadio larval o juvenil infectivo (JI). El estadio JI está adaptado para vivir en el suelo: penetra en el hospedero por sus aberturas naturales (Steinernematidae y Heterorhabditidae) o bien perforando la cutícula (Heterorhabditidae) (Poinar, 1975; Giayetto 2000).

El amplio espectro de hospederos deriva de la propiedad del tercer estadio larval (JI) de presentar bacterias simbióticas en su lumen intestinal. Cuando dichas bacterias son liberadas en la hemolinfa de un artrópodo, se multiplican y matan al huésped en pocas horas (24 a 48 hs.) (Poinar, 1991). Dichas bacterias producen, a su vez, un amplio espectro de antibióticos para mantener al sistema libre de otros microorganismos que puedan afectar el desarrollo de los nemátodos dentro del insecto parasitado.

Además del ambiente del suelo, los hábitats crípticos (ocultos o protegidos) son lugares favorables para el uso de nemátodos entomopatógenos (Kaya & Gaugler, 1993).

Steinernema carpocapsae Weiser fue originalmente aislada de una población de carpocapsa en la República Checa y en el este de EEUU y ha sido subsecuentemente encontrada en el oeste de EEUU, México, Europa y Argentina (Poinar, 1991; Doucet, 1995).

Se han efectuado diferentes intentos de aplicación de nemátodos, especialmente *Steinernema carpocapsae*, para el control de larvas diapausantes de carpocapsa en EEUU y en algunos países del este de Europa. *S. carpocapsae* se aplicó alrededor de los árboles frutales, en la base de los troncos, directamente en el suelo o en fajas de cartón

corrugado, produciendo porcentajes importantes de mortalidad de la plaga, especialmente en aquellas regiones con alta humedad relativa (Kaya et al., 1984).

Otras especies de nemátodos ensayados para el control de carpocapsa son *Steinernema riobrave* Cabanillas, Poinar & Raulston; *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar; *Steinernema kraussei* Steiner y *Heterorhabditis marelatus* Liu & Berry (Lacey & Unruh, 1998; Lacey & Chauvin, 1999).

El control de larvas diapausantes en los grandes contenedores de frutas (*bins*) fue siempre un tema muy discutido, debido a que a través de dichos contenedores se produce la distribución de las larvas y la reinfestación de los montes frutales. En el momento de la cosecha, se introducen alrededor de 400 kg de fruta sana/bin, juntamente con fruta dañada que posee en su interior larvas de carpocapsa de quinto estadio, listas para abandonar dichos frutos y dirigirse hacia lugares apropiados para continuar su desarrollo. Al final de la cosecha, se ha podido detectar un número importante de larvas en las intersecciones de las maderas de los *bins*. La distribución de la plaga se produce debido a la redistribución y desplazamiento constantes de estos contenedores de fruta en los montes frutales. Este problema es aun más grave si los montes afectados se encuentran bajo programas de reducción del empleo de insecticidas orgánicos y/o de uso de la Técnica de la Confusión Sexual (Lacey & Chauvin, 1999). Por esa razón, en estas situaciones, el empleo de nemátodos como agentes de control provee una interesante alternativa para el control complementario de la plaga.

En la región del Alto Valle se identificó a *Heterorhabditis bacteriophaga*, en muestras de suelo provenientes de montes naturales y cultivados. En laboratorio, esta especie muestra una alta virulencia para un amplio espectro de especies de insectos (Doucet & Bertolotti, 1996; Giayetto et al., 1998; Doucet & Giayetto, 1999). En el 2001 se iniciaron en el Alto Valle ensayos tendientes a determinar la factibilidad de uso para el control de larvas diapausantes de carpocapsa en *bins* de frutas (Cichón et al., 2001).

- Parasitoides

Según De Santis (1982), en el Alto Valle se han encontrado dos especies de himenópteros Ichneumonidae: *Coccygomimus fuscipes* Brullé y *Basileucus* sp., extraídos de pupas de carpocapsa recogidas por los Ing. Porley, Giganti y Dapoto de material de campo.

Por otra parte, Coscarón y Gianotti (1960), observaron la presencia en el Alto Valle de *Trichogramma minutum* Riley, parasitando huevos centinelas de *Eulia loxophenes* Meyrick. Este hallazgo pone en evidencia a *T. minutum* como una herramienta potencial para el control biológico de carpocapsa.

Actualmente, en EEUU se evalúa la posibilidad de control a campo de la plaga mediante dos parasitoides potenciales, *Trichogramma minutum* (parásito de huevos de carpocapsa, entre otros) y *Mastrus ridibundus* Gravenhorst (parásito de larvas encapsuladas) (Edwards, 1998; Unruh, 2000). Sin embargo, hasta el momento, no se ha alcanzado a campo el éxito esperado con esta técnica (Edwards, 1998; Unruh, 2000).

En general, todos los intentos para el control de carpocapsa por medio del método clásico de control biológico, no han tenido mayor éxito (Clausen, 1978)

1.B.4. Técnica Autocida

La lucha contra las plagas a través de la Técnica del Insecto Estéril (TIE) consiste en la liberación de gran número de insectos criados bajo condiciones de laboratorio y esterilizados por radiación gamma. Los insectos irradiados se aparean con insectos salvajes, dando lugar a huevos no fértiles. El uso de la TIE para el control de carpocapsa se inicia en forma experimental en Canadá en la década del 50 (White et al., 1975). En 1991 se inicia en la Columbia Británica el programa de erradicación de carpocapsa mediante la TIE (Dyck et al., 1993), el cual continúa en la actualidad. Esta técnica requiere de una gran infraestructura de cría artificial de la plaga, debido a que se libera una gran cantidad de adultos. Se debe alcanzar en el campo una proporción a campo de 45 insectos estériles por cada adulto salvaje (White et al., 1976). Por ejemplo, en 1996, en el valle de Okanagan (Canadá), la tasa de liberación fue de 1.000 adultos (con una relación de sexos 1:1) por hectárea, dos veces por semana durante 20 semanas (Bloem et al. 1998).

La producción de insectos sumada a la logística acompañante, tiene costos de implementación altos. Este hecho, juntamente con su limitada eficacia de control, impidió que dicha técnica se expandiera masivamente en otras regiones del mundo (Butt, 1991).

En la actualidad existe la tendencia de combinar distintas tácticas para el control de carpocapsa. En el oeste de EEUU y en el límite de este país con Canadá se aplican diferentes estrategias de control combinando la TIE con otros sistemas como el control biológico y la Técnica de la Confusión Sexual (Calkins et al. 1999, Carpenter, 1999).

1.B.5. Captura en masa

El objetivo de esta técnica es el de remover una cantidad suficiente de machos de la población, de manera que su incidencia en la cópula permita reducir la población a niveles económicamente tolerables. Distintos intentos fueron realizados para controlar carpocapsa, pero todos ellos mostraron baja eficiencia (Charmillot & Baggiolini, 1975; Mac Lellan, 1976).

Mac Lellan (1976), en un estudio a largo plazo, registró cambios en las proporciones machos:hembras en los montes donde se efectuó la captura en masa. Luego de 5 años de trampeo continuo en el monte testigo, la relación fue de 1:0,4 a 1:0,6, mientras que en el monte en estudio, la proporción fue de 1:2,0. A pesar de las diferencias, este efecto no resultó suficiente para mantener el daño por debajo del umbral económico.

Dado que los machos tienen la capacidad de copular 3 o 4 veces (poligamia), se requiere remover al menos 80% de ellos para observar alguna reducción en la incidencia de la cópula. Esto es posible cuando la densidad de la plaga es baja, ya que de esta manera las trampas resultarán más eficientes. Cuando la densidad de población es

media a alta, difícilmente se pueda lograr disminuir el número de frutos dañados, aunque la optimización de la densidad de trampas y su localización podrá mejorar los resultados (Vickers & Rotchield, 1991).

Por otra parte, Madsen & Carty (1979) consideran que el método de captura en masa sólo es efectivo bajo determinadas condiciones: baja densidad poblacional inicial y aislamiento suficiente de los montes frutales para impedir la reinfestación desde los montes vecinos.

1.B.6. Método attracticida

Este método combina en una misma matriz la feromona sexual con un insecticida. Por lo tanto, difiere del método de confusión sexual en el que los machos no mueren y conservan el potencial reproductivo (Charmillot et al., 1996).

Este método mixto presenta algunas ventajas sobre las aplicaciones de insecticidas (órgano-fosforados), tales como la alta selectividad, el bajo volumen de ingrediente activo (insecticida) por hectárea y la ausencia de residuos de insecticidas sobre los frutos.

El producto utilizado contiene en su formulación el attractante sexual, un insecticida y coadyuvantes. Se aplica en forma de gotas sobre el cultivo a proteger. La formulación, desarrollada inicialmente para el control de *Pectinophora gossypiella* Saund (plaga del algodónero), fue posteriormente modificada para el control de *C. pomonella*. En este último caso, la formulación combina 0,16% de la feromona sexual primaria (codlemone), 6% de la solución del piretroide sintético (permetrina) y un protector de rayos UV (Charmillot et al., 1996).

Diferentes ensayos realizados en Europa con esta técnica han mostrado una reducción del daño de carpocapsa por debajo del umbral de daño económico (Angst & Hofer, 1990, Charmillot et al., 1996) empleando gotas de 0,1 ml, a razón de 1200 a 2700 gotas/ha y con una cobertura de 5 semanas (Hofer, 1997).

1.B.7. Técnica de la Confusión Sexual (TCS)

La Técnica de la Confusión Sexual (TCS) consiste en distribuir la feromona artificial de una especie (ya sea el compuesto principal, la mezcla o parte de la mezcla) y/o anti-feromonas, en dosis altas y en forma homogénea en el cultivo a proteger, de manera de modificar el comportamiento de los adultos y bajar la probabilidad de encuentro entre ambos sexos (Shorey, 1977).

En la TCS, la feromona es incorporada en diferentes tipos de emisores que son distribuidos en el campo sujetándolos de las ramas de las plantas (Fig. 1).

Los emisores o difusores más comúnmente empleados son fabricados con distintos materiales tales como fibra, caucho, plástico perforado o membrana (Charmillot & Pasquier, 1993). Específicamente para carpocapsa, estos difusores están impregnados con el constituyente principal de la feromona sexual de *C. pomonella*

(codlemone) o bien una mezcla de compuestos que además incluyen el dodecan-1-ol y el tetradecan-1-ol (McDonough et al., 1992; Knight, 1995).



A – Emisor Check Mate[®]
(CONSEP Inc.)



B – Emisor Isomate -CPlus[®]
(Shin-Etsu Chemical Company Ltd.)

Fig. 1. Diferentes tipos de emisores de feromona empleados en la Técnica de la Confusión Sexual para carpocapsa (A: Emisor Check Mate[®]; B: Emisor Isomate CPlus[®]).

En la actualidad, se encuentran en estudio dos tipos de emisión de feromona basados en conceptos diferentes: las feromonas pulverizables y en aerosol (Elkins, 2000; Gut et al., 2000; Singleton et al., 2000).

La Técnica de la Confusión Sexual está disponible comercialmente para aproximadamente una docena de especies de lepidópteros, y hasta el año 1990 este método de control fue usado en cerca de 200.000 ha de cultivos alrededor del mundo (Ridgway et al. 1990).

Charmillot & Bloesch (1987), fueron de los primeros científicos en probar la TCS a campo. Los resultados obtenidos luego de 11 años de experiencia, mostraron la

viabilidad del empleo de la TCS en regiones donde carpocapsa desarrolla 1 generación anual.

En la década del '90 la fuerte convicción por parte de los gobiernos de diferentes países desarrollados para disminuir la cantidad de insecticidas por superficie y los crecientes problemas de resistencia a insecticidas órgano-fosforados y reguladores de crecimiento de los insectos, promovió la implementación de proyectos (subsidiados) para el control de plagas donde la TCS era una de las herramientas obligatorias de empleo (Waldner, 1997; Thomson & Brunner, 1999). En todos estos casos el número de hectáreas al inicio de los proyectos era muy bajo (alrededor de 100 ha), aumentando hasta cubrir superficies de 3.000 a 25.000 hectáreas (según los países) luego de 9 años de desarrollo de los proyectos.

A diferencia de otras tecnologías, la TCS se implementó con muy poco respaldo científico, sin un claro conocimiento de su funcionamiento, y las investigaciones se fueron desarrollando en cada región, paralelamente a su aplicación (Howell & Britt, 2000).

La TCS requiere un fuerte componente de monitoreo para seguir la evolución de las poblaciones plaga, ya que cuando se produce un aumento de los niveles poblacionales se debe recurrir en forma urgente a la aplicación complementaria de insecticidas. Es decir que la TCS es una herramienta de control base pero no la única.

En forma general, la TCS ha dado muy buenos resultados en experiencias en distintas regiones del mundo, mostrando que se pueden mantener las poblaciones de *C. pomonella* por debajo del umbral de daño económico (Moffit & Westigard, 1984; Charmillot & Bloesch, 1987; Audemard et al. 1992; Barnes et al., 1992). Sin embargo, este método de lucha ha mostrado fallas, especialmente en regiones donde *C. pomonella* presenta más de dos generaciones anuales y en montes frutales que no han sido convenientemente aislados, permitiendo la re-infestación por adultos provenientes de montes aledaños (Blommers, 1992; Trimble, 1995). Si bien en la región del Alto Valle carpocapsa desarrolla 3 generaciones anuales y raramente 4 (Cichón, 1999), los ensayos preliminares efectuados empleando la TCS como control base de carpocapsa han mostrado resultados preliminares promisorios (Cichón & Fernández, 1993).

- Mecanismos de acción de la técnica de la confusión sexual.

Bartell (1982) describió los posibles mecanismos de acción en la interrupción del encuentro entre sexos cuando se emplea la TCS. Estos se enumeran a continuación:

- a) Creación de falsas señales o confusión: La feromona emitida por la hembra estará enmascarada por la presencia de otras fuentes de feromona sintética. Este mecanismo es dependiente de la frecuencia y densidad. La habilidad del macho para encontrar una señal genuina dependerá de la proporción entre señales genuinas vs. falsas. De esta manera, la probabilidad de que un macho localice una hembra se ve afectada por el tiempo y la energía gastados visitando fuentes de emisión falsas.

- b) Alteración del umbral de respuesta de los machos: En un ambiente con una alta concentración de feromona emitida artificialmente, el macho poseerá una capacidad reducida para localizar la baja cantidad de feromona liberada por la hembra en proceso de llamado. Esto se debe a una “*adaptación*” a dicha concentración de feromona y/o a una “*habitución*” a nivel del sistema nervioso central. En la “*adaptación*” se produce una fatiga sensorial a nivel de los sitios receptores de la antena. Si la concentración de la feromona en el ambiente disminuye, la antena puede reaccionar nuevamente al llamado de la hembra. La “*habitución*” en cambio, es una falta de capacidad del cerebro para responder a una señal ya enviada por los sitios receptores de la antena. Por esa razón, el tiempo para revertir este proceso es mucho mayor que en la adaptación (Bartell, 1977).
- c) Distorsión de las señales emitidas por la hembra (enmascaramiento): La emisión artificial de un solo componente podría deformar (tergiversar) la señal feromonal multicomponente producida por una “hembra llamando”, de manera de hacerla irreconocible para el macho o puede resultar en un camuflaje de la señal de la hembra.

Diferentes autores han propuesto otros posibles mecanismos:

Cambio del ritmo de la respuesta:

La presencia continua de feromona puede provocar en los machos la respuesta a la feromona formulada, antes de que las hembras comiencen a “llamar”. Esta actividad precoz de los machos podría contribuir a disminuir la intensidad de la respuesta cuando las hembras comienzan a liberar feromona (Cardé et al., 1993).

Cambios en la estructura de la pluma original:

Otro importante rasgo del sistema olfatorio de los lepidópteros es la habilidad para seguir cambios rápidos en la concentración de estímulos olfatorios que provocan un determinado comportamiento.

Cuando las mariposas vuelan a través del aire encuentran pulsos de feromona entre 1 y 10 Hz. Para ser atraído, el macho requiere de esta clase de estructura filamentosa y discontinua conocida con el nombre de pluma (Murlis & Jones, 1981).

Una pluma natural de olor no es una nube continua de moléculas. Se asemeja más al humo de un cigarrillo frente a una brisa muy suave. Filamentos con relativamente alta concentración se mueven a favor del viento pero son interrumpidos por partes en donde el aire está libre de moléculas. La habilidad de los machos de polillas para localizar la fuente se ve generalmente favorecida si la pluma es discontinua (Baker, 1989).

La feromona formulada y emitida desde los *dispensers* desordena el patrón filamentoso de la pluma natural creando un ambiente con una concentración alta y uniforme de feromona. En un medio de estas características el macho aborta su vuelo hacia cualquier tipo de fuente de feromona (Linn et al., 1986; Hildebrand, 1995).

1.B.7.a . Mediadores químicos o semioquímicos

- Definición

Los semioquímicos son sustancias químicas emitidas por los insectos o por los elementos de su entorno que constituyen mensajes o señales esenciales para la vida o la supervivencia de la especie (Charmillot, 1984).

Las interacciones químicas que afectan el crecimiento, la salud, el comportamiento o la biología de los individuos de poblaciones de otras especies (interespecíficas), han sido denominadas interacciones “alleloquímicas” (Birch, 1974). Bajo este término se agrupan las ‘alomonas’, las cuales confieren una ventaja adaptativa al organismo que las produce (ej.: secreciones repelentes o venenos); las ‘sinomonas’ que se refieren a los químicos involucrados en interacciones que son ventajosas para ambas especies, la emisora y la receptora de la señal (Masson & Mustaparta, 1990) y las ‘kairomonas, que brindan una ventaja adaptativa al organismo que recibe la señal (Birch, 1974) (ej.: estímulos para la oviposición y atracción alimentaria; secreciones de una especie presa que atrae a los predadores); ciertas sustancias volátiles emitidas por las plantas).

El término “feromona” fue primeramente propuesto y definido por Karlson y Lüscher (1959) con referencia a un grupo de sustancias biológicamente activas, semejantes a las hormonas en algunos aspectos y que provenían de glándulas endocrinas. La definición aportada por estos autores aún tiene vigencia: “las feromonas son sustancias secretadas al ambiente por un individuo y percibidas por un segundo individuo de la misma especie (intraespecífica), provocando una reacción específica”; por ejemplo, un comportamiento definido o un proceso de desarrollo.

Las investigaciones en semioquímicos, especialmente en feromonas de insectos, han sido intensas durante las últimas tres décadas. Como resultado, se ha podido determinar que muchos mensajes son usualmente mezclas multicomponentes; por ejemplo un “blend” que consta de varios compuestos cuya configuración y composición pueden ser críticas para disparar una respuesta de comportamiento. Además, la mezcla puede amplificar la respuesta producida por cada uno de sus componentes.

En la mayoría de los casos estudiados en el campo, uno de los componentes de la mezcla presenta una alta actividad biológica (feromona principal), y los demás componentes actúan como sinergistas. Por ejemplo, en la atracción entre sexos, existen dos hipótesis acerca de cómo los compuestos influyen sobre la orientación de los insectos. La primera le atribuye a la feromona principal una atracción a larga distancia y a los constituyentes menores una acción en el comportamiento a corta distancia. Para la segunda hipótesis, sin embargo, todos los compuestos son necesarios para producir distintos tipos de comportamiento a cualquier distancia de la hembra (Masson & Mustaparta, 1990).

De las investigaciones más relevantes sobre el tema realizadas hasta el presente, se desprende que la mezcla completa es importante para el inicio del vuelo (*upwind*

flight), mientras que el principal componente feromonal provoca a larga distancia la respuesta de caminar o batir las alas y a corta distancia los intentos de cópula (Masson & Mustaparta, 1990).

Generalmente, las feromonas de los adultos de tortricidos están compuestas por 2 a 7 componentes. Usualmente se trata de cadenas de 10 a 18 átomos de carbono mono- o di-no saturadas, con un grupo acetato, alcohol o aldehído en su extremo (Bäckman, 1999).

Especies estrechamente relacionadas pueden utilizar mezclas feromonales muy similares, a veces conteniendo el mismo compuesto químico pero en diferente proporción (Hansson, 1995). En esos casos los machos deben detectar tanto los componentes de la feromona como la proporción en la que estos son emitidos.

- Caracterización de la feromona sexual de carpocapsa.

Proverbs (1965) y Butt & Hathaway (1966) fueron los primeros que citaron la presencia de una feromona sexual en la hembra de carpocapsa. Posteriormente, Roelofs et al. (1971) identificaron por medio de cromatografía gaseosa (GLC) y de electroantenogramas (EAG) de machos frente a extractos de hembras, el compuesto (E,E)-8,10-dodecadien-1-ol (EEOH) como su ingrediente activo. Este compuesto fue denominado “codlemone” (Beroza et al., 1974; McDonough & Moffit, 1974).

Por otra parte, otros autores han identificado diferentes componentes en la glándula sexual de carpocapsa, capaces de provocar estímulos en las antenas de los machos (Bartell & Bellas, 1981; Bartell et al., 1988). El codlemone es muy atractivo para los machos de carpocapsa pero el papel de los componentes menores de la feromona aún no está totalmente aclarado. Arn et al. (1985) identificaron una variedad de compuestos feromonales en las glándulas de la hembra y en sus efluvios, incluyendo E8,Z10-12:OH, (E)-9-dodecen-1-ol (E9-12:OH), dodecan-1-ol (12:OH) y tetradecan-1-ol (14:OH).

Recientes ensayos de preferencia en túnel de viento, mostraron que los machos de carpocapsa muestran una mayor atracción por el extracto de glándulas de hembras que por el codlemone (El-Sayed et al., 1999), sugiriendo que la feromona de carpocapsa es multicomponente (Bäckman, 1999). Además, se ha mostrado que la adición de un 3% del isómero E8,Z10-12:OH al codlemone, aumenta la respuesta en los machos.

Para determinar el efecto sobre el comportamiento de los machos del 12:OH y el 14:OH, se realizaron numerosos experimentos. Pruebas efectuadas en túnel de viento por Arn et al. (1985) y Einhorn et al. (1986), mostraron que la adición de una a veinte veces de 12:OH mejoraba la atracción de las dosis más bajas del codlemone. Por el contrario, otros estudios en túnel de viento no han podido corroborar el efecto sinérgico sobre la atracción de los machos, de los componentes menores presentes en las glándulas, sobre la atracción de los machos (McDonough et al., 1993, 1995).

Bäckman et al. (1997) mostraron que las hembras liberan 12:OH, E9-12:OH y 14:OH, pero en proporciones no constantes durante el período de llamado. Este hecho dificulta aun más la interpretación acerca de cómo estos compuestos afectan el

comportamiento de los machos. Otros estudios han determinado que los dos alcoholes saturados (12:OH y 14:OH) emitidos por las hembras en posición de llamado (Arn et al., 1985; Bäckman et al., 1997), aumentan solamente el batido de alas del macho cuando éste se encuentra cerca de la fuente de emisión, pero no incrementan la atracción a campo abierto (Bartell et al., 1988; Bäckman et al., 1997) o en túnel de viento (McDonough et al., 1993; 1995).

Light et al. (1993) registraron un aumento de la atracción de machos de carpocapsa cuando combinaron volátiles de hojas verdes de perales con feromonas. Los manzanos liberan un amplio rango de alcoholes, incluyendo el 12:OH. Esto podría explicar el comportamiento de los machos en presencia de este compuesto, a través de un posible sinergismo entre compuestos volátiles de plantas y la feromona sexual (Bäckman et al., 1997).

Arn et al. (1985) estimaron que la cantidad de feromona presente en una glándula de carpocapsa es de 4 ng. Sin embargo, estudios posteriores demostraron que existe una variación en dicha cantidad en función del tiempo transcurrido desde el momento de inicio de su emisión. La cantidad de codlemone aumenta de 5,5 a 9 ng/glándula durante las primeras 2 horas de llamado o de 5 a 7 ng/hr/hembra (Bäckman et al., 1997).

A pesar de los numerosos esfuerzos para determinar la composición feromonal completa de las hembras de carpocapsa, en la actualidad se emplean para el monitoreo a campo, cebos conteniendo solamente codlemone. En cambio, los distintos emisores empleados para la Técnica de la Confusión Sexual contienen tanto el codlemone solo, como una combinación de codlemone con tetradecanol y dodecanol (Cichón et al. 2001).

- Percepción de las feromonas

- Morfología y característica del sistema olfatorio.

El principal órgano olfatorio de los Lepidópteros está en las antenas, que albergan un gran número de sensilios, cada uno conteniendo un número variado de células sensoriales. Los sensilios presentan diferentes tipos morfológicos, pero todos tienen la misma estructura básica. El tipo de sensilio más investigado es el tricoideo, que está involucrado en la detección de la feromona sexual y de los olores de las plantas hospederas. Se caracteriza por poseer la forma de un pelo de longitud variable (Hansson, 1995).

La anatomía interna y externa del sensilio olfatorio brinda una estructura a través de la cual la molécula de feromona, transportada por el aire, puede entrar en contacto con los receptores periféricos del sistema nervioso del insecto, iniciando el proceso de transducción (transformación del estímulo en una respuesta bioeléctrica) (Schneider, 1970, en Payne, 1974).

En los Lepidópteros, el sensilio tricoideo contiene usualmente una a tres células sensoriales cuyo axón se prolonga hasta el deutocerebro (Fig. 2). La cutícula del sensilio presenta varios miles de poros que permiten la entrada de las moléculas lipofílicas presentes en el aire (olores) a la linfa del sensilio. Hacia el interior se

observan diferentes canales tubulares (canales de los poros), que se extienden desde el inicio del poro hasta la región cercana a las dendritas o haciendo conexión con ellas. (Gullan & Cranston, 1994).

El lumen del pelo contiene la linfa receptora y las dendritas correspondientes a cada una de las células receptoras. La linfa receptora presenta un alto contenido de iones potasio (K^+) (Kaissling & Thorson, 1980) y esta región está eléctricamente aislada de la hemolinfa.

El o los cuerpos de las células receptoras que están situados por debajo de la base del sensilio, se encuentran rodeados por tres tipos de células auxiliares: la célula tecógena, la tormógena y la tricógena (Fig. 2). Estas células están involucradas en la formación del sensilio durante el desarrollo ontogénico.

Kaissling & Thorson (1980) han demostrado que las células tormógenas y tricógenas intervienen en la regulación de la composición iónica de la linfa del sensilio, probablemente por el aporte de K^+ a través de la membrana de esas células.

Los otros tres tipos de sensilios presentes en las antenas de los lepidópteros son el basicónico, el auricílico y el celocónico. Originalmente al s. auricílico se le había atribuido la función receptora de kairomonas vegetales (den Otter et al., 1978); sin embargo, recientes estudios han demostrado que dichos sensilios podrían detectar componentes menores de la mezcla feromonal (Ebbinghaus et al. 1998). Las funciones de los otros dos tipos de sensilios son poco conocidas.

Todos o la mayoría de estos tipos de sensilios, están presentes en las antenas de las diferentes especies de polillas (Hansson, 1995).

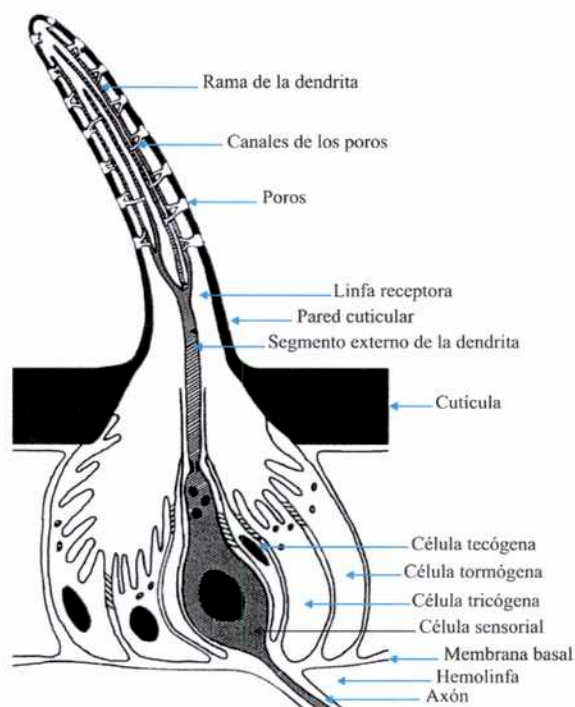


Fig. 2. Diagrama de un sensilio tricoideo con una sola célula receptora (sensorial). (tomado de Masson & Mustaparta, 1990).

- Características funcionales del sistema olfatorio en Lepidópteros.

Las antenas de las mariposas y polillas son constantemente bombardeadas por moléculas presentes en el medio ambiente. Cuando una de ellas alcanza la superficie de la antena, es captada por los sensilios olfatorios y transportada hasta los poros por un mecanismo desconocido hasta la actualidad (Masson & Mustaparta, 1990).

A través de los poros, las moléculas penetran por los túbulos (canales de los poros), que conectan la entrada del poro con la cavidad del sensilio. Hansson (1995) considera que la densidad electrónica del material presente en los poros y en los túbulos facilita el transporte de las moléculas-estímulo.

Las “moléculas de olor” penetran y difunden en la cavidad del sensilio, la cual contiene linfa (Fig. 3). En ella se encuentran las proteínas ligadoras de “moléculas de olor”. Datos recientes sugieren que dichas proteínas podrían realizar funciones de transporte de las “moléculas de olor” uniéndose a ellas bajo la forma reducida e interactuando de esta manera con el sitio receptor de la neurona en las dendritas (Vogt & Riddiford, 1986; van den Berg & Ziegelberger, 1991). Finalmente, estas proteínas se oxidarían y actuarían entonces como inactivadoras de las moléculas de feromona (Kaissling & Ziegelberger, 1994, citado por Hansson, 1995).

Cuando la molécula de olor alcanza la superficie de las dendritas, interactúa con el sitio receptor, sola o como el complejo proteína ligadora-molécula de feromona. La unión de la molécula o el complejo con el receptor inicia una cascada de eventos en el interior de la dendrita (Hansson, 1995). Se producen cambios en la composición iónica de las células, lo que desencadenan el potencial receptor y el inicio de la señal nerviosa.

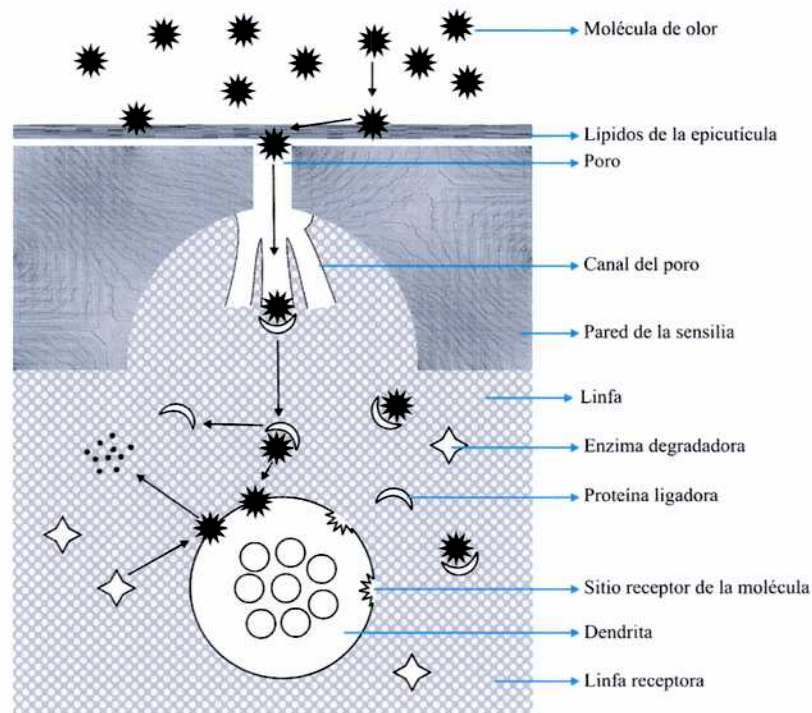


Fig. 3. Representación gráfica de los posibles eventos que ocurren durante el proceso olfatorio (tomado de Chapman, R.F. 1998, basado en Vogt, 1995).

A menudo las neuronas receptoras también reaccionan específicamente con componentes feromonales de otras especies muy relacionadas o no, las cuales compiten por los mismos canales de comunicación química. La respuesta de estas neuronas usualmente provoca un efecto inhibitorio en el comportamiento sexual del macho. Estos compuestos son denominados antagonistas del comportamiento.

- Aspectos electrofisiológicos.

Para detectar los compuestos volátiles biológicamente activos para los insectos, diferentes autores han realizado trabajos experimentales empleando sus antenas como sensores.

Las respuestas electrofisiológicas pueden ser medidas sobre toda la antena o sobre una o varias neuronas receptoras de un sensilio, a través de las siguientes técnicas:

- **Electro-antenograma (EAG):** Este método fue desarrollado por Schneider (1957). Una antena cortada en ambos extremos es inmediatamente colocada entre dos electrodos conectados a un amplificador. Posteriormente, la antena es estimulada con un olor relevante para el insecto y de esa manera se registra el cambio de potencial producido. La respuesta de la antena es dosis-dependiente. La amplitud del EAG, que varía entre 0,1 y 10 mV, refleja la importancia del estímulo para la antena (Birch, 1971; Roelofs et al., 1971). Los registros de EAG han sido empleados por más de 30 años como un método estándar en investigación del sistema olfatorio de los insectos, pero aún su funcionamiento básico no ha sido completamente explicado.
- **GC-EAG:** la técnica de EAG puede utilizarse en paralelo con un detector convencional de ionización de llama (FID) de un cromatógrafo gaseoso (GC). De esa manera, el estímulo ejercido sobre una antena es leído en combinación con el detector de ionización de llama y el detector electro-antenográfico a la salida de la columna del GC. Esta técnica fue introducida por Moorehouse et al. (1969) y posteriormente mejorada por Arn et al. (1975) quienes la denominaron GC-Electro-antennographic detector (GC-EAD). El FID detecta todos los compuestos que son inyectados (no es selectivo), mientras que la antena del macho sólo reacciona a los constituyentes glandulares biológicamente activos; por ejemplo, potenciales componentes feromonales. La identificación de feromonas de numerosas especies de lepidópteros ha mejorado la técnica del análisis, como así también su selectividad y sensibilidad (Masson & Mustaparta, 1990).
- **Registro de un solo sensilio (SSR):** La función de un sensilio olfatorio puede ser estudiada en forma individual por medio de diferentes técnicas de registro, monitoreando eventos eléctricos producidos en neuronas receptoras cuando son estimuladas por diferentes olores. La evaluación cuantitativa desde una célula olfatoria individual, se realiza utilizando microelectrodos de tungsteno que penetran la base de la pared del sensilio cerca del cuerpo celular de la neurona receptora (Hubel, 1957). Esta técnica se utiliza para sensilios pequeños como el celocónico o el basicónico (Almaas & Mustaparta, 1990). Para el registro de sensilios largos como el tricoideo se utiliza otra técnica, en la cual el extremo

del sensilio se corta y se le coloca un microelectrodo en un capilar de vidrio en contacto con la hemolinfa de la cavidad del sensilio y otro en la base del sensilio en contacto con la hemolinfa de la cavidad del cuerpo del insecto (Payne, 1974). La respuesta de una neurona a un determinado estímulo es medida por el cambio en la frecuencia del potencial de acción. Por lo tanto, esta técnica permite medir el impulso nervioso y los potenciales receptores para una determinada sustancia volátil.

- Otro empleo de la feromona. Monitoreo

La identificación y la síntesis de los componentes de la feromona de carpocapsa (codlemone), permite disponer de una poderosa herramienta para el monitoreo y control de la plaga (Vickers & Rothschild, 1991).

En general, las trampas de feromona para monitoreo se emplean con los objetivos de: detectar plagas introducidas, determinar la distribución de las plagas en una determinada área (presencia-ausencia) y su actividad estacional y, por último, conocer su densidad poblacional (Datterman, 1982).

El monitoreo de la densidad de población de carpocapsa en los montes frutales fue considerado desde un comienzo por los investigadores y productores como imperioso para identificar los momentos apropiados para la aplicación de insecticidas químicos (Webster, 1936).

Las primeras trampas empleadas para carpocapsa fueron las de luz (Woods, 1975) y las trampas con cebos alimentarios (Bobb et al., 1939; Anónimo, 1950). Sin embargo, desde la identificación y la síntesis del codlemone, las trampas de feromonas reemplazaron a las primeras. Las razones de este cambio fueron la mayor sensibilidad a bajas densidades de población (Butt et al., 1974; Howell, 1974), la especificidad y facilidad de uso y mantenimiento, y el costo relativamente menor (Riedl et al., 1982).

Para establecer una táctica adecuada para el control de carpocapsa es necesario en primer lugar, conocer el riesgo potencial (daño económico) que una determinada población puede causar al cultivo y además, establecer puntos de referencia biológica para predecir otros eventos en el ciclo de la plaga (Vickers & Rothschild, 1991).

El método de predicción del riesgo potencial de ataque de carpocapsa lleva implícito el uso de umbrales de daño económico, expresados en número de mariposas capturadas por semana o en capturas acumuladas a partir de un determinado evento de su ciclo biológico. 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. Carpocapsa posee un bajo umbral de daño económico, lo que requiere de un monitoreo eficiente que permita una evaluación confiable de densidades poblacionales bajas.

En diferentes regiones del mundo, muchos autores han aplicado distintos umbrales de control (número de mariposas capturadas/trampa) disminuyendo en forma variable, el número de aplicaciones de insecticidas órgano-fosforados, en comparación con programas de calendario fijo (Vakenti & Madsen, 1976; Rock et al., 1978; Wearing

and Charles, 1978; Charmillot, 1980, Vermeulen et al., 1989). Sin embargo, en muchos casos los umbrales de control difieren de una región a otra. Por esta razón, la estandarización del método no es recomendable.

Son tres los factores que afectan los niveles de capturas en trampas: aquellos que dependen de la trampa en sí (operacionales: diseño de trampa, tipo de emisor, mantenimiento, ubicación y densidad de trampas) (Riedl et al., 1979), los que dependen de la población del insecto (densidad de la población, relación de sexos, edad de los machos) y los dependientes de las condiciones meteorológicas (temperatura, viento y lluvia) (Riedl et al., 1982). Además se debe sumar la variación de la evolución estacional de la plaga según las características agro-ecológicas de las diferentes regiones. Esto explica en gran parte las diferencias que se observan en los umbrales de daño económico entre las diferentes zonas frutícolas.

En el control de carpocapsa, y para cualquier método que se desee emplear, es sumamente importante establecer puntos de referencia biológica para predecir distintos eventos en el ciclo de la plaga. La información proveniente de las trampas de feromona acompañada de las unidades fisiológicas de desarrollo (Días-grado), permite predecir los momentos en que se producen los eventos biológicos que se deben atacar según la herramienta disponible (insecticidas larvicidas u ovicidas) (Riedl et al., 1976; Vermeulen et al., 1989). En el caso de utilizar insecticidas órgano-fosforados, carbamatos, piretroides u otros de acción larvicida, es necesario conocer cuando se producen los primeros nacimientos de larvas para efectuar la pulverización correspondiente. Si se emplean insecticidas ovicidas (reguladores de crecimiento de los insectos) se debe predecir el inicio de la postura de huevos para la ejecución de las aplicaciones de control.

1.B.8. Implementación de la Técnica de la Confusión Sexual (TCS) a campo.

Como ya se mencionó anteriormente, en la actualidad se aplican a nivel mundial tres métodos diferentes para obtener producción vegetal de acuerdo con la forma en que se efectúe el manejo de las plagas: la producción convencional (PC), la producción frutícola integrada (PFI) y la producción orgánica (PO) (Cichón, 1999).

La producción convencional (PC) de frutas es el tipo de producción que permite el empleo de plaguicidas de amplio espectro (insecticidas órgano-fosforados, piretroides, carbamatos) con aplicaciones a calendario fijo, pero con niveles de residuos en fruta que se encuentren por debajo de los límites admitidos para los mercados internos y externos.

La producción frutícola integrada (PFI) se define como la producción económica de fruta de alta calidad que se obtiene priorizando los métodos ecológicamente más seguros, minimizando la utilización de agroquímicos y por lo tanto sus efectos secundarios adversos, para asegurar la protección del medio ambiente y la salud humana (IOBC/WPRS, 1993). El Programa PFI es un concepto holístico de la producción y de la problemática sanitaria, que prioriza las medidas preventivas (medidas indirectas) y las prácticas de monitoreo y sistemas de pronóstico de plagas. Las aplicaciones de plaguicidas son calificadas como una medida de protección directa cuando las prácticas preventivas no producen resultados aceptables de control (IOBC/SROP, 1999). Es decir,

que las prácticas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) son parte fundamental en este tipo de programas.

Finalmente, la producción orgánica (PO) se define como un sistema de producción sustentable en el tiempo, que mediante el manejo racional de los recursos naturales, sin la utilización de productos de síntesis química, brinde alimentos sanos y abundantes, mantenga o aumente la fertilidad del suelo y la diversidad biológica, y permita la identificación clara por parte de los consumidores, de las características señaladas a través de un sistema de certificación que las garantice (IRAM-ArgenINTA, 1999).

A diferencia de la PC, para el desarrollo de la PO y la PFI es indispensable contar con herramientas de control de plagas que se adecuen a sus protocolos de producción. La Técnica de la Confusión Sexual posee bajo impacto ambiental y por ello es compatible con estos dos últimos tipos de producción. Antes de aplicar cierta técnica como innovación en un sistema productivo, es necesario comprobar su eficacia y validarla en las nuevas condiciones agro-ecológicas. Hasta el presente, la Técnica de la Confusión Sexual no fue validada para el control de carpocapsa en los montes frutales del Alto Valle de Río Negro y Neuquén.

Para evaluar la posibilidad de incorporar la TCS en los sistemas de PFI y PO en esta región frutícola, es indispensable conocer su eficacia bajo las condiciones agro-climáticas y de estructura productiva locales. Para ello deben considerarse varios factores que incidirán en forma directa en los resultados a obtener. Primeramente, se debe tener en cuenta el riesgo sanitario que presentan los montes frutales. En 1991 se iniciaron en los Valles de Río Negro y Neuquén, los ensayos para determinar la eficacia de los emisores de codlemone Isomate C para el control de *C. pomonella* (Cichón & Fernandez, 1993). Los resultados obtenidos en bloques de 40 ha de perales y manzanos, conducidos en espaldera y con densidades poblacionales bajas a muy bajas de la plaga (menos de 0,1% de frutos dañados en la última cosecha), fueron promisorios. Sin embargo, se desconoce la eficacia de control de la TCS en montes con alto riesgo sanitario, es decir conducidos en espalderas densas (árboles de gran porte y masa foliar), y densidades poblacionales medias a altas de la plaga (más de 3% de fruta dañada en la última cosecha). En experiencias efectuadas en regiones frutícolas del Hemisferio Norte, la TCS ejerce un control deficiente de la plaga en montes con alta población de carpocapsa (Vickers & Rothschild, 1991; Trimble, 1995); por esa razón se deben efectuar tratamientos correctivos puntuales cuando la población de la plaga sobrepasa los umbrales establecidos. Los plaguicidas a emplear para efectuar los tratamientos correctivos variarán de acuerdo al tipo de producción (PFI o PO) en desarrollo (IRAM-ArgenINTA, 1999). A su vez, los diversos insecticidas tendrán características diferentes (modo de acción, eficacia, efecto secundario sobre artrópodos fitófagos y benéficos) que influirán finalmente en la sanidad general (daños por carpocapsa y otros fitófagos; presencia y control por parte de la fauna benéfica) de los montes tratados con la TCS (Cichón, 1999).

En segundo lugar, para la implementación de la TCS a campo es indispensable contar con herramientas de monitoreo confiables, ya que las capturas de machos en las trampas empleadas en montes tratados con la TCS, disminuyen de una manera drástica con respecto a las registradas en montes convencionales, donde sólo se emplea la feromona para el monitoreo, y además no expresan la verdadera evolución de la plaga

(Charmillot & Bloesch, 1987; Charmillot & Pasquier, 1993, Navarro et al., 1995; Gut & Brunner, 1996).

Finalmente, para evaluar la eficacia de la TCS es necesario poseer un acabado conocimiento de la distribución espacial y concentración de la feromona en los montes frutales según las características generales, climática y de estructura productiva de cada región (Koch et al., 1995; Milli et al., 1997).

- Evaluación de la densidad de población de *C. pomonella* en montes tratados con la Técnica de la Confusión Sexual.

La identificación temprana de los picos de densidad de población de carpocapsa en los montes de frutales de pepita resulta de fundamental importancia para aplicar medidas oportunas de control y evitar daños irreversibles en la producción. Las variaciones en la densidad poblacional de la plaga se determinan por medio del monitoreo de adultos en trampas cebadas con feromona y por el muestreo de frutos con evaluación de daño en planta.

En montes tratados en forma convencional (PC), es decir donde se utilizan insecticidas de síntesis química para el control de la plaga, se emplean trampas cebadas con 1 mg de feromona (codlemone) para capturar machos. En este caso, esta sola herramienta permite predecir los momentos de riesgo de ataque a los frutos. Altos índices de captura indicarán una alta proporción de encuentros y cópula de adultos y como consecuencia, altos niveles de infestación (Riedl et al., 1982).

En cambio, en los montes conducidos bajo programas PFI y PO donde se utiliza la TCS, los datos de captura con trampas de 1 mg no permiten realizar predicciones sobre el riesgo de ataque a los frutos (Thomson et al., 1999; Cichón et al. 2001). Según Navarro et al. (1995) este fenómeno se debe a que en montes PFI y PO tratados con la TCS, se emplea el mismo compuesto (codlemone) tanto para controlar como para monitorear la plaga. Por esa razón, se promovió el uso de cebos con una mayor concentración de feromona (Charmillot, 1990) para determinar los momentos de ataque de la plaga y efectuar las aplicaciones correctivas correspondientes. De esta manera se difundió el empleo de cebos cargados con 10 mg de codlemone (10X) (Brunner, 1991; Gut & Brunner, 1996). La falta de información de origen experimental llevó a algunos autores (Trece, 1998; Scentry, 1999) a recomendar la colocación de ambos tipos de cebos (1 y 10 mg de codlemone) en el mismo monte frutal. El creciente interés por parte de los productores para emplear métodos de emisión de feromona más prácticos (feromonas pulverizables) impulsó además, la necesidad de determinar la eficacia de los cebos 1X y 10X en montes tratados con estas nuevas formulaciones de las feromonas. De lo antedicho se desprende que la evaluación experimental de la eficacia de los cebos 1X y 10X bajo las condiciones agro-climáticas del Alto Valle, resultará fundamental para disponer de un método de monitoreo preciso y confiable en programas basados en la TCS.

Por otra parte, algunos autores (Cichón et al., 2001; Thomson et al., 2001) determinaron que el empleo de trampas con cebos 10X no es una técnica de monitoreo suficiente para detectar aumentos de las densidades poblacionales de carpocapsa, debido a que dichos cebos tienen, en montes tratados con la TCS, una área de atracción por trampa menor que 0,5 ha (Welter, 1997). Además, en la práctica, por razones

básicamente económicas, no es posible emplear más de 1 trampa por hectárea. Por este motivo, Gut & Brunner (1996) y Thomson et al. (2001) recomiendan complementar el monitoreo con trampas, con una evaluación de daño a través del muestreo de frutos en la planta, tarea que resulta engorrosa, especialmente en montes de gran porte (alturas mayores de 3 m). Una técnica alternativa al muestreo de frutos en planta podría ser la observación de frutos en la base de las plantas y el registro de aquéllos dañados (Cichón et al., 1998), ya que los frutos afectados por las larvas de carpocapsa caen prematuramente al suelo (Vermeulen et al., 1989). Por esa razón, es necesario comprobar experimentalmente si este tipo de muestreo (muestreo de frutos caídos) puede ser utilizado para monitorear el daño presente en el monte frutal (reemplazando al engorroso muestreo en planta) y complementar la información proveniente del trapeo.

- Distribución espacial y concentración de feromona en montes frutales tratados con la TCS.

Para evaluar y validar la TCS es necesario conocer el patrón de distribución de la feromona en el monte tratado, hecho que depende de la estructura y características de los montes, y las condiciones climáticas en la zona en estudio.

La región de los Valles de Río Negro y Neuquén se caracteriza por ser semidesértica con grandes amplitudes térmicas entre estaciones y diarias en la época estival, y vientos muy fuertes (Nordenstrom, 1999). Este último factor hace forzosa la implantación de extensas cortinas de álamos que rodean a los diferentes montes frutales. Comúnmente las cortinas perpendiculares a los vientos predominantes (Oeste) se encuentran dispuestas cada 100 m (Nolting, 1992). Otra característica de la región es la presencia de cortinas de álamo en filas dobles. Este hecho implica que la permeabilidad de la cortina sea muy limitada, lo que determina que la masa de aire desviada por dicha cortina origine un efecto de succión en el área a proteger y tienda a ocupar de nuevo rápidamente las capas cercanas al suelo produciéndose turbulencias dentro de los montes frutales (Nolting, 1998). A su vez, el habitual distanciamiento entre alamedas (100 m) empleado en el Alto Valle, provocará un efecto sobre el movimiento y la velocidad del viento dentro del área a proteger (monte frutal) que finalmente repercutirá en la distribución de la feromona en dicho ambiente (Milli et al., 1997; Koch et al. 1997).

Una de las formas de registrar la distribución y la concentración de la feromona en el monte frutal es por medio del electro-antenograma (EAG portátil). Hasta fines de la década del '80 la técnica del electro-antenograma estaba confinada al ámbito de los laboratorios, empleándose básicamente para identificar compuestos volátiles biológicamente activos para los insectos. A partir de 1989 se desarrollaron métodos para efectuar electro-antenogramas a campo (Baker & Haynes, 1989; Sauer et al., 1992) convirtiéndose éstos en una herramienta fundamental para los estudios sobre la distribución de la feromona.

La técnica del EAG portátil fue empleada por diferentes autores en distintos cultivos y bajo diferentes condiciones agro-ecológicas (Koch et al., 1992; Cardé et al., 1993; Fäbert & Koch, 1993; Bengtsson et al., 1994; Suckling et al., 1994; Karg & Sauer, 1995; Fäbert et al., 1996; Milli et al., 1997; Aguayo et al., 2000). A través de esta técnica es posible determinar los lugares, alturas y momentos más adecuados para la colocación y/o reposición de las fuentes de emisión. Además, es posible seleccionar el ó

los emisores más adecuados para las diferentes zonas geográficas y determinar el efecto que provocan las barreras naturales y artificiales sobre la distribución de la feromona, la estructura de los montes frutales y los diferentes factores climáticos (especialmente el viento). De esta forma se diagraman las tácticas para la colocación (tipo y número por hectárea) y distribución de emisores de feromona (Koch et al., 1992; Suckling et al., 1994).

En la actualidad existen varios tipos de sistemas de EAG portátil, pero en fruticultura se han empleado con éxito 2 de ellos: uno, desarrollado en la Universidad de Kaiserslautern (Koch, 1990, 1996; Milli et al., 1997; Koch et al. 1997) y el segundo, diseñado por Suckling et al. (1994).

Los sistemas productivos modernos, especialmente de frutas y hortalizas, exigen tácticas para el control de plagas que incluyan herramientas de bajo impacto ambiental y que preserven la salud humana. Esta no es sólo una exigencia para proteger el medio ambiente, sino que tiene importantes implicancias a nivel del comercio internacional, que van desde el valor final que se puede obtener por el producto hasta la posibilidad de realizar la venta en un mercado altamente competitivo.

En este contexto, la TCS para el control de la plaga clave de peras y manzanos podría convertirse en una herramienta de gran valor por su particular modo de acción. Por esa razón, es indispensable conocer su eficacia, bajo las condiciones climáticas y de estructura productiva del Alto Valle, incluida en un paquete tecnológico con otras herramientas complementarias.

1.C - Objetivos

Objetivo general: evaluar la eficacia y sustentabilidad del empleo de la Técnica de la Confusión Sexual (TCS) para el control de *Cydia pomonella* en montes de manzanos del Alto Valle de R. Negro y Neuquén con diferentes niveles de infestación y conducidos bajo diferentes programas de producción.

Para cumplir con este objetivo general es necesario:

- 1) Seleccionar un sistema de monitoreo de la plaga para predecir los momentos de ataque a los frutos y evaluar las estrategias de control desarrolladas:
 - Determinar el método de captura de adultos de carpocapsa más eficaz en montes con diferentes características sanitarias (alto y bajo riesgo) y tratados con diferentes formas de emisión de la feromona.

El número de capturas en trampa permitirá *decidir* la aplicación de tratamientos complementarios de control.

Evaluar el porcentaje de daño presente en planta a través del muestreo de frutos dañados y caídos.

Los resultados obtenidos determinarán si es necesario corregir las tácticas de control aplicadas.

2) Analizar los factores que afectan la eficacia de la TCS.

Determinar el tipo de emisor más adecuado a través del estudio de la concentración de la feromona mediante EAG en las condiciones climáticas y productivas del Alto Valle.

Determinar el efecto de las barreras rompevientos sobre la distribución y concentración de la feromona en los montes frutales.

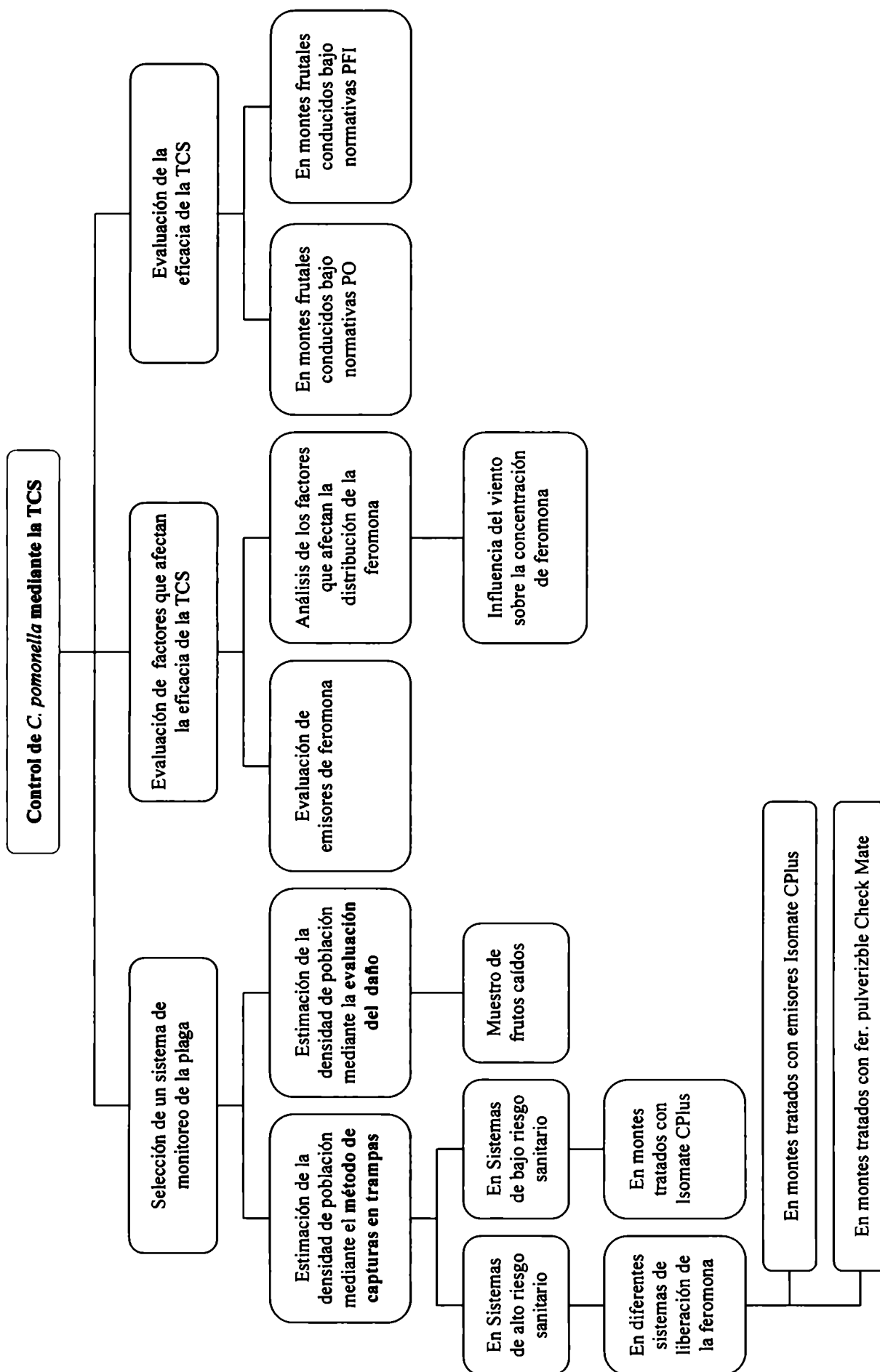
Estos resultados permitirán establecer, bajo las condiciones ambientales y meteorológicas de la región del Alto Valle y en el período de vuelo y cópula de la plaga, los valores de concentración de feromona en distintas posiciones del monte frutal. De esta manera se podrá determinar los sitios que posean una menor concentración de feromona y desarrollar estrategias de control adicionales o cambios en la distribución de los emisores a campo.

3) Evaluar la eficacia de la TCS en sistemas de producción orgánica (PO) y frutícola integrada (PFI).

Sobre la base de esta evaluación podrá determinarse la estrategia de control de carpocapsa más eficaz para sistemas de producción PO y PFI, combinando, de ser necesario, la TCS con las herramientas adicionales más adecuadas. También podrá determinarse el efecto a corto y largo plazo de las diversas estrategias de control evaluadas, sobre montes conducidos según ambos tipos de producción.

El cumplimiento de estos objetivos permitirá adquirir los conocimientos y desarrollar las estrategias de control necesarios para obtener una producción con sanidad y calidad que resulten competitivas en los mercados internacionales más exigentes.

Por lo tanto, la presente tesis se desarrollará en el marco del siguiente esquema:



2. MATERIALES y METODOS

Materiales utilizados para el monitoreo y la TCS.

Los diferentes métodos empleados para distribuir la feromona en los montes frutales fueron:

Emisores de feromona: Se utilizaron dos tipos (Fig.1):

- * Isomate-CPlus® (Shin-Etsu Chemical Company Ltd., Tokio, Japan), emisores de polietileno de color castaño con una mezcla (blend) de 165 mg/emisor compuesta de la siguiente manera: 52,9% E,E-8,10-dodecadien-1-ol (codlemone), 29,7% dodecanol, 6,0% tetradecanol y 11,4% de inertes entre los cuales se incluyen los antioxidantes.

Los emisores miden 20 cm de largo y están sellados en sus extremos. El tubo de polietileno conteniendo la feromona posee adosado otro tubo de polietileno de 1,1 mm de diámetro que recorre el emisor a lo largo y que contiene un alambre de metal para sujetarlo en las ramas de los árboles.

- * Check Mate Warm Season® (CONSEP Inc.): emisor de membrana con un contenido de 270 mg de codlemone/unidad.

- *Feromona pulverizable:*

- * Feromona pulverizable Check Mate. Contiene 13,9% de codlemone. Se empleó a una dosis de 30 g de ingrediente activo (codlemone)/ha (215 cm³/ha).

Trampas:

- * para Carpocapsa: se emplearon trampas Pherocon 1CP (Trécé, Salinas, CA). Cada trampa, según el ensayo desarrollado, fue cebada con cápsulas de caucho rojo conteniendo 1 mg (1X) o 10 mg (10X) de codlemone. Ambos cebos (1X y 10X) fueron reemplazados cada 21 días.

Las trampas fueron ubicadas en el tercio superior de los árboles (Barret, 1995; Riedl et al., 1979), alejadas más de un metro de los emisores empleados para la TCS (Weissling & Knight, 1995). Estas se sujetaron a las ramas de los árboles a razón de 1 trampa por ha.

- * para Grafolita: se emplearon trampas Pherocon 1C (OFM) (TRECE Inc.) cebadas con cápsulas de caucho rojo conteniendo la feromona (orfamone). Los cebos fueron reemplazados cada 28 días. La densidad utilizada fue variada, pero generalmente se colocó 1 trampa de grafolita cada 2,5-5 ha.

2.A. Selección de un sistema de monitoreo de *C. pomonella* en montes tratados con la Técnica de la Confusión Sexual (TCS).

2.A.1. Monitoreo de la densidad de población de *C. pomonella* por el método de captura con trampas.

Se realizaron 2 ensayos independientes en dos montes frutales:

En el primer ensayo (ítem 2.A.1.a) se distribuyeron los grupos de trampas (1X, 10X y sin cebos) en un monte frutal (Chacra Fernández, Anexo I) tratado con la TCS (Isomate CPlus) y que poseía una baja densidad poblacional (bajo riesgo sanitario: porcentajes de daño en la cosecha anterior, inferior a 0,5%).

En el segundo ensayo (ítem 2.A.1.b) se determinó la eficacia de captura de los cebos 1X y 10X en un monte frutal tratado con diferentes formas de distribución de la feromona (dispositivos para emitir feromona y feromona pulverizable) y con densidades poblacionales medias (alto riesgo sanitario: porcentajes de daño en fruto registrados en la última cosecha, entre 3 y 4%).

En ambos ensayos, para evaluar la eficacia de cada cebo (1X y 10X), se registraron las capturas 2 veces por semana. Luego de la lectura, cada trampa fue trasladada a la posición de la siguiente, en sentido horario, con la finalidad de anular los posibles efectos de distribución concentrada de la plaga.

2.A.1.a. Sistema de bajo riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con baja densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 1

En un monte frutal (93 ha) con bajo riesgo sanitario y tratado con la TCS (emisores Isomate CPlus), se distribuyeron 51 grupos de 3 trampas (cada grupo constaba de una trampa 1X, una 10X y una sin cebos) en 51 sectores de aproximadamente 1 ha (Anexo I). La incorporación de una trampa sin cebo (control) tuvo por objeto comprobar que la atracción de machos se debió solamente a las diferentes concentraciones de codlemone y no a otras variables (pegamento, tipo de trampas, altura, etc). Cada trampa estaba separada 20 metros de la otra para evitar competencia entre ellas (Weissling & Knight, 1995).

La lectura de las trampas se realizó semanalmente durante la segunda y tercera generación de la plaga: desde el 17 de Diciembre hasta el 15 de Marzo.

Las características de cada chacra y su manejo sanitario se detallan en el Anexo I.

2.A.1.b. Sistema de alto riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con mediana densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 2

Se distribuyeron grupos de 3 trampas (trampas con cebos 1X, trampa con cebos 10X y trampa sin cebo) por sector de 1 ha aproximadamente en 3 diferentes montes frutales. Dos de estos montes frutales fueron manejados separadamente con un sistema diferente de liberación de feromona: emisores Isomate C Plus® y Feromonas pulverizables Check Mate®. El tercer monte frutal fue considerado como Testigo, y fue pulverizado con insecticidas órgano-fosforados solamente, sin efectuarse ninguna aplicación de feromona (Anexo II).

Cada monte frutal, constaba de 6 sectores de 1 ha y en cada uno de ellos se distribuyó 1 grupo de trampas (trampas con cebos 1X, 10X y sin cebo). Las características de los montes frutales se detallan en el Anexo II.

Todos los montes frutales del Ensayo 2 donde se aplicó feromona, ya sea pulverizable o por medio de emisores, se debieron controlar adicionalmente con aplicaciones de insecticidas órgano-fosforados debido a las altas capturas registradas (más de 4 mariposas capturadas por trampa y por semana). Antes de efectuar las correspondientes pulverizaciones con órgano-fosforados, las trampas fueron retiradas del monte y colocadas nuevamente en su respectiva posición cuando las partes vegetales estuvieron completamente secas.

La feromona Check Mate[®] se pulverizó mensualmente consumiendo aproximadamente 70% del total de la suspensión en la mitad superior de las plantas y 30% en la inferior (Magdalena et al., 1995).

Las trampas fueron colocadas el 23 de Diciembre y se finalizaron los registros el día 8 de Marzo.

2.A.1.c. Análisis estadístico - Ensayo 1 y Ensayo 2.

Los resultados (número de capturas por trampa) obtenidos en cada ensayo y monte frutal fueron analizados separadamente.

Para determinar la eficacia en la captura de carpocapsa de los cebos 1X y 10X se comparó el número de capturas por trampa (1X y 10X) por medio del ajuste de un Modelo Lineal Generalizado (MLG) con distribución Poisson para la variable de respuesta (número de machos capturados), enlace logaritmo y un predictor lineal donde se incluyó el sector como factor de bloqueo y la trampa como tratamiento (Cordeiro, 1986; Demetrio, 1993). Se empleó un MLG y se efectuó la tabla de análisis de *deviance* correspondiente, debido a que se evaluaron recuentos de individuos (número de machos por trampa) que seguían una distribución Poisson en lugar de una distribución Normal (necesaria para efectuar un Análisis de la Varianza). En caso de distribución normal y enlace identidad la tabla de análisis de *deviance* coincide con la tabla de análisis de la varianza (ANOVA).

En el Ensayo 1 (temporada 1998/99) el predictor lineal fue:

$$\eta_{ij} = \beta_i + \tau_j$$

β_i $i = 1, \dots, 51$ efecto del sector y
 τ_j $j = 1, 2$ efecto de trampa.

Mientras que en el Ensayo 2 (temporada 1999/00), el predictor lineal fue:

$$\eta_{ij} = \beta_i + \tau_j$$

β_i $i = 1, \dots, 6$ efecto del sector y
 τ_j $j = 1, 2$ efecto de trampa.

Cuando se registró superdispersión (la varianza de los datos superó la varianza de la distribución Poisson), ésta fue modelada estimando el parámetro de heterogeneidad que surge de dividir la *deviance* residual por sus grados de libertad (Cordeiro, 1986; Demetrio, 1993). El nivel de significancia usado fue 0,05%. Los datos

se analizaron con el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS (SAS, 1997).

2.A.2. Evaluación de la densidad de población de *C. pomonella* por el método del muestreo de frutos caídos.

Para evaluar la posibilidad de utilizar el método del muestreo de frutos dañados y caídos como método de referencia para determinar el porcentaje de daño presente en planta se efectuó el ensayo en 2 establecimientos frutícolas que poseían diferentes densidades poblacionales de carpocapsa (Fernández, con baja densidad poblacional y El Curundú, con mediana densidad poblacional de la plaga) (Anexos I y III) y que fueron tratados con la TCS.

El ensayo consistió en efectuar, en forma simultánea, un recuento de frutos de la parte aérea de la planta (a), empleando la misma metodología usada habitualmente para determinar los porcentajes de daño presentes en los montes frutales (Cichón et al., 1996), y un recuento del número de frutos dañados caídos en la base de las plantas (b).

a) Muestreo de frutos en la planta: se seleccionaron al azar 20 árboles de la variedad Red Delicious y de cada uno de ellos se cosecharon 50 a 53 frutos, totalizando por sector alrededor de 1000 (Cichón et al. 1996). Los frutos cosechados fueron cortados para evitar la pérdida de registro de daños internos. Se registró el porcentaje de frutos con daño interno y externo.

b) Muestreo de frutos caídos: por cada sector de 1 ha se eligieron al azar 5 filas de árboles. Cada sector se consideró una repetición. Se recogieron y computaron todos los frutos caídos debajo de las plantas en las filas seleccionadas de la variedad Red Delicious. Los frutos fueron cortados, registrándose aquéllos que estuvieron dañados externa o internamente por la plaga.

En ambos establecimientos el muestreo se efectuó durante la segunda quincena del mes de Enero de 1998.

2.A.2.a. Análisis estadístico

Los datos provenientes de los muestreos realizados en los dos Establecimientos (Fernández y Curundú) fueron sometidos a un análisis de regresión. Esto se hizo con la finalidad de obtener un modelo que exprese la relación existente entre el número de frutos caídos dañados por carpocapsa, y la proporción de frutos dañados en los árboles, y obtener el intervalo de predicción futura correspondiente a distintos valores de número de frutos dañados en suelo (Montgomery, 1991). Los valores correspondientes al porcentaje de frutos dañados en los árboles, se transformaron mediante la función Arco Seno de la raíz cuadrada, mientras que los valores de frutos dañados caídos no fueron sometidos a ninguna transformación. Para el análisis de los datos se empleó el procedimiento REG del paquete estadístico SAS (SAS, 1997).

2.B. Factores que afectan la distribución de la feromona en montes tratados con la Técnica de la Confusión Sexual (TCS).

Para determinar el desempeño de distintos tipos de emisores de feromona, y las variaciones en la concentración de feromona en montes de manzanos en relación con el efecto de las barreras rompeviento, se empleó la técnica del electro-antenograma portátil desarrollado por la Universidad de Kaiserslautern (Koch, 1996) con sus modificaciones (Milli et al., 1997, Koch et al. 1997) (Fig. 4).

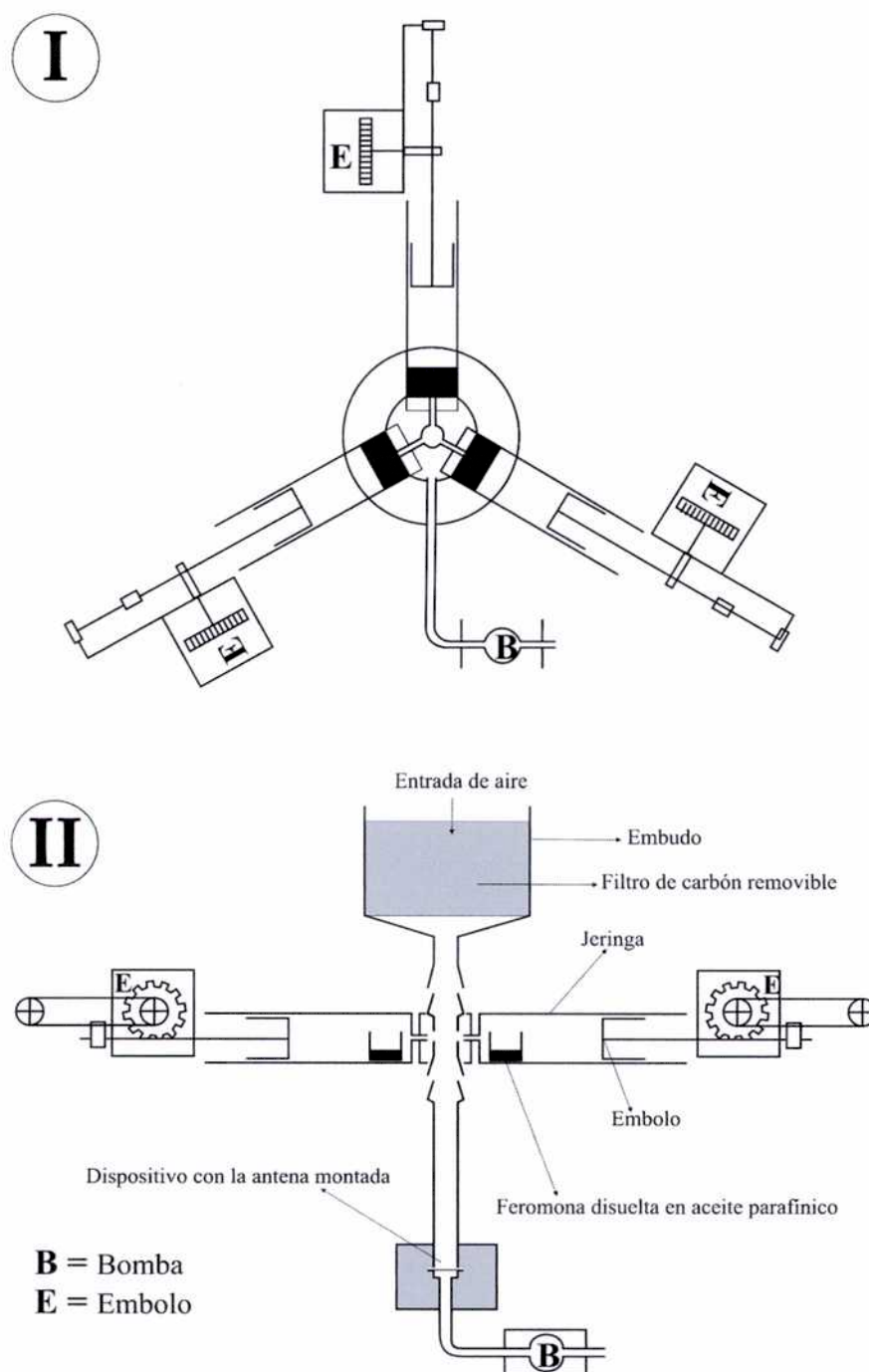


Fig. 4. Representación esquemática del sistema de medición del EAG portátil. I: vista en planta. II: vista lateral. (modificado por Koch et al., 1997).

Esta técnica utiliza la antena de un insecto macho conectada a un sistema de amplificación y registro, como receptor de la feromona sexual. La antena se colocó en una cámara hermética de plexiglas de 20 mm de diámetro y 3 mm de espesor con 2 cavidades que contienen los electrodos $\text{Ag}^\circ/\text{AgCl}$. Dichas cavidades se llenaron con una solución salina "Ringer" (Kaissling & Thorson, 1980) que funciona como electrolito entre ambas cubas y contribuye a prolongar la actividad de las antenas (Fig. 5).

Los insectos utilizados para los ensayos fueron capturados en trampas cebadas con 1 mg de feromona, colocadas en montes abandonados con alta densidad de población de carpocapsa. Por la mañana se colectaron los pisos de las trampas con los machos capturados y se trasladaron, protegidos del sol y de la alta temperatura a un sitio ventilado, en un monte frutal libre de feromona. Al momento de efectuar las mediciones, los pisos de las trampas con los machos capturados se transportaron en conservadoras de telgopor, aislados de variaciones térmicas y de eventuales compuestos volátiles, hasta el sitio del ensayo.

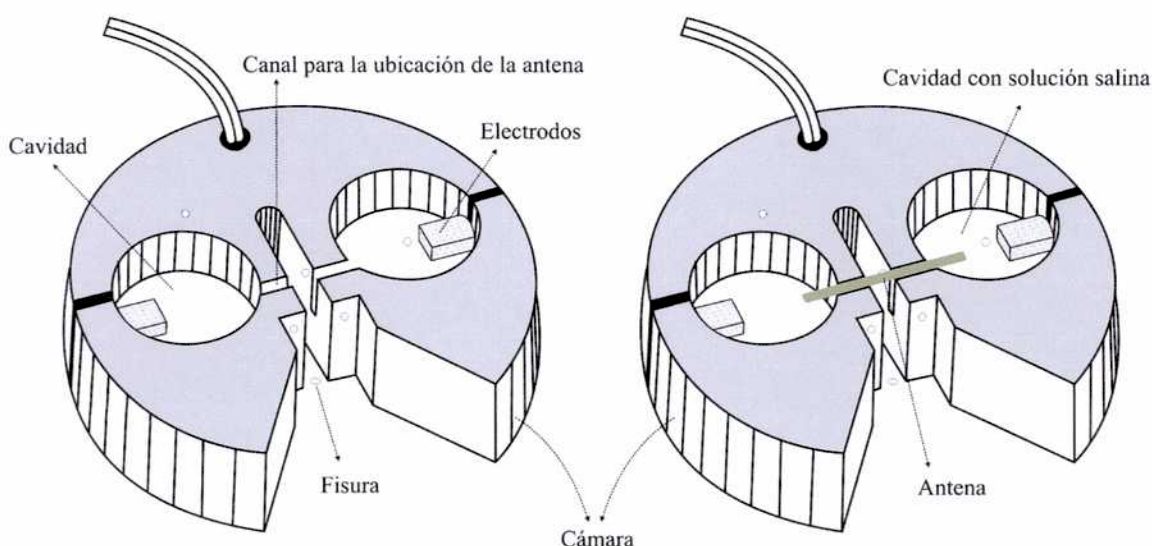


Fig. 5. Diagrama del dispositivo para el montaje de la antena de *Cydia pomonella*, L., en el EAG portátil. (Koch, 1996).

En la cámara hermética donde se coloca la antena se encuentran 2 lagos con un electrodo de $\text{Ag}^\circ/\text{AgCl}$ en cada uno. Los electrodos están constituidos por un hilo de plata metálica (Ag°) sobre el cual se deposita el cloruro de plata (AgCl). Estos electrodos están inmersos en una solución salina Ringer de características similares a la hemolinfa de la antena, y que contiene iones en común con la sal. La interfase Ag/ClAg produce un potencial eléctrico donde los iones de la solución salina van a entregar electrones a la antena, oxidándose. Esos electrones migran por la antena hasta llegar al otro lago donde los iones presentes van a recibir dichos electrones, reduciéndose.

Ambos electrodos están unidos por un conductor metálico (circuito) a un detector que mide la cantidad de electrones que migraron de un lago a otro en una unidad de tiempo (intensidad de corriente generada por la diferencia de potencial).

Cuando la antena es excitada por la detección de la feromona se va a producir una migración más rápida de electrones, alcanzando la diferencia de potencial en un intervalo de tiempo menor, lo que se refleja en un aumento de corriente.

Una vez separada del cuerpo del insecto, la antena se colocó en el “canal” (Fig. 5), en contacto con la solución salina de ambas cavidades. Los electrodos se conectaron al circuito del EAG, capaz de amplificar y registrar la diferencia de potencial entre los dos puntos que se crea como una respuesta de la antena a la feromona presente en el aire.

Una corriente constante de aire (14 ml/s), generada mediante dos bombas, atravesó la “cámara” (Fig. 4) donde se ubicaba la antena.

La calibración del equipo se efectuó interponiendo un filtro de carbón vegetal a la entrada de aire. Este filtro retuvo los compuestos volátiles presentes en el aire que pudieran estimular a los receptores de la antena (Koch, 1990) (Fig. 4). Además se emplearon 3 jeringas de vidrio las cuales contenían una mezcla de aceite parafínico (Merck No. 7161) y feromona en un pequeño recipiente, con la finalidad de obtener una atmósfera saturada con feromona dentro de ellas (Koch et. al., 1997) (Fig. 4).

La concentración de feromona en el aire de la jeringa es variable y se ajusta variando la concentración de la feromona en el aceite. Las unidades relativas (UR) de concentración de feromona usadas en el presente experimento son definidas de la siguiente manera: una unidad relativa de concentración de 10^{-6} , representa la concentración presente en el espacio de la jeringa de calibración, cuando en el mismo se encuentra un recipiente con 10^6 partes de aceite parafínico (Merck No. 7161) y una parte de feromona (Koch et al. 1997). Cuando el pistón de la jeringa es movido por el accionar de un motor, una cantidad reproducible de feromona se adiciona a la principal corriente de aire, generando un pico de respuesta en el antenograma. Mediante este procedimiento se insufló un volumen de aire de 0,25 ml en 0,6 segundos. La aplicación de la feromona desde las jeringas con diferentes concentraciones en una corta secuencia provocó diferentes respuestas que permitieron caracterizar a la antena a través de su sensibilidad (a) y su umbral de detección (x_0) durante toda la “vida de la antena” (Fig. 6 y Fig. 7) (Koch, 1996, Milli et al., 1997)

La concentración de feromona presente en la atmósfera de los montes frutales se midió removiendo el filtro de carbón del equipo de EAG portátil. De esta manera se obtuvo una señal que representa la suma de un conjunto de estímulos entre los que se encuentran los no feromonales (sustancias volátiles de origen vegetal, CO_2 , H_2O) y los feromonales (Karg et al. 1990; Koch, 1995; Koch et al. 1997). Para distinguir entre los diferentes estímulos, se efectuó una nueva inyección de las 3 concentraciones de feromona empleadas en la calibración, pero esta vez con el filtro abierto (Fig. 6 y 7). En cada medición se efectúa una nueva calibración.

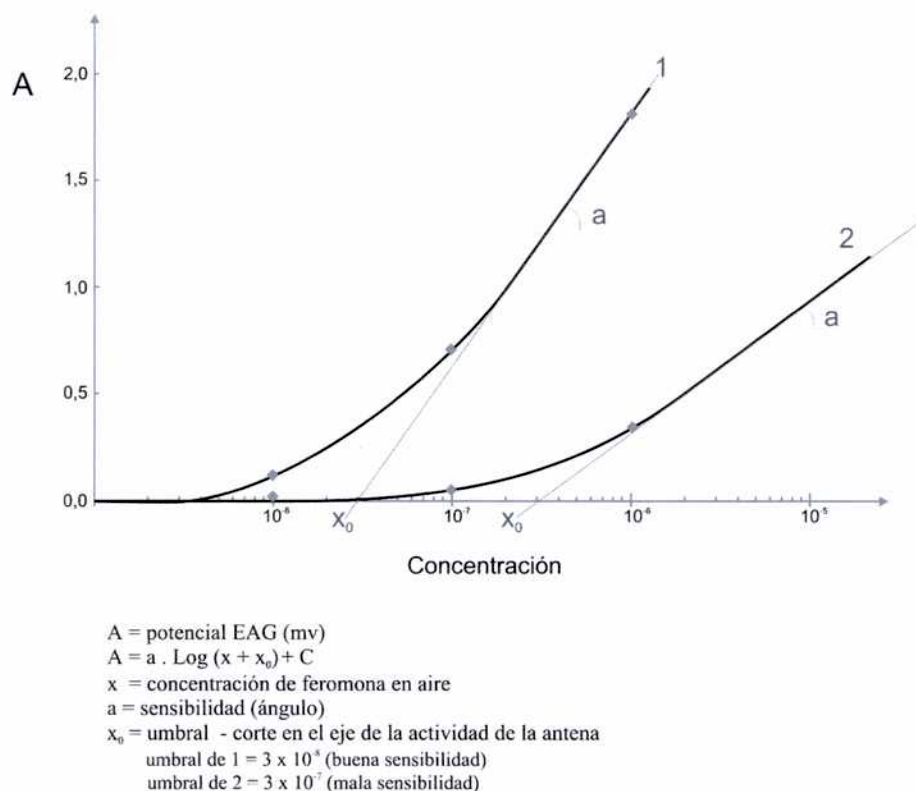
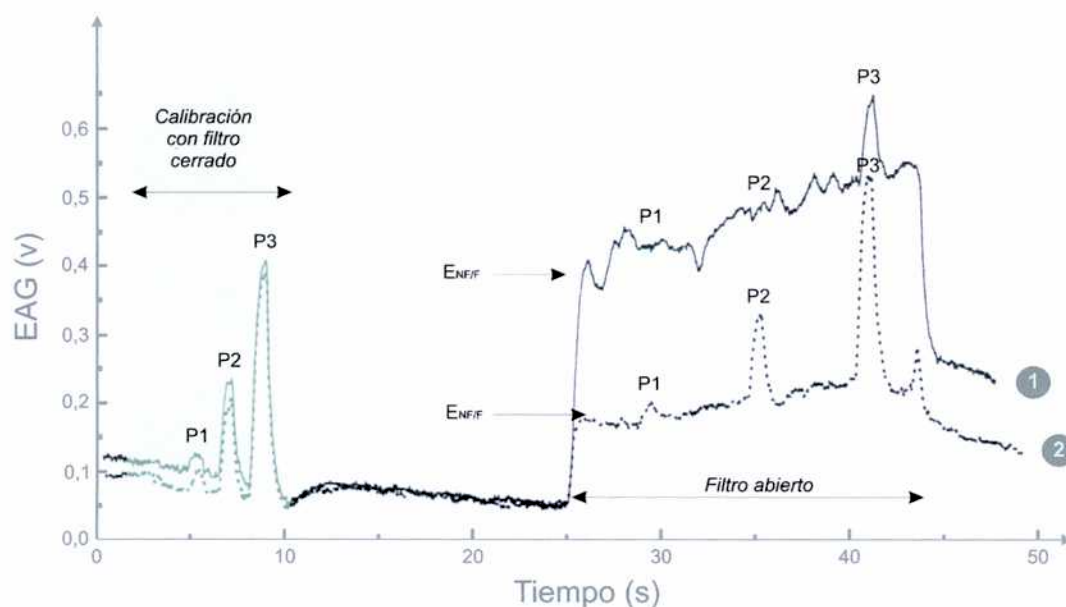


Fig. 6. Curva de la calibración de la efectividad de dos antenas pertenecientes a distintos individuos de *C. pomonella*. (Koch, 1996).



$E_{NF/F}$: Suma de estímulos No Feromonaes (NF) y Feromonaes (F).

P1, P2 y P3: respuesta de la antena de carpocapsa a 3 concentraciones crecientes de feromona.

Fig. 7. Ejemplo de 2 procesos de calibración y medición de la concentración de feromona (codlemone) efectuados por medio de EAG en montes frutales de manzano. ①: monte frutal con alta concentración de feromona, ②: monte frutal con baja concentración de feromona. (Milli et al., 1997).

El EAG portátil automáticamente efectúa una calibración del equipo cada vez que se realiza una nueva medición, y brinda el valor de la concentración de feromona (en unidades relativas) en el punto de medición elegido.

El transporte del equipo EAG dentro del monte frutal se efectuó por medio de una carretilla. A su vez, para realizar mediciones en sentido vertical se utilizó una torre para ubicar el equipo a la altura deseada. La velocidad del viento se midió por medio de un anemómetro (Alnor. Termo-anemómetro 66A-65), ubicado en el equipo de medición de EAG. La dirección del viento se expresó en grados relativos al sector norte y para la turbulencia (corriente de aire casi circular) se empleó una escala arbitraria en la que 0 indica la máxima turbulencia de aire y -1 representa flujo de aire totalmente laminar (Koch et al., 1997).

Todas las mediciones se efectuaron en el crepúsculo y hasta cerca de la medianoche, período en que se produce la mayor actividad de vuelo y cópula.

2.B.1. Comparación del desempeño de los diferentes tipos de emisores: Isomate CPlus® vs. Check Mate Warm Season®

Las mediciones fueron realizadas en dos montes frutales pertenecientes a la Chacra Fernández. Uno de ellos poseía emisores Isomate CPlus® (Cuadro 21) y el otro emisores Check Mate Warm Season® (Cuadro 20).

Las características de los montes frutales y el programa sanitario desarrollado en los mismos se detallan en Fig. 8. El lugar elegido para efectuar las mediciones fue el centro de cada uno de los cuadros (C. 20 y C. 21) y la altura donde se ubicó el equipo fue a 4,8 metros mientras que los emisores se encontraban a 5,1 metros.

Una vez ubicado el equipo en la posición A (Fig. 8) se efectuaron 3 mediciones. Luego se movilizó el equipo hasta la posición B con la antena ubicada en el sistema de medición y se efectuaron tres nuevas mediciones. Este trayecto fue repetido en tres oportunidades. De esta manera, se obtuvieron 3 mediciones en cada posición con 3 repeticiones cada una.

En el caso de producirse una disminución de la sensibilidad de la antena se utilizó una nueva antena y se procedió a repetir nuevamente la medición en el mismo lugar antes de desplazarse a la siguiente posición.

2.B.2. Influencia (efecto) de la velocidad del viento sobre la concentración de feromona en montes frutales circundados por barreras rompevientos.

Para determinar el efecto de la velocidad del viento sobre la concentración de feromona en los montes frutales protegidos por barreras rompevientos, se efectuaron EAG, siguiendo transectas horizontales bajo 2 condiciones meteorológicas (situación 1 y 2) habituales (de evolución de la velocidad de viento) en la región (Fig. 9).

Dichas mediciones se iniciaron cuando la velocidad del viento en el exterior del área protegida por la alameda fue inferior a 2 m/seg. En la situación 1 la velocidad del

viento externo a la cortina rompeviento fue en ascenso durante el período de medición de las concentraciones de feromona, mientras que en la situación 2 fue en descenso.

La medición de la respuesta de las antenas de carpocapsa en las 2 situaciones se hizo a una altura de 2,80 metros y los emisores estaban a una altura de 3,5 m.

Las características de los montes frutales, los emisores empleados y la distribución elegida se pueden observar en la Fig. 9.

En cada una de las 2 situaciones se realizó una transecta con el EAG que abarcaba los cuadros 44 A y B (Fig. 9). Esta se repitió tres veces, siguiendo una línea ortogonal a la barrera rompeviento, separada 50m de la alameda. Cada transecta se inició en la mitad del cuadro 44 A (posición "0") con una medición cada 16 metros hasta llegar al centro del cuadro 44 B. Los puntos de medición partiendo del centro del cuadro 44 A fueron: 0 m, 16 m, 32 m, 48 m, 64 m, 80 m, 96 m (Fig. 9).

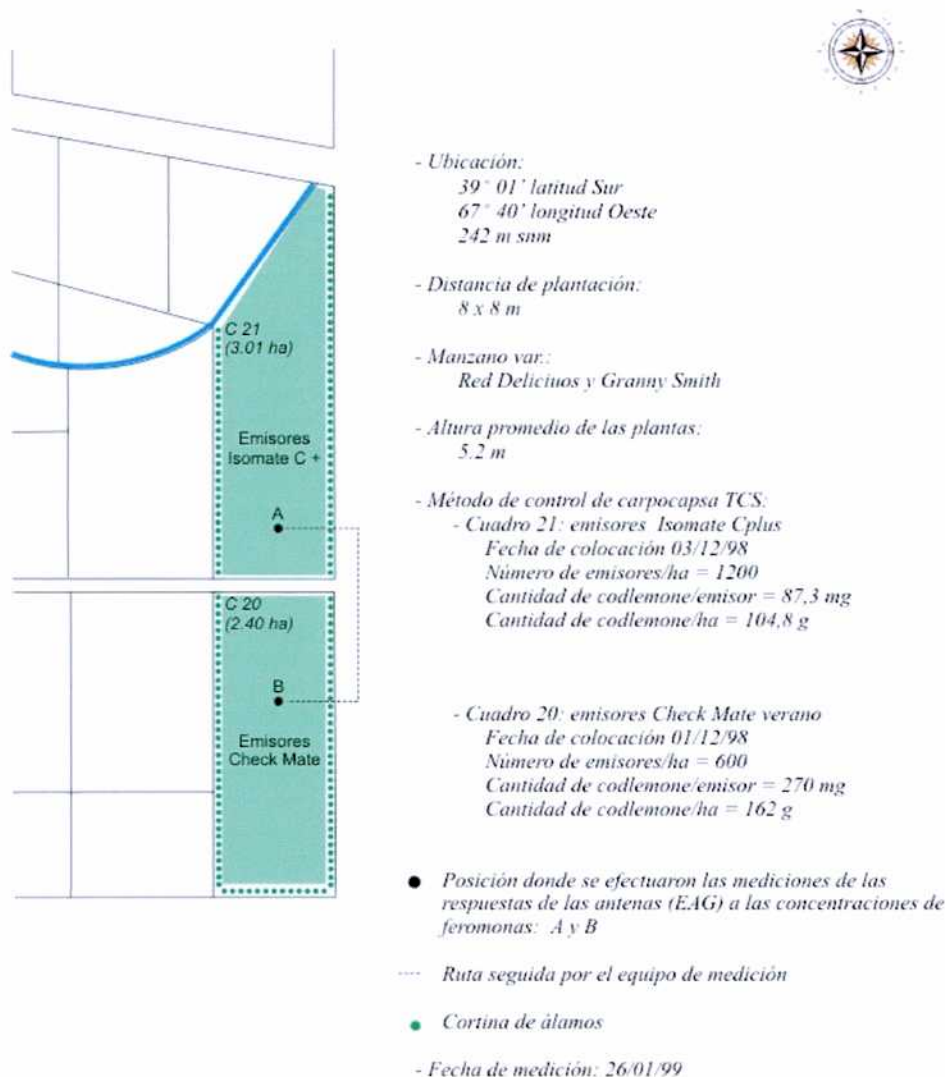


Fig. 8. Plano del monte frutal donde se efectuó la comparación del desempeño de los emisores Isomate CPlus® vs. Check Mate Warm Season®

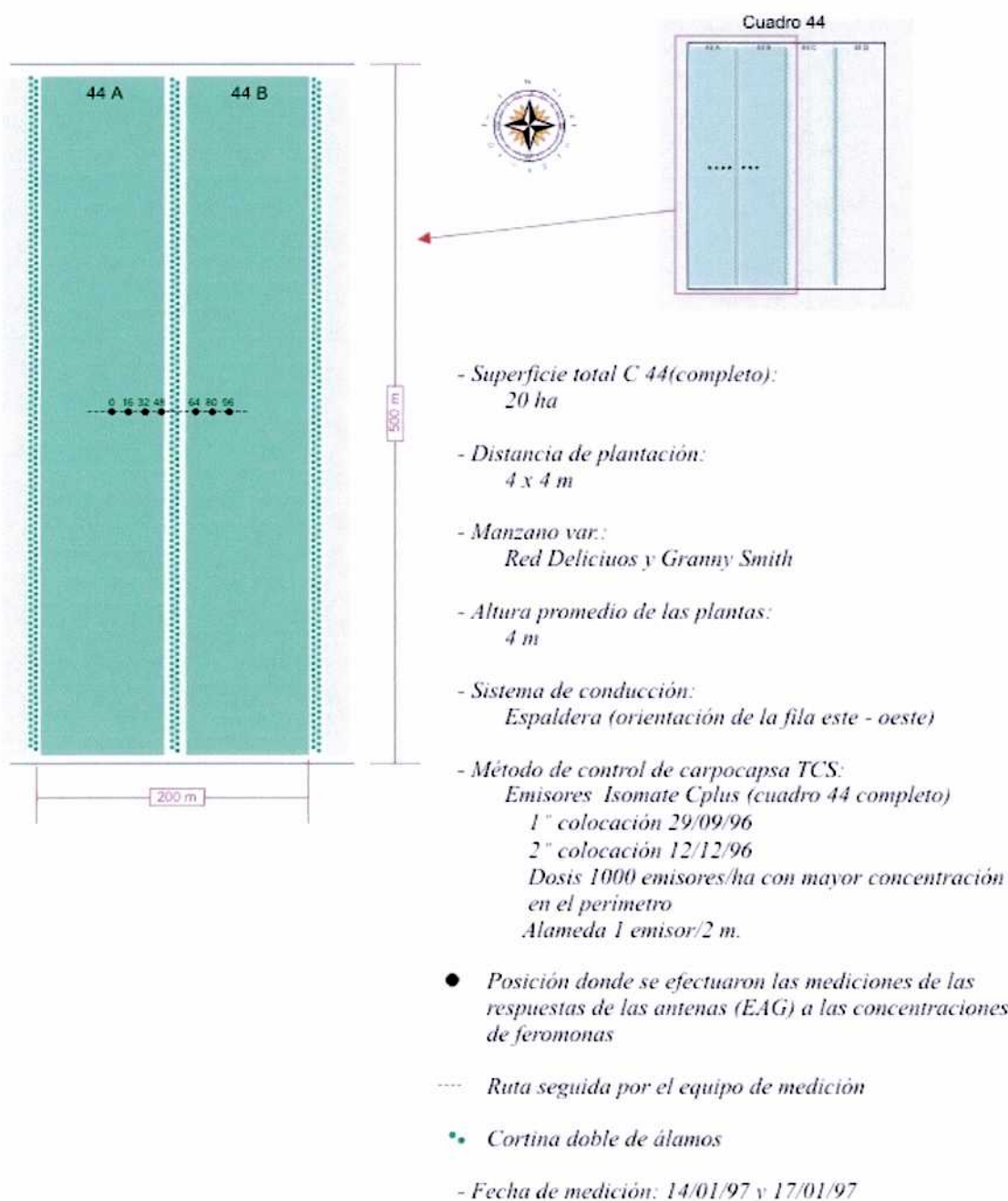


Fig. 9. Esquema del cuadro 44 (El Caldero S.A.) donde se efectuaron mediciones de concentración de feromona el día 31/01/97.

Las filas de los árboles frutales se encontraban alineadas en dirección Oeste-Este, paralela a los vientos predominantes.

2.B.2.a. Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó graficando los promedios de las mediciones de las respuestas de las antenas a las concentraciones de feromona y sus respectivos intervalos de confianza de 95% en cada estación.

2.C. Evaluación de la eficacia de la TCS combinada en diferentes tácticas de control, en montes de manzano y su efecto a largo plazo.

Con la finalidad de determinar el aporte al control de carpocapsa de la Técnica de la Confusión Sexual como principal herramienta en diferentes tácticas de control desarrolladas bajo distintos tipos de programas de producción, se seleccionaron montes frutales conducidos con programas de producción PO y PFI y se compararon con montes tratados con programas de control convencionales (PC) y semi-abandonado (SA). Este último tipo de monte frutal (SA) fue incorporado al estudio para conocer la evolución natural de las poblaciones de carpocapsa en los montes de manzano donde no se realizara ninguna aplicación para el control de plagas.

Se utilizaron 4 grandes áreas (entre 35 y 90 ha) de montes frutales. Una de las áreas estuvo conducida bajo las directivas de PO (Bajo directivas internacionales IFOAM) (IRAM-ArgenINTA, 1999); en la segunda área se siguieron las directivas PFI (IRAM-ArgenINTA, 1996); la tercera área fue tratada con plaguicidas tradicionales (PC) y la última no recibió aplicaciones de agroquímicos (SA). En los Anexos I, IV, V, VI y VII se describen las características físicas, distancias de plantación y las variedades de los montes frutales correspondientes a cada una de las áreas.

Las 4 áreas de producción (PFI, PO, PC y SA) presentaban al momento de iniciarse el estudio, una densidad de población de carpocapsa al menos 20 veces superior a los valores de umbrales de daño económico aceptados en la región. Las áreas de producción PFI y PC, en las 3 temporadas previas al ensayo, habían sido pulverizadas intensamente con insecticidas piretroides, registrándose fallas de control por presencia de poblaciones resistentes (Cichón & Fernandez, 1995; Cichón & Fernandez, 2002). En el área PO, debido a las restricciones en el uso de plaguicidas derivadas de la implementación de dicho programa, los porcentajes de daño causados por carpocapsa al inicio del ensayo (1994-1995) fueron superiores a 25%.

En las áreas manejadas bajo programas PO y PFI se utilizó a la TCS como método general de control de carpocapsa, y en ellas se tomaron al azar 4 y 3 parcelas respectivamente, de aproximadamente 2,5 ha (repeticiones), donde se distribuyeron, también al azar, las diferentes formas de manejo (tratamientos) consideradas en cada uno de los tipos de producción (PFI y PO) (Anexo I y V). En el área destinada a la Producción Convencional (PC) se efectuó en toda la superficie el mismo esquema de pulverizaciones.

2.C.1. Tácticas de control de carpocapsa seguidas en cada área.

El desarrollo de las diferentes tácticas de control de carpocapsa tanto en el área PO como PFI, se iniciaron en la temporada 1995/96 y finalizaron en la Temporada 1999/00.

2.C.1.a. Área de producción orgánica (PO) (Chacra 294)

La superficie total del Área PO (32 ha) fue tratada con la Técnica de la Confusión Sexual. Se emplearon emisores Isomate-CPlus® a una dosis de 1000 por hectárea más 20% (200 emisores) adicional sobre las alamedas que circundaban dicha

superficie. Se efectuaron 2 aplicaciones de emisores, una a partir de plena floración de Red Delicious y la segunda a mediados del mes de Diciembre. Este esquema se repitió durante las temporadas 95/96, 96/97, 97/98, 98/99 y 99/00.

En el Anexo V se observa la distribución de las 4 parcelas de aproximadamente 2,3 ha cada una, y de las 4 formas de manejo (tratamiento) correspondientes a cada parcela. Cada tratamiento ocupó una superficie de aproximadamente 0,6 ha (13 filas de árboles frutales). Dicho tamaño es suficientemente grande como para garantizar que el efecto de la migración de poblaciones de carpocapsa será de una influencia despreciable en los resultados del ensayo (Barret, 1995).

Los tratamientos efectuados durante las temporadas 1995/96, 1996/97, 1997/98 fueron los indicados en el Anexo V:

En las temporadas 1998/99, debido a la ausencia de daño registrada durante la evaluación de la primera generación en todos los tratamientos, se determinó no efectuar durante la 2° y 3° generación, pulverizaciones adicionales con insecticidas biológico o botánico. En la temporada 1999/00 no se efectuaron aplicaciones de ningún tipo de insecticida empleándose únicamente la TCS para carpocapsa.

En la temporada 1998/99 se efectuó una aplicación adicional de emisores para el control de grafolita, que fueron colocados el 2/10/98 y el 5/01/99. Los emisores utilizados fueron el Check Mate OFM® (CONSEP Inc.). La composición feromonal de dichos emisores fue la siguiente: Z8 dodecenil acetato (165 mg), E8 dodecenil acetato (10,8 mg) y Z8 dodecenil 1 ol (1,8 mg). Dichos emisores no interfieren con los emisores de codlemone debido a la especificidad de los compuestos feromonales de cada una de las especies (Witzgall, 2000).

Tabla 1. Tácticas de control de carpocapsa seguidas en cada uno de los tratamientos en el área PO durante las temporadas 1995/96, 96/97, 97/98.

PO Tratamientos (formas de manejo)	Táctica de control de Carpocapsa	Insecticida y Dosis
F + V	<u>1º generación:</u> - 7 pulverizaciones semanales de CpGv - Emisores de feromona.	CpGv: Virus de la Granulosis de Carpocapsa. Dosis: 2,5x10 ¹¹ Gi/ha ^(*)
	<u>2º y 3º generación:</u> - 11 pulverizaciones semanales de CpGv. - Emisores de feromona	Emisores de feromona: Isomate C Plus
F + V + IB	<u>1º generación:</u> - 5 pulverizaciones quincenales de <i>Ryania speciosa</i> - Emisores de feromona.	<i>Ryania speciosa</i> (insecticida botánico): madera pulverizada del arbusto <i>R. speciosa</i> . Dosis: 500 g/hl + 270 g/hl de azúcar refinada común.
	<u>2º y 3º generación:</u> - 11 pulverizaciones semanales de CpGv - Emisores de feromona	CpGv: Virus de la Granulosis de Carpocapsa. Dosis: 2,5x10 ¹¹ Gi/ha ^(*) Emisores de feromona: Isomate C Plus
F + IB	<u>1º generación:</u> - 5 pulverizaciones quincenales de <i>Ryania speciosa</i> . - Emisores de feromona	<i>Ryania speciosa</i> (insecticida botánico): madera pulverizada del arbusto <i>R. speciosa</i> . Dosis: 500 g/hl + 270 g/hl de azúcar refinada común.
	<u>2º y 3º generación:</u> - 7 pulverizaciones quincenales de <i>Ryania speciosa</i> - Emisores de feromona	Emisores de feromona: Isomate C Plus
F	- Emisores de feromona - No se efectuaron pulverizaciones adicionales de insecticidas en ninguna de las 3 generaciones.	Emisores de feromona: Isomate C Plus

^(*) Gi/ha: Gránulos infectivos por hectárea.

2.C.1.b. Área Producción Frutícola Integrada (PFI).

En el área de producción frutícola integrada que ocupaba una superficie total de 93 ha, se tomaron al azar 3 parcelas de 2,1 ha cada una (Anexo IV) donde se efectuaron los siguientes tratamientos durante las temporadas 1995/96, 1996/97 y 1997/98:

Tabla 2. Tácticas de control de carpocapsa seguidas en cada uno de los tratamientos en el área PFI durante las temporadas 1995/96, 96/97, 97/98.

PFI (A) Tratamientos (formas de manejo)	Tácticas de control de Carpocapsa	Insecticida y Dosis
1	<u>1º generación:</u> 4 pulverizaciones quincenales de <i>metil azinfos</i>	<i>metil azinfos</i> : 36 g i.a./hl
	<u>2º y 3º generación:</u> 2 pulverizaciones de <i>m. azinfos</i> intercaladas con 1 de <i>clorpirifos metil</i> . Período entre pulverizaciones: 15 días	<i>clorpirifos metil</i> : 72 g i.a./hl
2	<u>1º generación:</u> 4 pulverizaciones quincenales de <i>metil azinfos</i> .	<i>metil azinfos</i> : 36 g i.a./hl
	<u>2º y 3º generación:</u> Sin aplicaciones correctivas	
3	<u>1º generación:</u> 3 pulverizaciones quincenales de <i>metil azinfos</i> .	<i>metil azinfos</i> : 36 g i.a./hl
	<u>2º y 3º generación:</u> 1 pulverización de <i>m. azinfos</i> .	

En esta área (PFI), durante las 3 primeras temporadas, no se consideró dentro de los distintos “tratamientos” una superficie donde no se efectuaran pulverizaciones adicionales de insecticidas, o sea sólo con aplicaciones de la TCS, debido a que dicha técnica no es suficientemente eficaz en el control de carpocapsa cuando las densidades poblacionales de la plaga son elevadas (Vickers & Rothschild, 1991; Cardé & Minks, 1995; Trimble, 1995; Gut & Brunner, 1996; Thomson et al., 2001). Sin embargo, en PO las limitaciones en el número y la eficacia de control de los plaguicidas naturales y biológicos o las actividades culturales, determinan en muchas ocasiones que la TCS sea empleada como única herramienta de control.

Luego de 3 temporadas de empleo de las estrategias mencionadas y al disminuir las densidades poblacionales de carpocapsa a niveles inferiores a 0,3% de frutos dañados en la cosecha, se implementaron nuevas formas de manejo de carpocapsa, disminuyendo aun más el número de aplicaciones de insecticidas órgano-fosforados. Se pudo entonces incorporar, bajo esta nueva condición sanitaria, un tratamiento en el que se empleara la TCS como única herramienta de control. En las temporadas 1998/99 y 1999/00, se efectuaron los siguientes tratamientos:

Tabla 3. Tácticas de control de carpocapsa seguidas en cada uno de los tratamientos en el área PFI durante las temporadas 1998/99, 99/00.

PFI (B) Tratamientos	Táctica de control de Carpocapsa	Insecticida y Dosis
1	<u>1° generación:</u> 2 pulverizaciones quincenales de <i>metil azinfos</i> <u>2° y 3° generación:</u> Sin aplicaciones correctivas	<i>metil azinfos</i> : 36 g i.a./hl
2	<u>1° generación:</u> 1 pulverización de <i>metil azinfos</i> a los 260°D (5 a 10% de eclosión de huevos). <u>2° y 3° generación:</u> 1 pulverización de <i>metil azinfos</i> a los 780°D (5 a 10% de eclosión de huevos de 2° generación.).	<i>metil azinfos</i> : 36 g i.a./hl
3	<u>1°, 2° y 3° generación:</u> Sin aplicaciones correctivas	---

Se emplearon emisores Isomate-CPlus® : 1000 emisores por hectárea más 20% (200 emisores) adicional sobre las alamedas que circundan dicha superficie y en las internas.

Tabla 4. Emisores por hectárea en el bloque PFI (93 ha), durante las 5 temporadas de uso de la TCS.

Período de Cobertura	1995/96, 1996/97 y 1997/98	1998/99 y 1999/00
Primera Generación	1000 emisores/ha ^(*) Fecha de colocación: entre el 20/09 y el 25/09	1000 emisores/ha ^(*) Fecha de colocación: entre el 22/09 y el 28/09
Segunda Generación	1000 emisores/ha ^(*) Fecha de colocación: entre el 09/12 y el 17/12	500 emis/ha: 43 ha 1000 emis/ha: 50 ha Fecha de colocación: entre el 22/09 y el 28/09

(*) En 100% de la superficie tratada con la TCS: 93 ha

Los emisores fueron colocados durante la floración de Red Delicious (Cichón et al. 2001) Posteriormente, se efectuó una segunda aplicación a mediados del mes de Diciembre. En los montes seguidos con un programa PFI, cuando los niveles poblacionales fueron bajos (<0,3% de frutos dañados en la cosecha) (temporadas 1998/99 y 1999/00) se efectuó una reducción del uso de los emisores en la segunda colocación, manteniéndose la dosis original en la primera aplicación (Tabla 4). En el área PO no se efectuó dicha reducción de emisores debido a la limitada eficacia de control de las herramientas permitidas (insecticidas botánicos, biológicos y minerales) las cuales, de producirse aumentos imprevistos en las densidades poblacionales de carpocapsa, difícilmente lograrían mantener porcentajes de fruta dañada a cosecha por debajo de los umbrales establecidos (Cichón et al., 2001).

2.C.1.c. Área Producción Convencional (PC).

Para evaluar la evolución sanitaria de un monte conducido bajo un programa de manejo sanitario convencional (PC), se seleccionó un área de montes frutales en donde se desarrollaron las actividades de control habituales en el Alto Valle (monte de referencia).

En el Área PC se efectuaron un promedio de 11 pulverizaciones de órgano-fosforados, piretroides y carbamatos, aplicados a calendario fijo (cada 14 días). Los insecticidas y sus correspondientes dosis empleadas en las 3 parcelas de referencia fueron:

metil azinfos: 35 g i.a./hl

lambdacihalotrina: 1,25 g i.a./hl

carbaryl: 102 g i.a./hl

clorpirifos metil: 70 g i.a./hl

permetrina: 6 g i.a./hl

metidation: 32 g i.a./hl

Las características estructurales de los montes frutales del Área 3 se presentan en el Anexo VI.

2.C.1.d. Área de Montes Semi abandonados (SA).

Para conocer la evolución natural de las poblaciones de carpocapsa, se efectuaron monitoreos en montes frutales donde no se efectuó ninguna aplicación de agroquímicos (montes semi-abandonados) durante todo el desarrollo del ensayo.

Las características de los montes frutales correspondiente al Area SA se puede observar en el Anexo VII.

2.C.2. Monitoreo de las poblaciones de carpocapsa y muestreo de frutos

El monitoreo de adultos de carpocapsa en los montes frutales tratados con la TCS (PFI y PO), se efectuó por medio de trampas Pherocon 1CP 10X, mientras que en los montes PC y SA se realizó con trampas Pherocon 1CP 1X. La densidad de trampas empleadas en las áreas PO y PFI fue de 1 trampa cada 0,7-1 ha (Cichón et al., 2001) y en las áreas PC y SA 1 trampa cada 1,5-2 ha (Cichón et al., 2000 b.).

El monitoreo de larvas diapausantes se efectuó por medio de fajas de cartón corrugado de 10 cm de ancho, que fueron colocadas en la base de los troncos antes de la bifurcación de las ramas principales, las que previamente fueron raspadas para eliminar la corteza desprendida. Las fajas de cartón fueron colocadas en forma aleatoria en 300 a 350 árboles frutales por tratamiento en el mes de Diciembre, y retiradas del campo en el mes de Mayo para hacer el recuento de larvas y determinar la densidad poblacional presente. Esta actividad solamente se realizó en el área PO no justificándose en el área

PFI debido a los bajos niveles de infestación (inferiores a 0,5%) logrados luego de la implementación de las estrategias correspondientes a los diferentes tratamientos.

Para evaluar la eficacia de los diferentes tratamientos en cada una de las áreas de producción se observaron al azar 1000 a 1200 frutos en 15 a 25 árboles por parcela (o sector), totalizando 3000 a 3400 frutos por tratamiento (Cichón et al., 1996). Este muestreo se efectuó al final de la primera generación de carpocapsa y en la cosecha.

2.C.3. Análisis estadístico

En cada una de las Áreas PO y PFI se efectuó un análisis conjunto de la proporción de fruta dañada por carpocapsa obtenida en los distintos tratamientos y durante las diferentes temporadas, utilizando la extensión para los Modelos Lineales Generalizados que considera el análisis de medidas repetidas (Stokes et al., 1995). Se propuso una distribución binomial para la respuesta y enlace canónico ($\text{Log}(p/(1-p))$). En el predictor lineal se incluyeron las variables tratamiento, año y su interacción. Tanto en el área PO como en el área PFI, debido al cambio en las estrategias de control efectuadas a partir del cuarto año, se realizó un análisis conjunto de los datos correspondientes a las 3 primeras temporadas y a las dos últimas respectivamente. Cuando los efectos resultaron significativos se efectuaron los correspondientes contrastes de a pares, aplicando el criterio de Bonferroni para considerar significativas las diferencias (probabilidad de la cola menor que 0,05/el número de contrastes que se realizan).

Los datos se analizaron utilizando el procedimiento GENMOD del paquete estadístico SAS (SAS, 1997).

2.C.4. Otras plagas

Las poblaciones de *Cydia molesta* Busck “grafolita” fueron monitoreadas con trampas Pherocon 1C (OFM) (TRECE Inc.), a partir de la temporada 1997/98 en todas las áreas de estudio (PO, PFI, PC y SA). Por otra parte, fue registrado el número de larvas diapausantes en fajas de cartón corrugado al mismo tiempo que se efectuó el recuento de larvas de carpocapsa.

El muestreo de frutos dañados por el enrulador *Argyrotaenia pomililiana* Trematerra se efectuó en forma conjunta con el correspondiente a carpocapsa y grafolita (Cichón et al., 1996).

3. RESULTADOS y DISCUSION

3.A. Selección de un sistema de monitoreo de *C. pomonella* en montes tratados con la Técnica de la Confusión Sexual (TCS).

Los resultados permitieron evaluar la eficacia en la captura de cebos con 2 concentraciones de feromona sintética (1X y 10X) en montes tratados con la TCS. Por otra parte, se mostró la factibilidad de uso del muestreo de frutos dañados y caídos, como método de referencia para conocer el porcentaje de daño presente en planta.

3.A.1. Monitoreo de la densidad de población de *C. pomonella* por el método de captura en trampas.

3.A.1.a. Sistema de bajo riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con baja densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 1

En un monte tratado con la TCS (Chacra Fernández) y con una densidad poblacional de carpocapsa baja (porcentajes de daño en fruto registrados en la última cosecha inferior a 0,5%) (Anexo I), las trampas con cebos 10X registraron capturas significativamente mayores a las trampas 1X ($P > F = 0,0001$) (Tablas 5 y 6).

Según el modelo propuesto:

$$(\eta_{ij} = \beta_i + \tau_j)$$

donde

β_i $i = 1, \dots, 51$ corresponde al efecto del bloque y

τ_j $j = 1, 2$ corresponde al efecto de trampa

El parámetro (o efecto) estimado para trampa (τ_j) es de 2,0378 con un error estándar de 0,1806 (IC 95% = 2,0378 [1,6838 – 2,3917]).

De esta manera se determinó que la trampa 10X captura 7,7 veces ($e^{2,0378}$) (IC 95% = 7,7 [5,39 – 12,25]) lo que captura la trampa 1X.

3.A.1.b. Sistema de alto riesgo sanitario. Evaluación de la eficacia de los cebos 1X y 10X en un monte con mediana densidad poblacional de carpocapsa. Ensayo 2

Se determinó la eficacia de captura de los cebos 1X y 10X en montes frutales con densidades poblacionales medias de carpocapsa (porcentaje de frutos dañados por carpocapsa en la última cosecha entre 3 y 4% y capturas mayores a 20 machos/trampa/temporada en el año previo al empleo de la TCS) y tratados separadamente con diferentes formas de distribución de la feromona (emisores Isomate C Plus® y feromona pulverizable Check Mate®) y uno de ellos sin aplicación de feromona (Testigo) (Anexo II).

Tabla 5. Análisis de *deviance* efectuado sobre el número de capturas de *C. pomonella* registrado en trampas de 1 mg y 10 mg de codlemone, durante la Temporada 1998/99 en un monte tratado con la TCS. Chacra Fernández.

Parcela	Fuente de variación	Deviance	GL	Deviance/GL	Deviance corregida(*)	Deviance corregida/GL	F	Pr>F
Isomate Cplus	Sector	530,32	50	10,60	375,16	7,50	7,50	0,0001
	Trampa	285,34	1	285,34	201,86	201,86	201,86	0,0001
	Residuo	70,68	50	1,41	50,00	1		
	Total	886,35	101					

(*) Deviance corregida por superdispersión: $Deviance \div Deviance/GL$

GL: Grados de Libertad

Pr: Probabilidad

En el tratamiento con emisores Isomate CPlus se observan diferencias significativas entre los 6 sectores de 1 ha donde estuvieron colocados los grupos de trampas (1X, 10X y sin cebo). Esto indica que el número de capturas de machos totales (correspondiente a los 3 tipos de trampas) en los distintos sectores, fue diferente ($Pr>F=0,0085$) a lo largo de la experiencia. Es decir que, a pesar que se consideró que todos los sectores presentaban una densidad poblacional de la plaga mediana, el número de adultos varió en cada uno de ellos. En cambio, no se registraron diferencias estadísticas significativas ($Pr>F=0,8925$) entre las capturas de los dos tipos de trampas estudiadas (1X y 10X) (Tabla 7).

En el tratamiento con feromona pulverizable Check Mate no se registraron diferencias significativas entre sectores ($Pr>F=0,2549$) ni entre trampas 1X y 10X ($Pr>F=0,2378$) (Tabla 7).

Finalmente en el testigo (pulverizado con insecticidas órgano-fosforados solamente) no se observaron diferencias significativas entre sectores ($Pr>F=0,1303$) pero sí ($Pr>F=0,0104$) entre trampas cebadas con 1 mg y 10 mg de codlemone (1X o 10X) (Tabla 2).

Según el modelo propuesto para cada una de las parcelas (Isomate CPlus, Check Mate pulverizable y el Testigo):

$$(\eta_{ij} = \beta_i + \tau_j)$$

donde

β_i $i = 1, \dots, 6$ corresponde al efecto del bloque y

τ_j $j = 1, 2$ corresponde al efecto de trampa

En el Testigo, el parámetro estimado para trampa (τ_j) fue de 0,4191 (IC (95%)= 0,2111 – 0,6272). Por lo tanto, la trampa 10X captura en promedio 0,66 veces ($e^{0,4191}$) (IC (95%)= 0,66 [0,81 – 1,87]) lo que captura la trampa 1X.

Tabla 6. Resumen de las capturas promedio de carpocapsa por trampa, registradas en los Ensayos 1 y 2, en trampas cebadas con 1 mg y 10 mg de codlemone.

Temporada	Bloques	Captura promedio de individuos por trampa	
		1 mg codlemone	10 mg codlemone
Ensayo 1	Isomate CPlus (Ch. Fernández)	0,98	7,5
	Isomate Cplus	10,2	10,0
Ensayo 2	Chek Mate pulverizable	30,2	23,5
	Testigo (Sin Emisores)	153,3	101,2

Tabla 7. Análisis de *deviance* efectuado sobre el número de capturas de *C. pomonella* registrado en trampas de 1 mg y 10 mg de codlemone, en los tratamientos Isomate C+, Feromona pulverizableCheck Mate y el Testigo tratado con OPs.

Parcela	Fuente de variación	Deviance	GL	Deviance/GL	Deviance corregida(*)	Deviance corregida/GL	F	Pr>F
IsomateCPlus (**)	Sector	24,11	5	4,82	--			
	Trampa	0,008	1	0,008			11,78	0,0085
	Residuo	2,04	5	0,40			0,024	0,8925
	Total	26,16	11		--			
Check Mate (*)	Sector	25,88	5	5,17	9,34	1,87	1,87	0,2549
	Trampa	4,98	1	4,98	1,80	1,80	1,80	0,2378
	Residuo	13,86	5	2,77	5,00	1,00		
	Total	44,72	11					
Testigo(*)	Sector	60,60	5	12,12	14,73	2,95	2,95	0,1303
	Trampa	65,54	1	65,54	15,93	15,93	15,93	0,0104
	Residuo	20,56	5	4,11	5	1		
	Total	146,70	11					

(*) Deviance corregida por superdispersión: $Deviance + Deviance/GL$

(**) No se registró superdispersión.

3.A.1.c. Discusión:

En un sistema de bajo riesgo sanitario (baja densidad poblacional de la plaga) tratado con la TCS (ensayo 1) las trampas 10X registraron mayores capturas que las trampas 1X. Los resultados obtenidos en un sistema de alto riesgo sanitario (mediana densidad poblacional de carpocapsa) tratado con la TCS (ensayo 2) mostraron una eficacia de captura distinta de las trampas 1X y 10X según los tratamientos utilizados.

En los tratamientos donde se empleó la TCS, ya sea en forma de *dispenser* o como asperjable (Isomate CPlus y Feromona pulverizable Check Mate, respectivamente), el número de capturas registradas con los cebos 1X y 10X no se diferenciaron estadísticamente durante el período de duración del Ensayo (Tabla 7). En cambio en el tratamiento Testigo, las capturas en las trampas 10X fueron menores que las de las trampas 1X. En estudios previos efectuados en la Región del Alto Valle se determinó que en montes frutales donde se utilizan los insecticidas órgano-fosforados (PC) como único método de control de carpocapsa, las capturas en las trampas 1X resultaban mayores que las de las trampas 10X (la trampa 1X capturó casi el doble de machos que la 10X) (Cichón & Melzer, 1999). Este resultado coincide con los obtenidos en el presente trabajo en el tratamiento Testigo.

Riedl et al. (1976) analizaron un gran número de publicaciones con el objeto de relevar datos del efecto de trampas cebadas con diferentes cargas de feromona sobre las capturas. En la mayoría de los casos se especificaba un aumento consistente de las capturas con cargas de feromona entre 0.1 y 1 mg (Maitlen et al., 1976; McNally & Barnes 1980). Sin embargo, a partir de ese último valor, en todos los casos, las capturas comenzaban a disminuir. Algunos autores sugieren que este hecho estaría relacionado con la cantidad de los isómeros EZ, ZE y ZZ que acompañan al isómero biológicamente activo de codlemone (EE) (Ideses & Shani, 1998; Knight, 2002). Roelof et al. (1972) y El-Sayed et al. (1998) determinaron que los isómeros de codlemone EZ y ZZ, provocan un efecto antagonista. Las cápsulas cargadas con una mayor cantidad de feromona contendrán a su vez una mayor proporción de los isómeros antagonistas, provocando, en montes tratados sin la TCS, una disminución del número de capturas en trampas. La purificación podría mejorar la eficiencia de la trampa, pero el isómero EE es químicamente inestable y el producto de su transformación son los isómeros EZ y ZZ en cualquier tipo de emisor (Knight, 1995b; Bäckman, 1997). A pesar de ello, en montes tratados con la TCS el efecto de los isómeros antagonistas en los cebos 10X parece ser menor, ya que las trampas cebadas con 10 mg de codlemone capturan tantos o más individuos (dependiendo de la densidad poblacional) que la 1X. De todos modos, en la actualidad se están estudiando otro tipo de matrices como soporte para la feromona, ya que a pesar de los compuestos estabilizadores y antioxidantes (Ideses & Shani, 1988) que se incorporan en conjunto con el codlemone para su protección, el azufre que posee la matriz habitual de caucho rojo produce una muy rápida isomerización de la feromona (Brown & McDonough, 1986; Vrkoc et al. 1988). El empleo de cebos grises de elastómeros de halo butilo en reemplazo de los rojos, evitarían la rápida descomposición del codlemone, incrementándose el número de capturas y el período de reposición de los cebos (Knight, 2002).

En síntesis, los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que cuando los montes están tratados con la TCS y las densidades poblacionales de carpocapsa son medias y altas (porcentajes de daño en fruto registrados en la última cosecha entre 3 y

4%), el número de capturas de las trampas 1X y 10X no se diferencian estadísticamente en forma significativa (Tablas 6 y 7). En cambio, cuando las densidades poblacionales de la plaga son bajas, la trampa con cebo 10X captura más insectos que la trampa con cebo 1X (Tablas 5 y 6).

Estos resultados indican que bajo las condiciones ambientales de la región del Alto Valle, las trampas con cebos 10X son una herramienta de monitoreo confiable en montes que presentan una baja densidad poblacional de la plaga.

3.A.2. Evaluación de la densidad de población de *C. pomonella* en planta (porcentaje de daño o infestación) por el método del muestreo de frutos caídos.

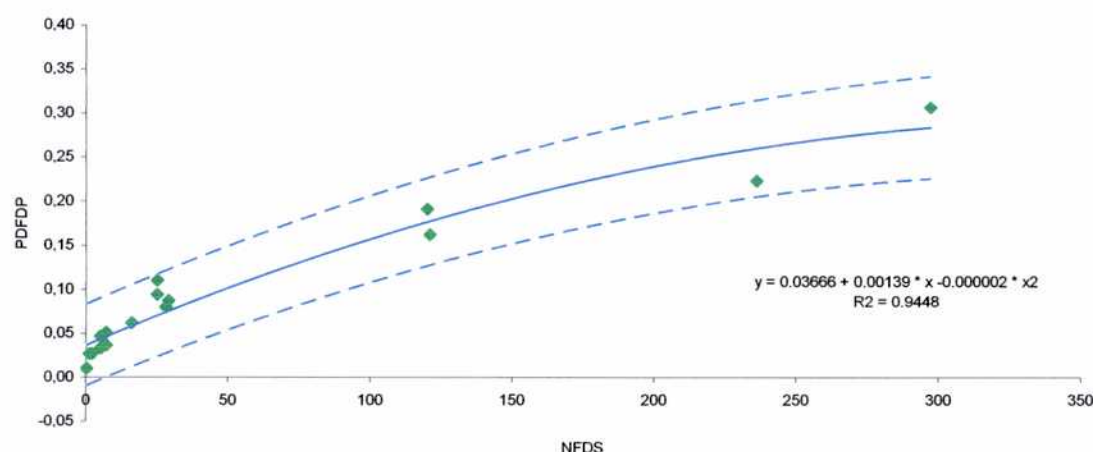
A continuación se analiza el número de frutos dañados por carpocapsa obtenidos a partir de los muestreos efectuados en montes que poseían media y baja densidad de población de la plaga.

Al comparar los resultados del número de frutos dañados en suelo por hectárea vs. el porcentaje de frutos dañados en planta en los dos montes frutales, el modelo cuadrático resultó significativo:

$$\gamma = 0,03666 + 0,00139 * \chi - 0,000002 * \chi^2$$

Siendo γ el valor transformado de la proporción de frutos dañados en los árboles y χ el número de frutos dañados en suelo.

El coeficiente de “determinación” (R^2) (Montgomery, 1991) para el modelo es de 0,9448, lo que implica que 94,48% de la variabilidad observada en los valores de las proporciones transformadas, es explicada por el modelo.



PDFDP = proporción de frutos dañados en planta
NFDS = número de frutos dañados en suelo

Fig. 10. Regresión cuadrática ajustada e intervalo de confianza de 95% para los valores transformados de proporción de frutos dañados por carpocapsa en los árboles vs. número de frutos dañados en suelo por hectárea.

La Fig. 10 representa la regresión cuadrática ajustada y un intervalo de confianza de 95% para los valores individuales estimados por el modelo.

En este gráfico se puede observar una gran concentración de puntos correspondientes a un número bajo de frutos dañados en suelo (<30) y por otra parte unos pocos puntos dispersos que corresponden a un gran número de frutos dañados (>120) en suelo. Estos últimos valores son los que determinan la importancia del término cuadrático del modelo, y corresponden a un porcentaje de frutos dañados en planta superior a 3% (Tabla 8), económicamente inaceptable para la producción de frutales de pepita de la región del Alto Valle (Cichón, 1993).

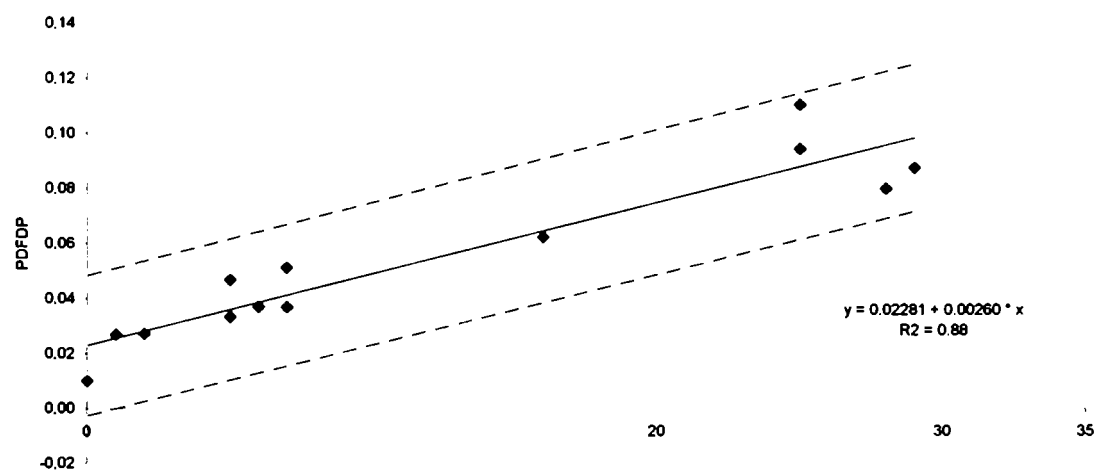
Tabla 8. Modelo de regresión cuadrática ajustada e intervalos de confianza del 95% para los valores de proporción de frutos dañados por carpocapsa en las plantas vs. número de frutos dañados en suelo por hectárea (procedimiento REG del paquete estadístico SAS).

Sector	Número de frutos Dañados en suelo	Porcentaje de frutos dañados en planta	Estimado	IC (95%)
C4-1	0	0,000	0,134	0,009-0,692
C5-1	1	0,062	0,144	0,007-0,713
C1	2	0,063	0,155	0,004-0,735
C10-2	5	0,208	0,189	0,007-0,804
C9-1	5	0,100	0,189	0,007-0,804
C13-1	6	0,125	0,201	0,001-0,827
C13-5	7	0,250	0,214	0,000-0,851
C18-2	7	0,125	0,214	0,000-0,851
C20-2	16	0,375	0,341	0,016-1,082
C16-2	25	0,875	0,492	0,059-1,341
B2-2	25	1,200	0,492	0,059-1,341
C21-1	28	0,625	0,548	0,079-1,433
C19	29	0,750	0,567	0,087-1,464
B1-10	120	3,600	3,082	1,548-5,119
B1-9	121	2,600	3,115	1,570-5,162
B1-11	236	4,900	6,618	4,309-9,380
B1-3	297	9,100	7,845	4,950-11,338

Por este motivo se buscó ajustar un modelo para los valores de frutos dañados en suelo menores que 30 frutos dañados/ha (Tabla 9). De esta manera se obtuvo un modelo sin el término cuadrático (Fig. 11):

$$\gamma = 0,02281 + 0,00260 * \chi$$

El coeficiente de determinación (R²) de este nuevo modelo es 0,88, lo que expresa que 88% de la variabilidad observada en los valores de las proporciones transformadas, es explicada por el modelo.



PDFDP = proporción de frutos dañados en planta
 NFDS = número de frutos dañados en suelo

Fig. 11. Regresión lineal ajustada e intervalo de confianza de 95% para los valores transformados de proporción de frutos dañados por carpocapsa en los árboles vs. número de frutos dañados en suelo por hectárea.

Se determinó con 95% de confianza (Tabla 9) que, si los valores de frutos dañados resultantes de los muestreos de frutos en suelo por hectárea son menores o iguales a 20, el porcentaje de frutos dañados en planta será menor o igual al umbral de 1%. Valores superiores de frutos dañados en este tipo de muestreo indicarán un alto riesgo sanitario del monte frutal.

Tabla 9. Intervalos de predicción del porcentaje de frutos dañados en planta basados sobre el número de frutos dañados por hectárea en suelo, calculado con el modelo de regresión lineal simple ajustado (variable independiente: número de frutos dañados en suelo/ha) (Procedimiento REG del paquete estadístico SAS).

Número de frutos dañados en suelo/ha	Porcentaje de frutos dañados en planta (PFDP) (*)	IC 95%	Predicción del porcentaje de frutos dañados en planta (PFDP) (**)	Intervalos de predicción IC 95%
0	0,0228	-0,035-0,0491	0,05	0,00-0,24
1	0,0254	-0,0070-0,0515	0,06	0,00-0,27
2	0,0280	-0,0021-0,0539	0,08	0,00-0,29
3	0,0306	-0,0048-0,0564	0,09	0,00-0,32
4	0,0332	-0,0076-0,0589	0,11	0,01-0,35
5	0,0358	-0,0103-0,0613	0,13	0,01-0,38
6	0,0389	0,0130-0,0638	0,15	0,02-0,41
7	0,0410	0,0157-0,0664	0,17	0,02-0,44
8	0,0436	0,0183-0,0689	0,19	0,03-0,47
9	0,0462	0,0210-0,714	0,21	0,04-0,51
10	0,0488	0,0236-0,0740	0,24	0,06-0,55
11	0,0514	0,0263-0,0766	0,26	0,07-0,58
12	0,0540	0,0289-0,0792	0,29	0,08-0,63
13	0,0566	0,0315-0,0818	0,32	0,10-0,67
14	0,0592	0,0340-0,0844	0,35	0,12-0,71
15	0,0618	0,0366-0,0870	0,38	0,13-0,76
16	0,0644	0,0391-0,0897	0,41	0,15-0,80
17	0,0670	0,0417-0,0924	0,45	0,17-0,85
18	0,0696	0,0442-0,0950	0,48	0,20-0,90
19	0,0722	0,0467-0,0977	0,52	0,22-0,95
20	0,0748	0,0492-0,1005	0,56	0,24-1,01
21	0,0774	0,0516-0,1032	0,60	0,27-1,06
22	0,0800	0,0541-0,1059	0,64	0,29-1,12
23	0,0826	0,0565-0,1087	0,68	0,32-1,18
24	0,0852	0,0589-0,1115	0,72	0,35-1,24
25	0,0878	0,0613-0,1143	0,77	0,38-1,30
26	0,0904	0,0637-0,1171	0,82	0,41-1,36
27	0,0930	0,0661-0,1199	0,86	0,44-1,43
28	0,0956	0,0685-0,1227	0,91	0,47-1,50
29	0,0982	0,0708-0,1256	0,96	0,50-1,57

(*) Valor estimado de PFDP ($\gamma = \arcsin \sqrt{\text{PFDP}}$)

(**) Porcentaje frutos dañados en planta = $(\sin \gamma)^2 * 100$

El área sombreada indica el número máximo de frutos dañados caídos en suelo/ha por encima del cual se sobrepasa el umbral de daño económico de 1% de fruta dañada en planta

3.A.2.a. Discusión:

Los frutos de los manzanos y perales tienen un elevado valor cosmético en un mercado consumidor muy exigente en cuanto al aspecto exterior. Esto determina que el producto deba presentarse casi exento de daño (Vermeulen et al., 1989). El valor de umbral de daño económico en la cosecha, aceptable en la región del Alto Valle, es de 1% de frutos dañados por carpocapsa (Cichón et al., 1996). Por lo tanto, el porcentaje de frutos dañados resultado de los muestreos de frutos en planta que se efectúan durante la temporada, deberá arrojar valores menores o iguales a 1%.

La evaluación del porcentaje de frutos dañados en un monte determinado, efectuado por medio del muestreo en planta, suele ser engorroso, especialmente cuando los árboles poseen alturas superiores a los 2 metros. Por esa razón, la posibilidad de reemplazar dicho muestreo por un muestreo de frutos dañados en suelo aporta una innovación práctica a las actividades del manejo de plagas en montes tratados con la TCS. Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran, con 95% de confianza, que si los valores resultantes del muestreo de frutos dañados en suelo son iguales o inferiores a 20, el porcentaje de frutos dañados en planta será igual o inferior a 1% de daño (Tabla 9). Por lo tanto, la sanidad de los frutos en la cosecha será aceptable, no sobrepasándose el umbral de daño económico. Sin embargo, valores superiores a 20 frutos dañados en suelo implicarán que los porcentajes de fruta dañada por carpocapsa en la parte aérea de las plantas podrán sobrepasar el umbral de daño económico de 1% aceptado para la Región.

Los resultados obtenidos en este estudio presentan la metodología de evaluación del número de frutos dañados en suelo como un instrumento alternativo para estimar el porcentaje de frutos dañados en planta y por ende diagramar tácticas de intervenciones correctivas. Sin embargo, serán necesarios estudios complementarios en otras variedades de manzanas (Gala, Granny Smith, Braeburn, Pink Lady) ya que el presente estudio se limitó exclusivamente a la variedad Red Delicious.

3.B. Factores que afectan la distribución y concentración de feromona en montes frutales tratados con la TCS.

3.B.1. Comparación del desempeño de diferentes tipos de emisores: Isomate CPlus® vs. Check Mate Warm Season®

La Fig. 12 muestra los resultados de los EAG obtenidos en montes tratados con emisores Isomate CPlus® y Check Mate WS® (Fig. 8), ambos colocados al mismo tiempo, 53 días antes de la medición, y los correspondientes límites de confianza. Las diferencias en la actividad registrada con el EAG para ambos emisores resultan estadísticamente significativas y la respuesta durante el ensayo en el área tratada con Isomate CPlus® resultó en valor absoluto, aproximadamente el doble de la registrada en el ensayo con Check Mate® ($3,51$ y $1,51 \times 10^{-6}$ UR, respectivamente)

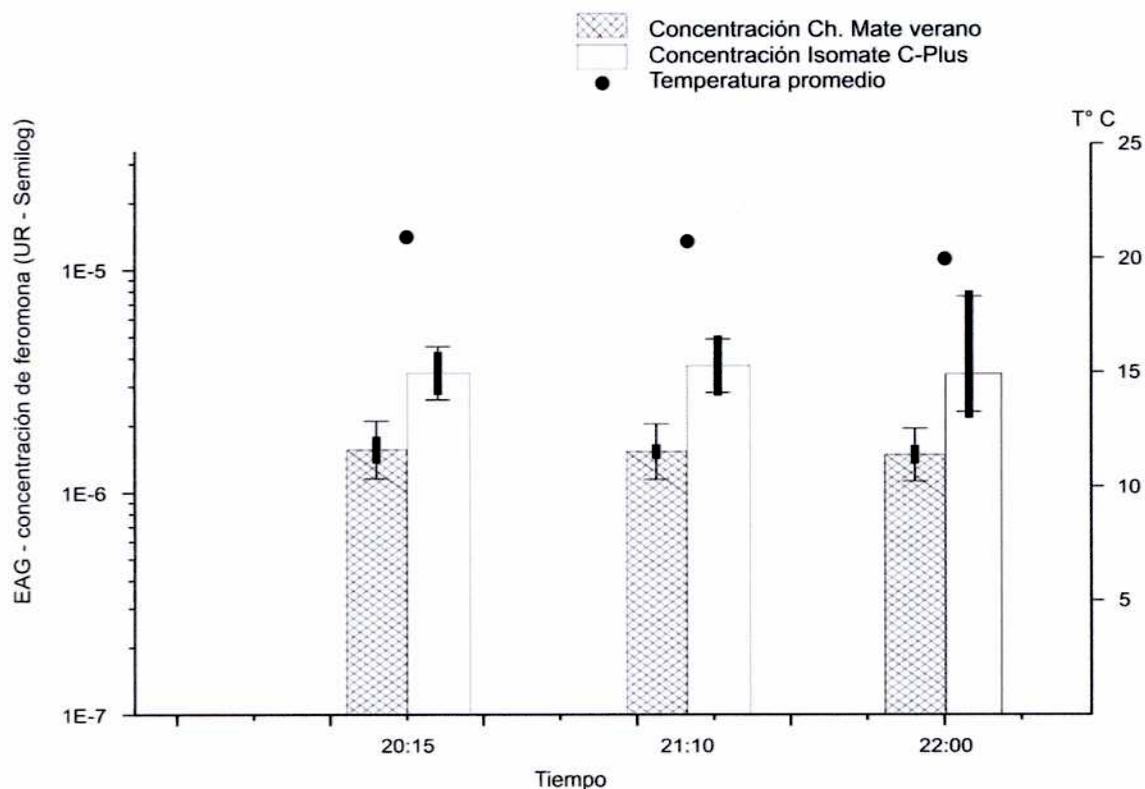


Fig. 12. Concentración de feromona registrada por medio de EAG en dos montes de manzanos tratados con emisores Isomate CPlus® y Check Mate®. En el gráfico se observan dos barras de error superpuestas. La línea delgada representa la variabilidad inherente al proceso de calibración, que depende principalmente del estado fisiológico (calidad) de la antena utilizada. La línea gruesa representa el error promedio en la medición de la respuesta de las antenas a la concentración de feromona presente en el monte frutal. Esta barra de error es equivalente al error estándar de la media en un cálculo lineal.

3.B.1.a. Discusión:

En los bloques tratados con Check Mate WS® se detectó un bajo nivel de respuesta en las mediciones efectuadas a través del EAG. Este hecho podría deberse a que las concentraciones de feromona resultaron bajas, por debajo del umbral de recepción de las antenas. A su vez esto podría explicar las deficiencias observadas para este dispositivo en el control de la plaga. Sin embargo, la cantidad de codlemone aplicada por hectárea en el Cuadro 20 (Fig.8) con el emisor Check Mate WS® fue de 162 g, mientras que en el Cuadro 21, con el emisor Isomate CPlus®, fue inferior, 104,8 g. A pesar de estas diferencias cuantitativas, la concentración de feromona determinada mediante EAG en el monte frutal tratado con el emisor Isomate CPlus® registró valores superiores a los registrados para Check Mate WS® (Fig. 12). La mayor intensidad de respuesta obtenida en el EAG en el Cuadro 21, podría deberse a las características de la matriz de cada uno de los emisores, tubo de polietileno (en el emisor Isomate CPlus®) vs. membrana (en el emisor Check Mate WS®), que determinarían una tasa de emisión diferente, y/o a los componentes de la formulación. El emisor Isomate CPlus® contiene, además del codlemone, 2 alcoholes, el tetradecanol y el dodecanol mientras que el Check Mate WS® contiene solamente codlemone. Para determinar la importancia de los componentes secundarios de la feromona de carpocapsa, McDonough et al. (1993)

estudiaron, empleando el túnel de viento, la respuesta de los machos de carpocapsa a emisores de codlemone o mezclas de codlemone con dodecanol y tetradecanol, sin encontrar diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos. Posteriormente en ensayos a campo, McDonough et al. (1994) mostraron que el fenómeno de la falta de atracción de machos hacia trampas cebadas con hembras vírgenes fue similar tanto en parcelas tratadas únicamente con emisores de codlemone como en aquellas donde se emplearon emisores que poseían codlemone conjuntamente con tetradecanol y dodecanol. A partir de los resultados de estos ensayos, McDonough et al. (1995) concluyeron que los machos de carpocapsa son sensibles sólo al codlemone.

Por otra parte, Cichón & Fernandez (1998) en estudios efectuados en la región del Alto Valle empleando trampas cebadas con 10 mg de codlemone, en grandes superficies tratadas con la TCS y con poblaciones medias a bajas de carpocapsa (porcentaje de daño en la última cosecha: entre 1 y 1,5%) determinaron que las capturas en montes frutales tratados con emisores Isomate CPlus® eran menores que las de los tratados con otros emisores que contienen solamente codlemone.

En el presente estudio se pudo determinar una menor respuesta en los EAG a los compuestos presentes en la atmósfera de los montes tratados con emisores Check Mate WS®, en comparación con el Isomate CPlus® (Fig. 12). Estos resultados explicarían en parte, los valores obtenidos por Cichón & Fernandez (1998). La menor respuesta de los machos al único componente (codlemone) emitido por el emisor Check Mate WS mantendría los receptores feromonales de las antenas de los machos en condiciones de percibir con mayor facilidad el estímulo proveniente del atractante contenido en el cebo de las trampas. Esto determinaría una mayor captura en las áreas tratadas con dicho emisor. Sin embargo, se deberán efectuar estudios específicos para conocer con precisión si la menor respuesta de los machos se debe a la composición feromonal de los 2 emisores estudiados o a diferencias en la tasa de emisión como consecuencia de los distintos materiales con los que éstos están diseñados.

3.B.2. Influencia de la velocidad del viento sobre la concentración de feromona en montes frutales circundados por barreras rompevientos

Se presentan a continuación los resultados de las mediciones de la respuesta de las antenas de machos de *C. pomonella* a la presencia de diversas concentraciones de feromonas, efectuadas en 2 condiciones de viento diferentes:

- Situación 1: la velocidad de viento sufre un incremento gradual durante el período de medición
- Situación 2: la velocidad del viento sufre una reducción gradual durante el período de medición.

Con la finalidad de identificar y comprender los factores responsables de las variaciones en la concentración de feromona dentro de un monte frutal, resulta indispensable analizar el movimiento del aire frente a una barrera de protección sobre la base del análisis teórico del fenómeno. Inmediatamente antes de la barrera rompeviento (barlovento) se produce un “colchón de aire” más o menos uniforme desde la base hasta el punto más alto de la cortina. Cuando una corriente de aire es interrumpida por una barrera rompeviento (cortina de álamos por ejemplo) una pequeña parte de dicha

corriente la atraviesa y el resto asciende por la pendiente del colchón de aire, hasta su altura máxima (Fig.13).

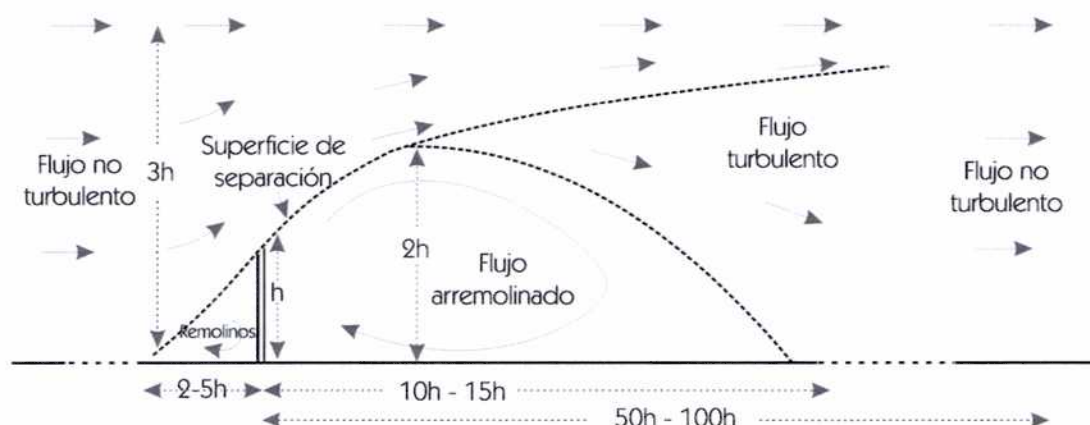


Fig. 13. Características del patrón de flujo de aire provocado por la presencia de una barrera rompeviento (no en escala) – (Modificado por Gloyne). (Caborn, 1957).

El colchón de aire finalmente actúa como una zona de alta presión generada por el desvío ascendente de la corriente de aire. En el extremo superior de la cortina se registra mayor velocidad de viento que en la base, como resultado de la compresión de la corriente de aire que ha sido forzada a subir (Caborn, 1957). A medida que las cortinas rompevientos son más densas (“impermeables”) al viento, prácticamente toda la fuerza del viento debe ser desviada por sobre la barrera, lo que provoca una pérdida de energía cinética debido a la colisión de las moléculas de aire ascendente con las del colchón de aire. El tamaño del área protegida por la barrera rompeviento depende de 2 factores: la permeabilidad (densidad de ramas y follaje) y la altura de la barrera. En general una cortina impermeable extiende su protección sobre un área menor que una permeable (Guyot & Elejabaitia, 1970) causando una mayor turbulencia (Caborn, 1957) (Fig. 14 y 15). Los patrones de velocidad del viento y turbulencia registrados en el área protegida por la barrera rompeviento durante el desarrollo del presente ensayo en la Región del Valle del Río Negro, se corresponde con la descripción efectuada por Finney (1939) para cortinas rompevientos de permeabilidad intermedia.

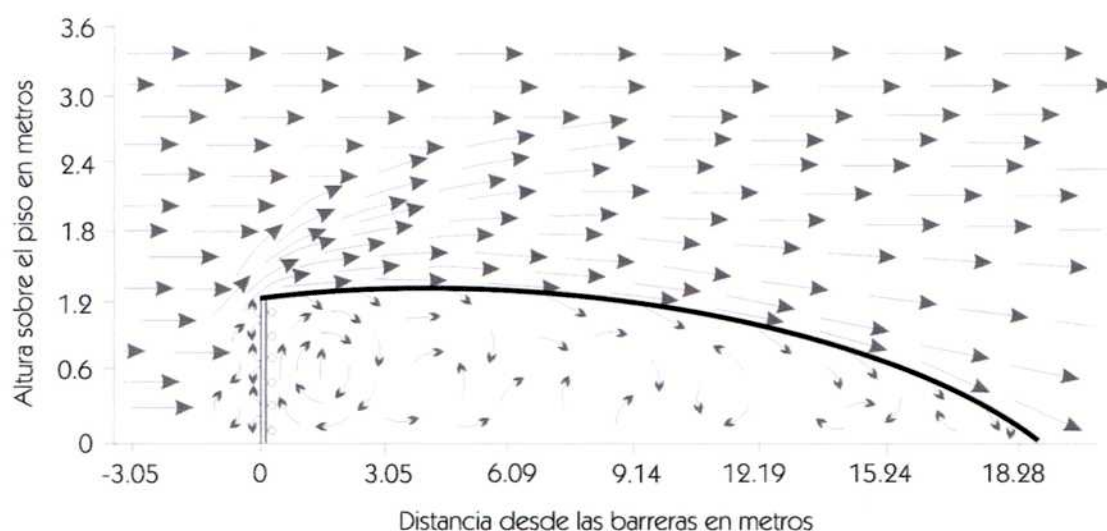


Fig. 14. Área de remolinos delante de una barrera permeable vertical de 1,22 de alto y de 50 % de densidad (Modificado por Finney). (Caborn, 1957).

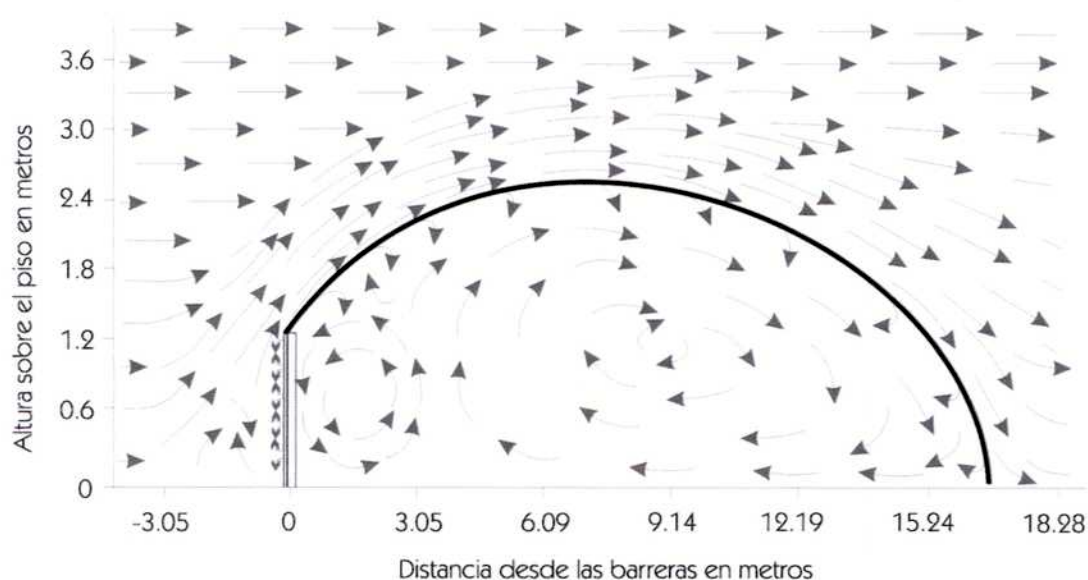


Fig. 15. Área de remolinos delante de una barrera impermeable vertical de 1,22 de alto y de 100 % de densidad (Modificado por Finney). (Caborn, 1957).

3.B.2.a. Situación 1.

Las Figs. 16, 17 y 18 muestran los datos de concentración de feromona obtenidos por medio de un EAG portátil en 3 transectas consecutivas efectuadas en 2 montes frutales contiguos y que forman parte de un área de 20 ha tratadas con la TCS con un incremento gradual de la velocidad de viento (Fig. 9).

En la primera y segunda transecta (Fig. 16 A y 17 A) se registró en el centro del cuadro 44 A (posición 0) una alta concentración de feromona ($1,23 \times 10^{-6}$ UR en promedio) la cual disminuyó ($7,75 \times 10^{-7}$ UR en promedio) a pocos metros de la cortina rompeviento (posición 48) ubicada en la posición 60. Cruzando la doble cortina de álamos (posición 64) nuevamente se registró un aumento de la concentración de feromona ($2,02 \times 10^{-6}$ UR en promedio) que disminuyó muy levemente en las posiciones 80m y 96m (aproximadamente el centro del cuadro 44 B) (2×10^{-6} y $1,79 \times 10^{-6}$ UR en promedio, respectivamente).

En los montes frutales, la concentración de feromona siguió una evolución inversamente proporcional a la velocidad del viento (Fig. 16B y 17B). En las dos primeras transectas (Fig. 16 y 17), en el centro del cuadro 44 A (posición 0), la velocidad del viento fue inferior a 0.5 m/s (Nº1 en escala Beaufort; Grace, 1977) y se correlacionó con una alta concentración de feromona. Posteriormente, 28 metros antes de la cortina de álamos (posición 32), la velocidad del viento aumentó hasta alcanzar su valor máximo (0,75 m/s) a pocos metros de la misma (posición 48). En ese punto se registró una concentración de feromona menor que en el centro del cuadro 44A (Fig. 16 A, 17 A). Este mismo fenómeno se observó en la tercera transecta (Fig. 18) donde la velocidad del viento siguió el mismo patrón que en las anteriores mediciones (Fig. 17B y 18B), pero con valores máximos de velocidad de viento mayores (entre 1,2 y 1,4 m/s) en las posiciones 48 y 64 (Fig. 18 B), determinando una disminución general de los valores de concentración de feromona registrados.

Por otra parte, la turbulencia del aire se mantuvo constante en casi todos los puntos de medición de la transecta, salvo detrás de la cortina (posición 64), donde se registra su incremento (valor: entre -0,2 y -0,3) así como de la temperatura (de aproximadamente 3 a 5°C) (Fig. 16, 17 y 18 A y B). Estos dos factores, turbulencia y temperatura del aire, provocaron una mayor dispersión de los datos de concentración de feromona (posición 64) aunque no afectaron su valor promedio.

En una misma transecta se registró un movimiento de masas de aire en todas las direcciones (Fig. 16C, 17C y 18C). Este hecho es consecuencia de los bajos niveles de turbulencia que se producen en el interior (sotavento) de la barrera rompeviento (Finney, 1939; Caborn, 1957), y que provocaron desplazamientos de masas de aire en diferentes direcciones en un radio estrecho (Fig. 14 y 15).

La humedad relativa (HR) aumenta de 40% a valores cercanos a 60% cuando la velocidad del viento disminuye de aproximadamente 0,4m/seg a valores por encima de 1 m/seg. Además, los mayores porcentajes de HR se registraron en el centro de los dos cuadros alcanzando valores máximos de 70%.

En las tres transectas efectuadas (Fig. 16A, 17A y 18A) la concentración de feromona en el cuadro 44 B fue mayor ($1,58 \times 10^{-6}$ UR) que en el 44 A ($9,7 \times 10^{-7}$ UR). El cuadro 44 A es el borde Oeste del área tratada con la TCS, ya que en orientación Oeste-Este los montes frutales 44 B y C conformarían el centro y el 44 D el borde Este (Fig. 9).

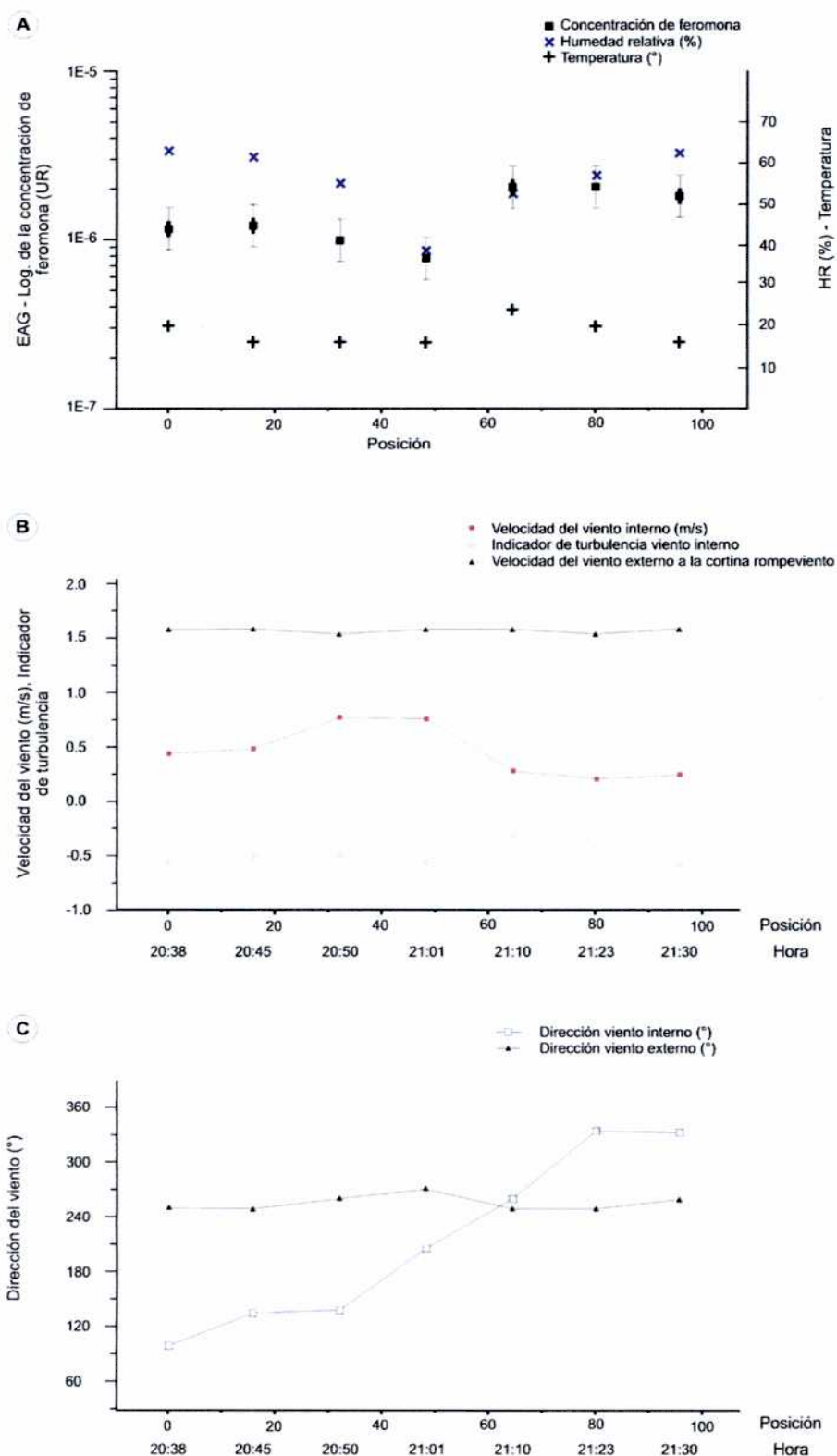


Fig 16. Transecta N° 1 iniciada a la 20:38 hs. en los montes 44 A y B de El Caldero S.A.

A: Concentración de feromona determinada mediante EAG.

B: Velocidad del viento y turbulencia

C: Dirección del viento.

La posición "0" corresponde al centro del monte 44 A, la posición "56-60" a la alameda y la "112" al centro del monte 44 B. Localidad Cnel. Belisle (Río Negro).

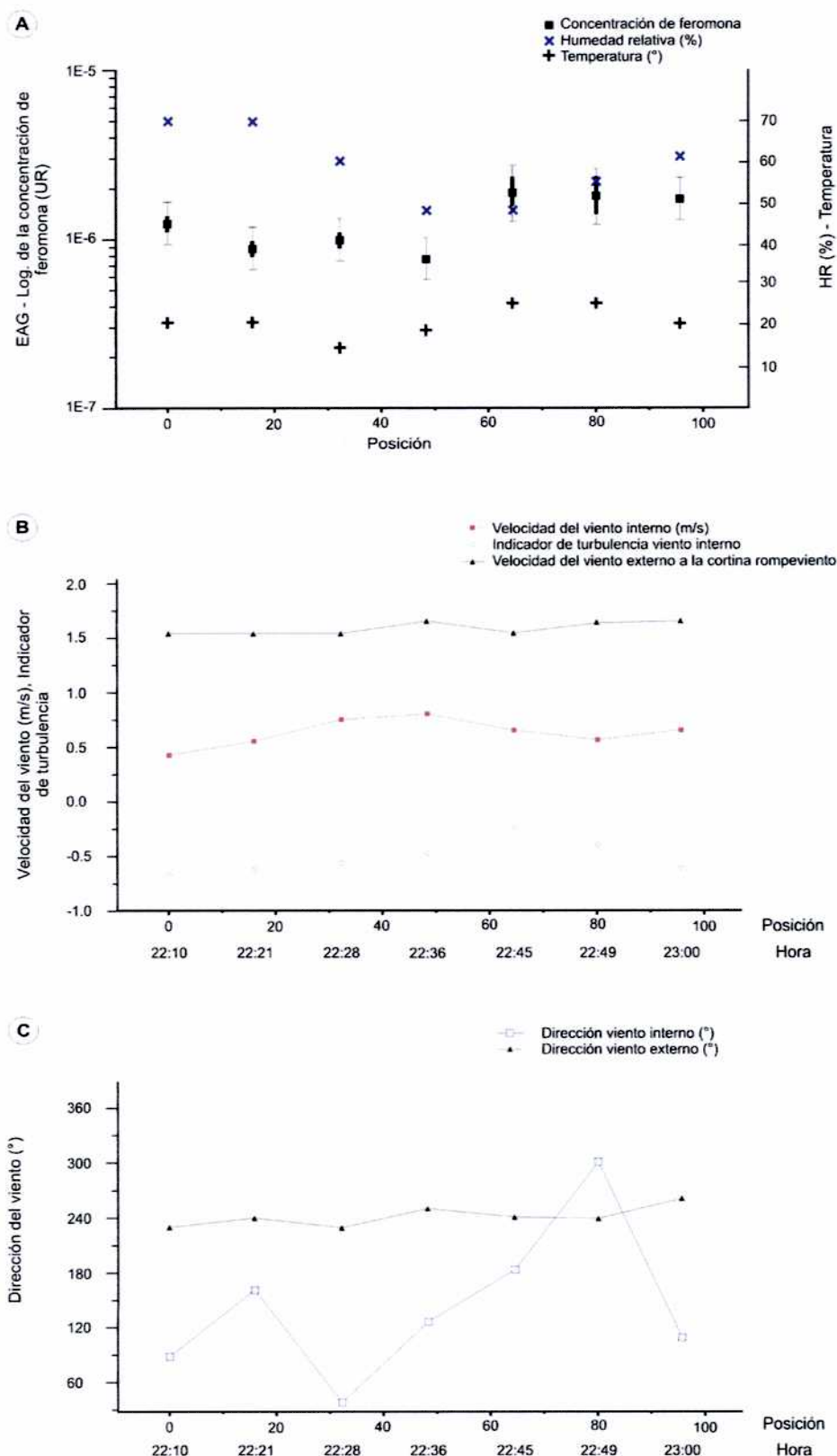


Fig 17. Transecta N° 2 iniciada a la 22:10 hs. en los montes 44 A y B de El Caldero S.A.

A: Concentración de feromona determinada mediante EAG.

B: Velocidad del viento y turbulencia

C: Dirección del viento.

La posición "0" corresponde al centro del monte 44 A, la posición "56-60" a la alameda y la "112" al centro del monte 44 B. Localidad Cnel. Belisle (Río Negro).

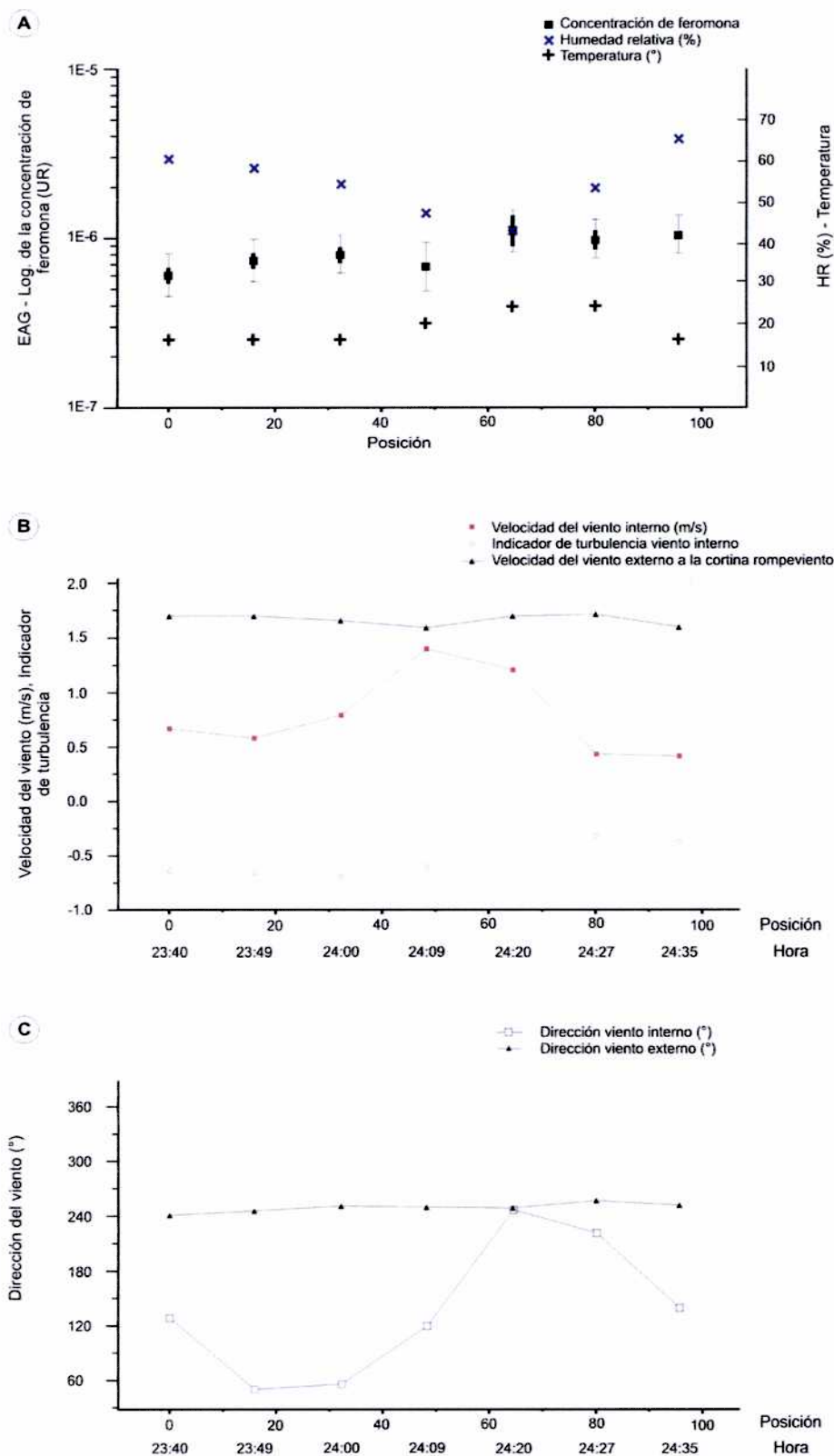


Fig 18. Transecta N° 3 iniciada a la 23:40 hs. en los montes 44 A y B de El Caldero S.A.

A: Concentración de feromona determinada mediante EAG.

B: Velocidad del viento y turbulencia

C: Dirección del viento.

La posición "0" corresponde al centro del monte 44 A, la posición "56-60" a la alameda y la "112" al centro del monte 44 B. Localidad Cnel. Belisle (Río Negro).

3.B.2.b. Situación 2.

En la Situación 2, se efectuaron mediciones en los mismos montes frutales (44A y 44B) y en las mismas posiciones descritas en la Situación 1 (Fig. 9), pero con velocidades de viento descendentes durante el período de medición.

Previo al registro de datos de la primera transecta, se efectuaron 2 evaluaciones preliminares para determinar el límite de registro de la concentración de feromona en aire. La primera a las 17:45 hs y la segunda a las 18:15 hs. En el primer caso la velocidad del viento dentro del monte frutal fue de 2,8 m/seg y no se registraron concentraciones de feromonas detectables en los montes frutales. En la segunda evaluación, la velocidad del viento disminuyó a 1,9 m/seg pero los registros de concentración de feromona presentaron una gran variabilidad (de 1 a 6 veces) entre las mediciones efectuadas en una misma posición. Estos datos concuerdan con los obtenidos por Koch (1996) que mostró que con velocidades de viento, en el interior del monte frutal, mayores que 3 m/seg no se podían detectar concentraciones de feromona por medio de EAG.

En la primera transecta, a primera hora del crepúsculo (18:55 hs.), la velocidad de viento dentro del monte frutal, varió entre 0.75 y 1 m/seg. (Fig. 19B) y la concentración de feromona entre $5,9 \times 10^{-8}$ UR y $2,1 \times 10^{-7}$ UR (Fig. 19 A).

La segunda transecta se inició a las 20:06 hs; la velocidad del viento fue de 0,57 m/seg en la posición 0 (centro del cuadro) y la concentración de feromona $2,3 \times 10^{-7}$ (Fig. 20 A). En la siguiente posición (16 m) la velocidad del viento se redujo a 0,22 m/seg. (Fig. 20 B) y se mantuvo en ese valor durante las restantes 5 mediciones. La concentración de feromona registrada en las posiciones con una velocidad de viento inferior a 0,25 m/seg (posiciones 16, 32, 48, 64, 80 y 96) fue en promedio 2 veces mayor que la registrada en la posición 0 con una velocidad de viento de 0,57 m/seg. Estos resultados demuestran la rápida recomposición de la nube de feromona en el monte frutal, a medida que la velocidad del viento disminuye.

En la tercera transecta (21:20 hs.), se registró una concentración de feromona entre $4,2$ y $8,1 \times 10^{-7}$, valor aun mayor que en la medición anterior. En este caso el viento se mantuvo en la misma velocidad que en la segunda medición y más bajo que en la primera (Fig. 21 A). Este hecho indica que a pesar de que a los 25 minutos se produjo un importante aumento de la concentración de feromona en el monte frutal, el restablecimiento de la nube de feromona continúa hasta aproximadamente 1 hora después de que la velocidad del viento disminuyó por debajo de 0,25 m/seg.

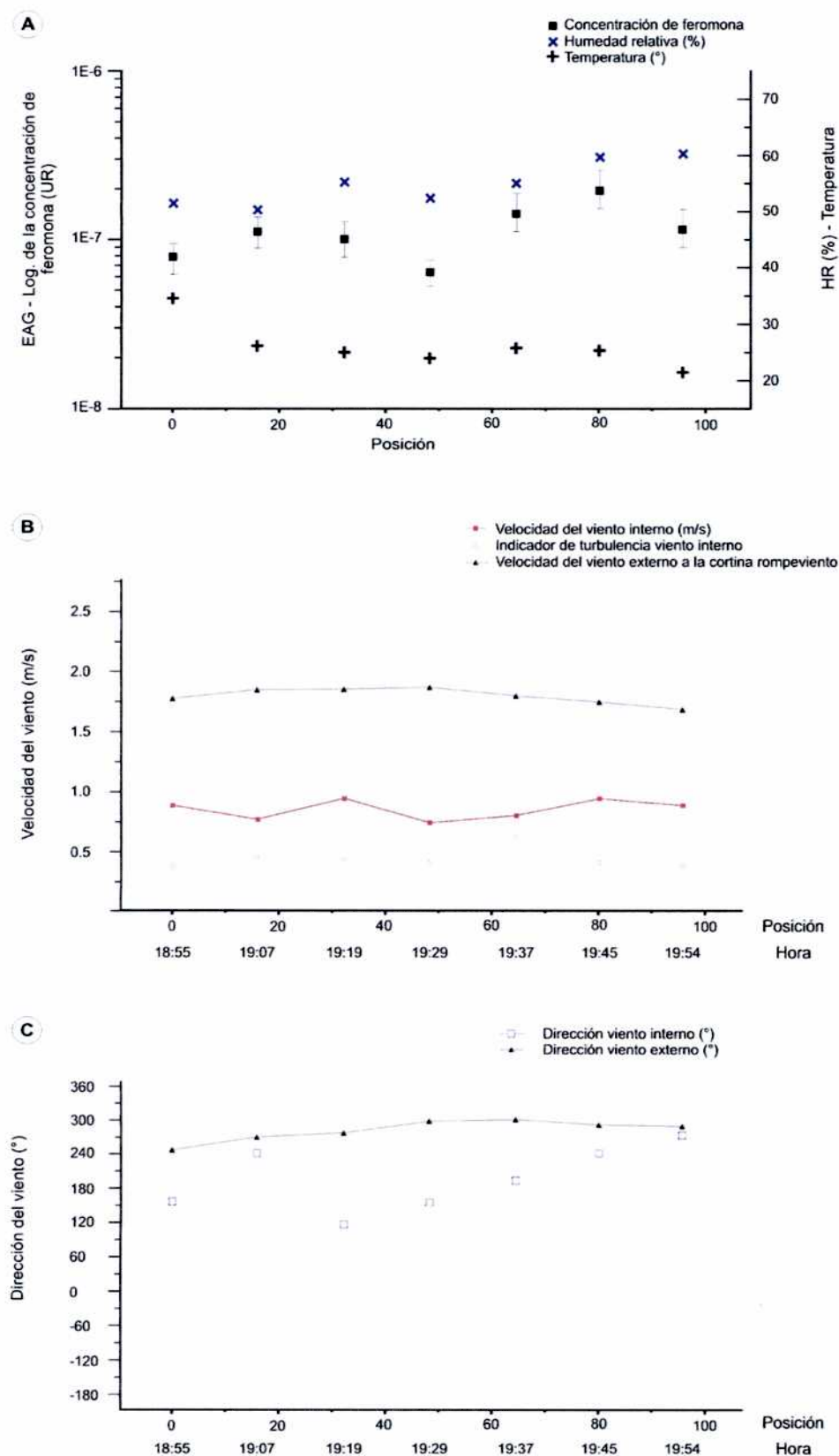


Fig. 19. Transecta N° 1 iniciada a la 18:55 hs. en los montes 44 A y B de El Caldero S.A. Localidad Cnel. Belisle (Río Negro)

A: Concentración de feromona determinada mediante EAG.

B: Velocidad del viento y turbulencia.

C: Dirección del viento.

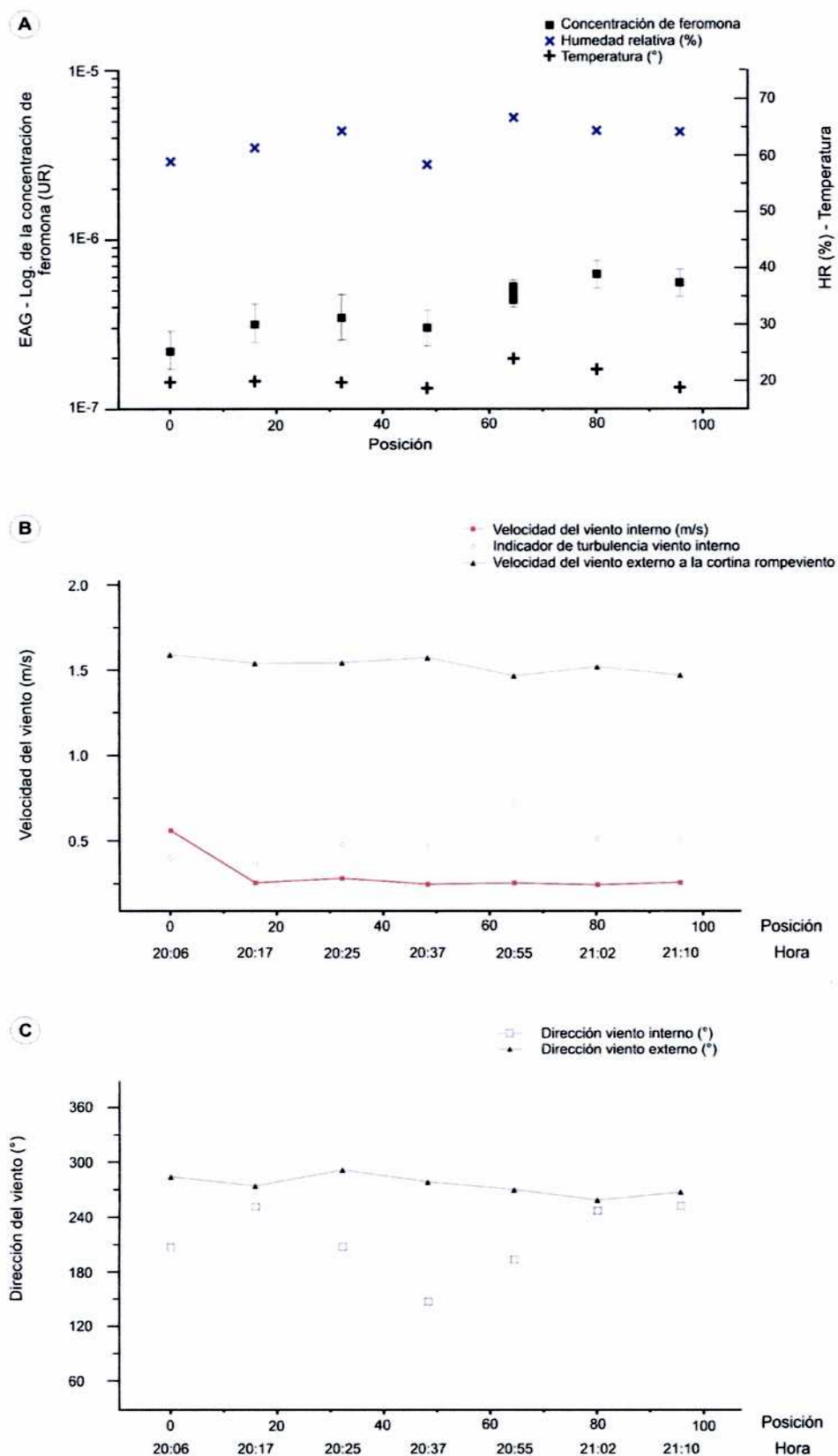


Fig. 20. Transecta N° 2 iniciada a la 20:06 hs. en los montes 44 A y B de El Caldero S.A. Localidad Cnel. Belisle (Río Negro)
 A: Concentración de feromona determinada mediante EAG.
 B: Velocidad del viento y turbulencia.
 C: Dirección del viento.

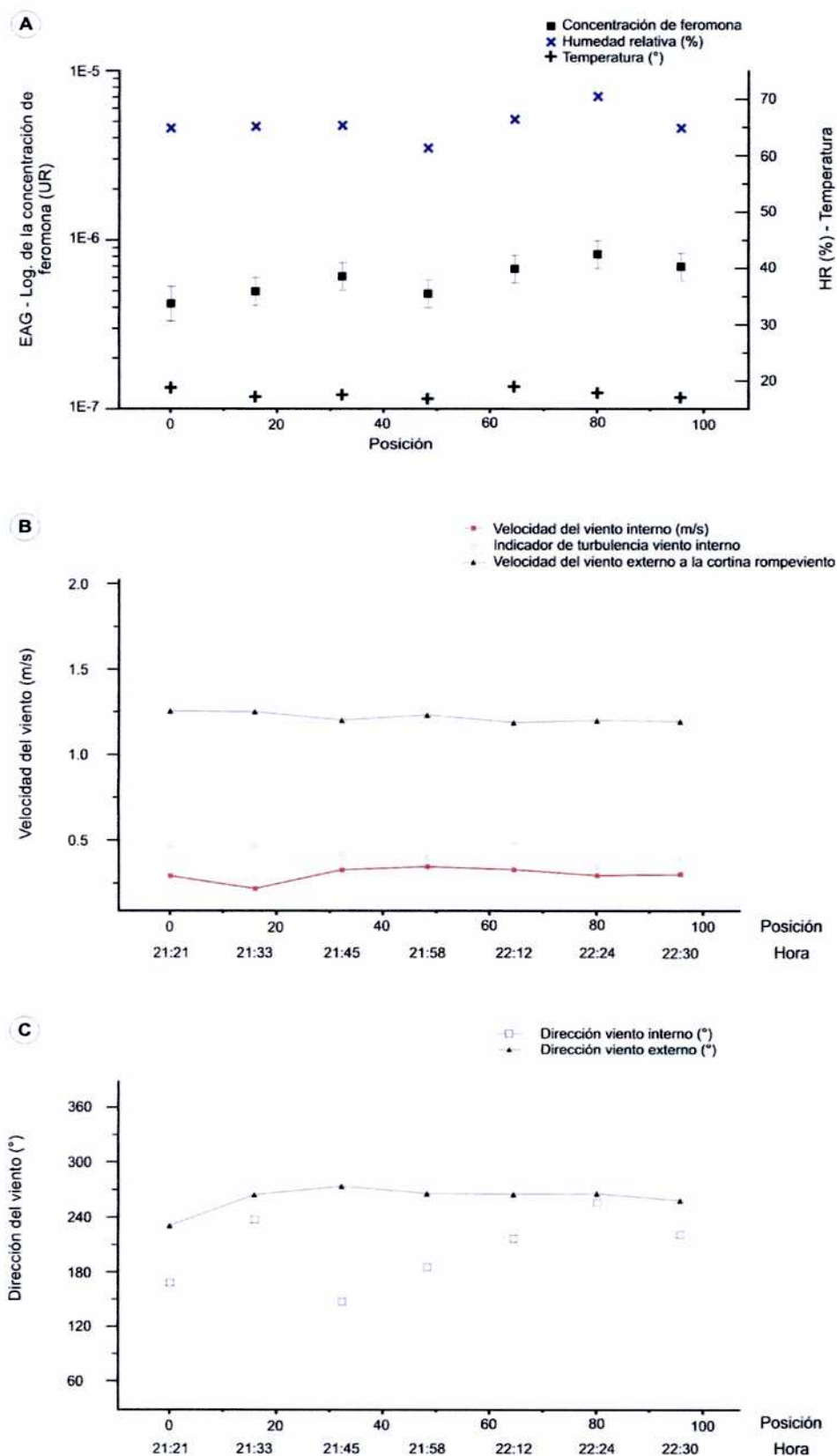


Fig. 21. Transecta N°3 iniciada a las 21:21 en los montes 44 A y B de El Caldero S.A. Localidad Cnel. Belisle (Río Negro).

A. Concentración de feromona determinada mediante EAG.

B. Velocidad del viento y turbulencia.

C. Dirección del viento

En la Fig. 22 se puede observar que cuando la velocidad del viento es inferior a 0,5 m/seg, las concentraciones de feromona son al menos dos veces mayores que las registradas con velocidades mayores a 0,5 m/seg e inferiores a 1m/seg.

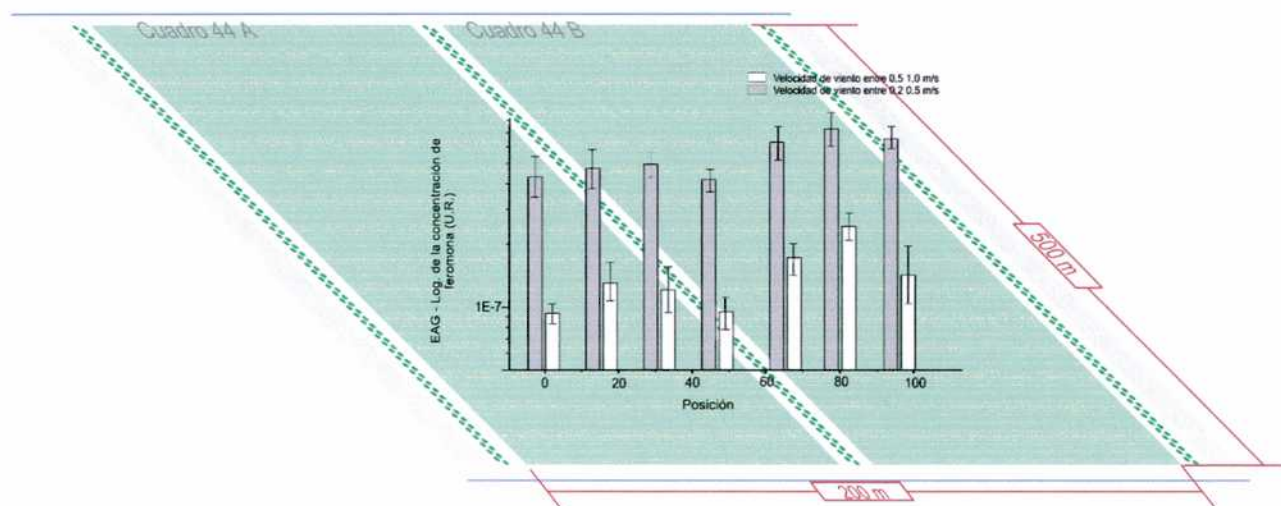


Fig. 22. Comparación de la concentración de feromona registrada en el monte frutal 44 A y B de El Caldero S.A. con dos intervalos de velocidades de viento: entre 0,5 y 1,0 m/s y entre 0,2 y 0,5 m/s. Localidad Cnel. Belisle (Río Negro).

3.B.2.c. Discusión:

Estudios efectuados en montes de manzanos sin barreras rompevientos muestran que el viento provoca una reducción drástica de la concentración de feromona en los primeros 15 m desde el perímetro del área tratada con la TCS y en dirección de los vientos predominantes (Milli et al., 1997). De nuestros resultados se desprende que debido a la influencia de los factores climáticos (especialmente la velocidad del viento) reinantes en la región norpatagónica, los montes frutales del Alto Valle del Río Negro y Neuquén, ubicados en el Oeste de las áreas tratadas con la TCS, estarán sometidos a un mayor riesgo potencial de ataque de la plaga debido a la menor concentración de feromona que en general poseen, con respecto a los montes frutales ubicados al este, en el centro de las áreas tratadas con la TCS.

Gut & Brunner (1996), determinaron que la tasa de liberación de feromona a campo por los emisores es influida secundariamente por el viento y la humedad relativa del aire (HR). Por otra parte, Barnes & Blomefield, 1997, mostraron que con valores bajos de HR, la tasa de liberación de los emisores aumenta. Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio indican, para la región del Alto Valle, la siguiente relación entre velocidad de viento, HR y concentración de feromona en el monte frutal: $>\text{velocidad de viento} < \text{HR} < \text{concentración de feromona}$ y a la inversa.

En el centro de los montes frutales, donde la velocidad de viento es mucho menor debido a la protección de la barrera rompeviento, la HR es mayor y por lo tanto la concentración de feromona en el aire aumenta.

El conocimiento de la recomposición de la nube de feromona en los montes frutales durante el crepúsculo, es de fundamental importancia en la región del Alto Valle, debido a que habitualmente durante el día la velocidad del viento supera los 1,5 km/h y en el crepúsculo disminuye (Cordon et al., 2000). Las mediciones de la concentración de feromona efectuadas en el presente estudio muestran una rápida restitución de la nube de feromona en el monte frutal cuando la velocidad del viento disminuye. La actividad de los adultos de carpocapsa, especialmente de los machos, se va reduciendo paulatinamente a partir de vientos con velocidades de 1 m/seg y con valores superiores a 4 m/seg el vuelo se interrumpe completamente (Pristavko, 1969). Por otra parte, a medida que la velocidad del viento aumenta, la feromona emitida por las hembras en proceso de llamado, no adquirirá las características (forma, distribución y concentración) necesarias de la nube o pluma para que sea reconocida por el macho (El-Sayed et al., 1999). Cuando la velocidad del viento disminuye, rápidamente se reanuda la actividad de búsqueda de las hembras por parte de los machos. Por lo tanto, el rápido restablecimiento de la nube de feromona es un factor determinante de la eficiencia de la Técnica de la Confusión Sexual.

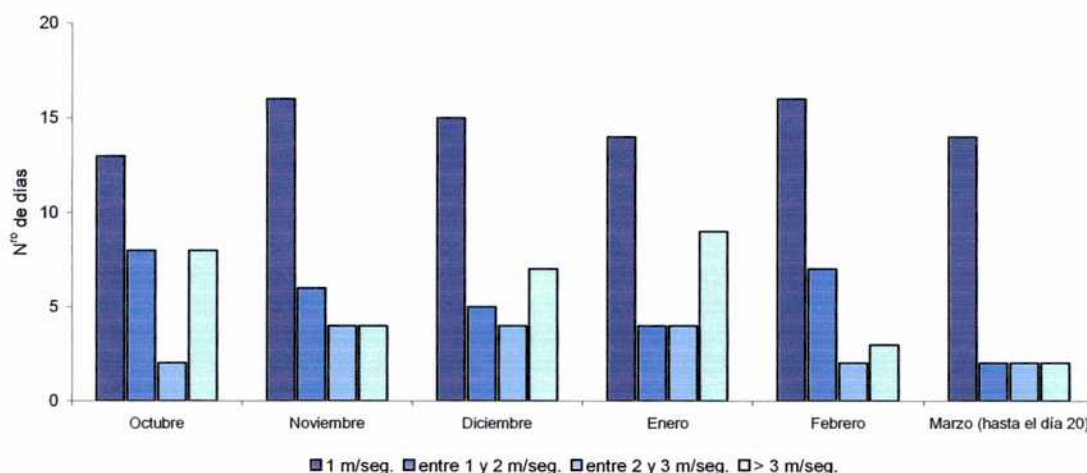


Fig. 23. Número de días con velocidad de viento: (a) inferior a 1 m/seg., (b) entre 1 y 2 m/seg, (c) entre 2 y 3 m/seg y (d) mayor de 3 m/seg; durante el período pre y pos crepúsculo (entre las 18 y 23 hs). Serie 1994 – 1998. Registros meteorológicos facultad de Ciencias Agrarias. Cinco Saltos. UNCOMA.

En la región del Alto Valle del Río Negro y Neuquén, el número de días con velocidad de viento menores que 1 m/seg, durante el período crepuscular (entre las 18:00 y las 23:00 hs) y reproductivo (ó de actividad) de carpocapsa (entre Octubre y Marzo), varía entre 13 y 16 días por mes (Fig. 23). En el presente estudio, bajo este tipo de condiciones de velocidades de viento, se registraron las más altas concentraciones de feromona. Por otra parte, se presentan a lo largo de la temporada entre 3 y 9 días/mes con velocidades de viento superiores a 3 m/seg donde los adultos de carpocapsa reducen su actividad de vuelo hasta interrumpirla completamente. Alrededor de 30% de los días restantes se registran velocidades máximas de viento entre 1 y 2,8 m/seg que determinan una inhibición del vuelo de los machos de carpocapsa (Pristavko, 1969) y una menor concentración de feromona en la atmósfera del monte frutal. Bajo dichas circunstancias suelen presentarse en el crepúsculo 2 o 3 horas con velocidad de viento inferior a

1m/seg que determinarán el rápido restablecimiento de la concentración de feromona y el buen funcionamiento de la TCS.

3.C. Evaluación de la eficacia de la Técnica de la Confusión Sexual en el control de *C. pomonella*, en ensayos de 5 años de duración.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de la eficacia de la TCS empleada en distintas tácticas de control según diferentes programas de producción, PO y PFI, en comparación con montes conducidos en forma tradicional (PC) y semi-abandonados (SA).

3.C.1. Area Producción Orgánica (Chacra 294)

Para conocer el aporte de la TCS al control de carpocapsa, se compararon los porcentajes de daños registrados luego de la implementación de las diferentes estrategias (F*V, F*V*IB y F*IB) con los obtenidos en las parcelas donde se aplicó solamente la TCS (F) (Tabla 10).

La distribución de los bloques con sus respectivas parcelas (tratamientos) se observan en el Anexo V.

Tabla 10. Porcentaje de daño promedio de carpocapsa (primera generación) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+Insecticidas botánicos (F*IB); y herramientas combinadas (F*V*IB), durante un período de 3 temporadas.

Año	% de frutos dañados	Tratamientos			
		F	F*V	F*V*IB	F*IB
1995/96	Observados (IC 95%)	4,10 (3,87-4,34)	3,13 (2,85-3,42)	0,48 (0,40-0,56)	0,25 (0,20-0,30)
1996/97	Observados (IC 95%)	1,60 (1,39-1,83)	0,88 (0,70-1,08)	0,10 (0,05-0,20)	0,08 (0,02-0,22)
1997/98	Observados (IC 95%)	1,22 (1,10-1,36)	1,10 (0,98-1,23)	0,08 (0,04-0,13)	0,05 (0,01-0,27)

En la Tabla 10 se presentan los porcentajes de daño promedio registrados en cada uno de los tratamientos al final de la primera generación de carpocapsa (mes de Diciembre) en las primeras 3 temporadas consecutivas de implementación de las diferentes estrategias de control (F, F*V, F*IB y F*V*IB). Los resultados muestran en forma general una disminución de los valores de fruta afectada con respecto a los registrados en la temporada previa (1994/95) donde el porcentaje de daño en la cosecha superaba el 25%.

El análisis estadístico de los datos mencionados (Tabla 10) muestra la falta de interacción estadística entre los efectos año y tratamiento ($Pr > \chi^2 = 0,1946$) (Tabla 11).

Sin embargo, se observan diferencias estadísticas significativas en el efecto año ($Pr > \chi^2 = 0,0368$) y en el efecto tratamiento ($Pr > \chi^2 = 0,0015$) (Tabla 11). En el contraste efectuado entre los distintos Tratamientos se observan diferencias significativas entre F-F*IB y entre F*V-F*IB (Tabla 12).

Tabla 11. Análisis de deviance para los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (primera generación) de un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 3 temporadas.

Fuente de variación	GL	Chi Cuadrado	Pr > Chi C.
Tratamiento	3	15,47	0,0015
Año	2	6,60	0,0369
Año*Tratamiento (SAS)	6	8,64	0,1946

Pr < 0,05%

Tabla 12. Contrastes entre los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (primera generación) correspondientes a un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 3 temporadas.

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr > Chi C.
F vs F*IB	1	7,85	0,0051
F vs F*V	1	5,93	0,0149
F vs F*V*IB	1	7,86	0,0051
F*IB vs F*V	1	7,65	0,0057
F*IB vs F*V*IB	1	2,27	0,1322
F*V vs F*V*IB	1	7,64	0,0057
Año 1 vs 2	1	7,93	0,0049
Año 1 vs 3	1	7,52	0,0061
Año 2 vs 3	1	0,31	0,5772

Pr < 0,05/6 = 0,00833

Los porcentajes de daño registrados en la cosecha (Tabla 13), durante las primeras 3 temporadas (1995/96, 96/97 y 97/98) muestran en general, una tendencia decreciente y similar a la observada al final de la primera generación (Tabla 10). En la Tabla 14 no se observa interacción estadísticamente significativa entre los efectos año y tratamiento ($Pr > \chi^2 = 0,1382$), mientras que se presentaron diferencias significativas entre Tratamientos ($Pr > \chi^2 = 0,0019$) y entre Años ($Pr > \chi^2 = 0,0067$).

Tabla 13. Porcentaje de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante un período de 3 temporadas.

Año	% de frutos dañados	Tratamientos			
		F	F*V	F*V*IB	F*IB
1995/96	Observados (IC 95%)	10,92 (10,12-11,79)	7,27 (5,79-9,11)	2,07 (1,69-2,55)	1,80 (1,47-2,20)
1996/97	Observados (IC 95%)	2,82 (2,42-3,29)	2,30 (1,89-2,79)	0,60 (0,49-0,73)	0,57 (0,45-0,74)
1997/98	Observados (IC 95%)	3,20 (2,96-3,46)	3,25 (2,91-3,63)	0,70 (0,52-0,94)	0,20 (0,08-0,50)

Tabla 14. Análisis de deviance para los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 3 temporadas.

Fuente de variación	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
Tratamiento	3	14,89	0,0019
Año	2	10,02	0,0067
Año*Tratamiento	6	9,69	0,1382

Pr < 0,05%

El resultado de los contrastes entre los diferentes tratamientos indica que el tratamiento F (manejado solamente con la TCS) conjuntamente con el F*V (empleo de la TCS con pulverizaciones adicionales de CpGV) presentaron una evolución estadísticamente diferente a los tratamientos F*V*IB y F*IB (Tabla 15). En el análisis conjunto de los datos, los tratamientos F*V*IB y F*IB presentaron los porcentajes de fruta dañada más bajos, provocando además, un cambio sanitario relevante en el primer año de implementación de la estrategia de control, donde los porcentajes de fruta afectada pasaron de aproximadamente 25% (temporada 1994/95) a 2,07% (F*V*IB) y 1,8% (F*IB) (temporada 1995/96) (Tabla 13).

Tabla 15. Contrastes entre los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 3 temporadas.

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
F vs F*IB	1	7,80	0,0052
F vs F*V	1	3,11	0,0779
F vs F*V*IB	1	7,77	0,0053
F*IB vs F*V	1	7,29	0,0069
F*IB vs F*V*IB	1	3,58	0,0585
F*V vs F*V*IB	1	7,14	0,0075
Año 1 vs 2	1	11,05	0,0009
Año 1 vs 3	1	10,65	0,0011
Año 2 vs 3	1	0,87	0,3507

Pr < 0,05/6= 0,00833

Los resultados del análisis del porcentaje de fruta dañada obtenidos en las primeras 3 temporadas, al final de la primera generación y en cosecha, son similares (Tabla 12 y 15). En cada uno de los tratamientos F, F*V y F*IB se siguieron las mismas pautas de control de la carpocapsa durante toda la temporada. En cambio, en el caso de F*V*IB, durante la eclosión de huevos correspondientes a la primera generación, se aplicó un insecticida botánico y las restantes dos generaciones fueron pulverizadas con el Virus de la Granulosis (CpGV). La semejanza de los resultados obtenidos en F*IB (aplicaciones continuas de insecticida botánico) y F*V*IB puntualizan la importancia de la ejecución de un adecuado control de la primera generación de larvas, para lograr en la cosecha niveles de infestación por debajo de los umbrales de daño económico. Por otra parte, este concepto se refuerza con el hecho de que el tratamiento F*V (aplicaciones de CpGV durante toda la temporada) registró al final de la primera generación y en la cosecha, porcentajes de daño más elevados que el tratamiento F*V*IB, a pesar que durante la segunda y tercera generación se aplicara la misma herramienta (CpGV) de control en ambos tratamientos.

En la temporada 1998/99 los porcentajes de daño registrados en todos los tratamientos al final de la primera generación presentaron una disminución drástica, registrándose valores inferiores al 0.1% en todos los tratamientos; mientras que en la siguiente temporada 1999/00, no efectuando ningún tipo de pulverización en ninguno de los tratamientos, el F registró un importante aumento alcanzando un 1,10% de fruta afectada (Tabla 16).

Tabla 16. Porcentaje de daño promedio de carpocapsa (primera generación) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante un período de 2 temporadas.

Año	% de frutos dañados	Tratamientos			
		F	F*V	F*V*IB	F*IB
1998/99	Observados (IC 95%)	0,07 (0,02-0,23)	0,00 (-)	0,02 (0,00-0,17)	0,00 (-)
1999/00	Observados (IC 95%)	1,10 (0,82-1,47)	0,27 (0,15-0,49)	0,00 (-)	0,05 (0,01-0,2)

El análisis de los datos efectuado, muestra la falta de interacción entre los dos efectos (año y tratamiento) y diferencias significativas entre tratamientos ($<0,0001$) (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis de deviance para los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (primera generación) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 2 temporadas.

Fuente de variación	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
Tratamiento	3	22,96	<0,0001
Año	1	0,08	0,7824
Año*Tratamiento	3	7,11	0,0686

Pr < 0,05%

El resultado de los contrastes realizados entre tratamientos indica que F se diferenciò estadísticamente del resto de los tratamientos presentando el porcentaje de frutos dañados más elevado (Tabla 18).

Tabla 18. Contrastes entre los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (primera generación) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 2 temporadas.

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
F vs F*IB	1	15,85	<0,0001
F vs F*V	1	9,05	0,0026
F vs F*V*IB	1	17,95	<0,0001
F*IB vs F*V	1	0,01	0,9424
F*IB vs F*V*IB	1	0,00	0,9756
F*V vs F*V*IB	1	0,01	0,9225

Pr < 0,05/6= 0,00833

Los porcentajes de daño obtenidos a cosecha (Tabla 19) muestran en los tratamientos F, F*V y F*V*IB valores por debajo del 0.1% en la temporada 1998/99 y un aumento de alrededor de un 1% en la siguiente temporada (1999/00).

Tabla 19. Porcentaje de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F+V), F+ Insecticidas botánicos (F+IB); estrategias combinadas (F+V+IB), durante un periodo de 2 temporadas.

Año	% de frutos dañados	Tratamientos			
		F	F*V	F*V*IB	F*IB
1998/99	Observados (IC 95%)	0,82 (0,59-1,16)	0,0 (-)	0,1 (0,04-0,27)	0,00 (-)
1999/00	Observados (IC 95%)	2,82 (2,35-3,39)	1,27 (0,97-1,67)	1,17 (0,88-1,56)	0,9 (0,65-1,24)

En la Tabla 20 se observan diferencias estadísticas en la interacción año*tratamiento e individualmente en cada uno de los efectos (año y tratamiento). Debido a que la interacción año*tratamiento resultó estadísticamente significativa, se efectuó un análisis particular en cada uno de los años (1998/99 y 1999/00) ya que un análisis conjunto podría haber arrojado resultados erróneos (Tabla 21 y Tabla 22).

Tabla 20. Análisis de *deviance* para los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F+V), F+ Insecticidas botánicos (F+IB); estrategias combinadas (F+V+IB), durante 2 temporadas.

Fuente de variación	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
Tratamiento	3	115,33	<0,0001
Año	1	199,36	<0,0001
Año*Tratamiento	3	35,16	<0,0001

Pr < 0,05%

Los análisis correspondientes a cada una de las temporadas (1998/99 y 1999/00) muestran resultados similares debido a que, a pesar de que la interacción fue significativa, los efectos principales (año y tratamiento) resultaron significativos en mayor grado (Tabla 21 y Tabla 22). El tratamiento F se diferenció estadísticamente de los otros 3 tratamientos, presentando los porcentajes de frutos dañados más elevados (0,82% durante la temporada 1998/99 y 2,82% en la correspondiente a 1999/00) (Tabla 19).

Tabla 21. Contrastes entre los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), en el año 4 (1998/99).

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
F vs F*IB	1	45,82	<0,0001
F vs F*V	1	45,82	<0,0001
F vs F*V*IB	1	26,04	0,0001
F*IB vs F*V	1	0,00	1,00
F*IB vs F*V*IB	1	5,49	0,0191
F*V vs F*V*IB	1	5,49	0,0191

Pr < 0,05/6= 0,00833

Tabla 22. Contrastes entre los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), en el año 5 (1999/00).

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
F vs F*IB	1	42,54	<0,0001
F vs F*V	1	24,52	<0,0001
F vs F*V*IB	1	28,61	<0,0001
F*IB vs F*V	1	2,63	0,10
F*IB vs F*V*IB	1	1,48	0,22
F*V vs F*V*IB	1	0,17	0,68

Pr < 0,05/6= 0,00833

Otras plagas

Durante los monitoreos de plagas efectuados en el área PO, se encontró a *C. molesta* provocando daños de magnitud similar a los producidos por *C. pomonella*. Debido a la incidencia y relevancia que grafolita alcanzó al emplearse tácticas selectivas de control de carpocapsa, se efectuó un análisis detallado de su evolución en las diferentes temporadas de estudio.

En la Tabla 23 se describe la evolución de los porcentajes de daño de grafolita en el área PO y en las diferentes temporadas evaluadas. En el análisis de las proporciones de daño registradas en la cosecha se observa que la interacción tratamiento*año (Pr>ChiC=0,1067) no resultó estadísticamente significativa es decir que no hay evidencias que avalen que los tratamientos se comportaron de manera diferente según el año. En cambio, se observaron diferencias estadísticamente significativas del porcentaje de frutos dañados entre los diferentes años, (Pr>ChiC=0,0009). Además, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos (Pr>ChiC=0,0351) (Tabla 24). El resultado de los contrastes efectuados entre los diferentes tratamientos muestra claramente dos grupos que se diferencian estadísticamente entre sí: el grupo representado por los tratamientos F-F*V y el grupo F*V*IB-F*IB. Si bien los tratamientos seleccionados eran específicos para el control de carpocapsa, los resultados del análisis efectuado indican que hubo un control de grafolita diferencial según las distintas estrategias empleadas en cada tratamiento.

En las temporadas 1996/97 y 97/98 los daños por grafolita aumentaron en forma diferencial según los tratamientos (Tabla 23). En los tratamientos F y F*V el daño se incrementó de alrededor del 1% en la temporada 96/97, a 2% en la temporada 1997/98, mientras que en los tratamientos F*V*IB y F*IB pasó de alrededor del 0,1% (temporada 96/97) a 0,7% (temporada 1997/98) (Tabla 23). El mayor control de grafolita registrado en los tratamientos F*V*IB y F*IB se debería básicamente al empleo del insecticida

botánico en la táctica de manejo de carpocapsa correspondiente a dichos tratamientos. Algunos autores (Kelderer et al., 2003), determinaron una buena acción de *Ryania speciosa* para el control de grafolita. Los resultados del presente estudio indican que para las condiciones del Alto Valle del Río Negro y Neuquén, el insecticida botánico realiza un control de grafolita, ya que los porcentajes de daño registrados en los tratamientos F*V*IB y F*IB son estadísticamente diferentes y menores que los registrados en los tratamientos donde solamente se emplea la TCS para carpocapsa (F) y CpGV (F*V). Sin embargo, estos valores no son económicamente aceptables, ya que los umbrales de daño de grafolita internacionalmente aceptados son similares a los de carpocapsa (Il'ichev, 1998; Brown & Il'ichev, 2000), o aun menores, cuando las 2 plagas se encuentran afectando al mismo cultivo.

Tabla 23. Porcentaje de daño promedio de grafolita (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante un período de 4 temporadas.

Año	% de frutos dañados	Tratamientos			
		F	F*V	F*V*IB	F*IB
1996/97	Observados (IC 95%)	0,75 (0,60-0,93)	1,02 (0,78-1,35)	0,12 (0,05-0,29)	0,10 (0,05-0,19)
1997/98	Observados (IC 95%)	2,00 (1,69-2,36)	2,22 (1,94-2,55)	0,75 (0,59-0,95)	0,77 (0,56-1,06)
1998/99	Observados (IC 95%)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,00 (-)	0,00 (-)
1999/00	Observados (IC 95%)	0,75 (0,54-1,10)	0,85 (0,61-1,19)	0,62 (0,42-0,92)	0,67 (0,46-0,98)

Tabla 24. Análisis de *deviance* para los porcentajes de daño promedio de grafolita (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 4 temporadas (1996/97 al 99/00).

Fuente de variación	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
Tratamiento	3	8,60	0,0351
Año	1	11,02	0,0009
Año*Tratamiento	3	6,10	0,1067

Pr < 0,05%

En la temporada 1998/99 se implementó con éxito la TCS para grafolita (solamente en las parcelas bajo estudio, no en la totalidad del área PO) conjuntamente con la de carpocapsa, no registrándose frutos dañados en ninguno de los tratamientos (Tabla 23), ni capturas en trampas (Fig.24). En la siguiente temporada (1999/00) no se

efectuó una nueva distribución de emisores de feromona para grafolita como tampoco se efectuaron pulverizaciones con ningún tipo de insecticida (biológico o botánico). En la Tabla 23 puede observarse el rápido restablecimiento de la plaga en las parcelas en estudio. Este hecho es difícil de interpretar si no se considera la situación sanitaria de grafolita en los montes frutales circundantes a las parcelas y que pertenecen al área PO.

Tabla 25. Contrastes entre los porcentajes de daño promedio de grafolita (cosecha) en un monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F+Virus de la granulosis (F*V), F+ Insecticidas botánicos (F*IB); estrategias combinadas (F*V*IB), durante 4 temporadas (1996/97 al 99/00).

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
F vs F*IB	1	8,50	0,0036
F vs F*V	1	1,49	0,2227
F vs F*V*IB	1	5,54	0,0018
F*IB vs F*V	1	12,05	0,0005
F*IB vs F*V*IB	1	0,15	0,7024
F*V vs F*V*IB	1	8,36	0,0038

Pr < 0,05/6= 0,00833

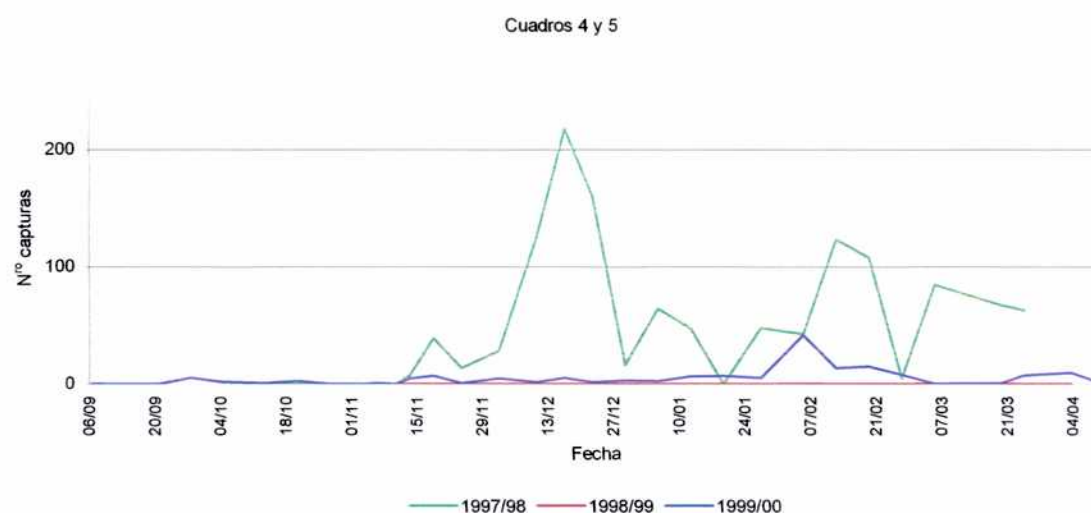


Fig. 24. Evolución de capturas de grafolita/trampa de feromona (orfamone) en los cuadros 4 y 5. Temporadas 1997/98, 1998/99 y 1999/00. Área PO, Cervantes.

En las Figs. 25 y 26 se observa la evolución de las capturas de grafolita en trampas de feromona en dichos montes frutales en las temporadas 1997/98, 98/99 y 99/00. En la temporada 1998/99 las capturas fueron altas, superando más de 100 adultos por trampa y por semana en el segundo, cuarto y quinto vuelo de la temporada. Sin embargo, esta presión circundante de la plaga no afectó la eficacia de la TCS para

grafolita (Tabla 23). En cambio, en la temporada 99/00 la falta de control específico de grafolita en todo el área PO determinó que las poblaciones se comenzaran a restablecer en las parcelas en estudio (Fig. 24) alcanzando daños similares a la temporada 1996/97.

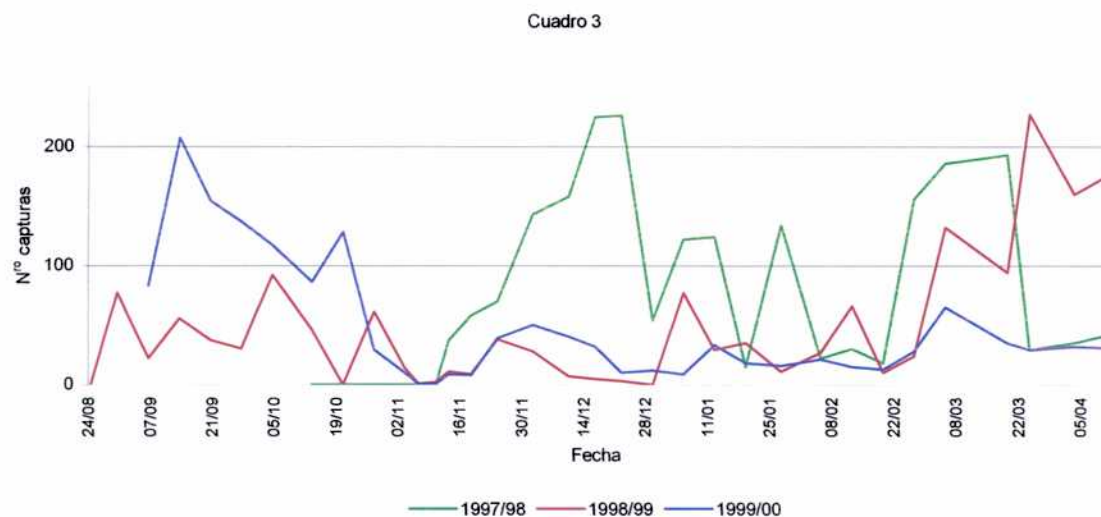


Fig. 25. Evolución de capturas de grafolita/trampa de feromona (orfamone) en el cuadro 3. Temporadas 1997/98, 1998/99 y 1999/00. Area PO, Cervantes.

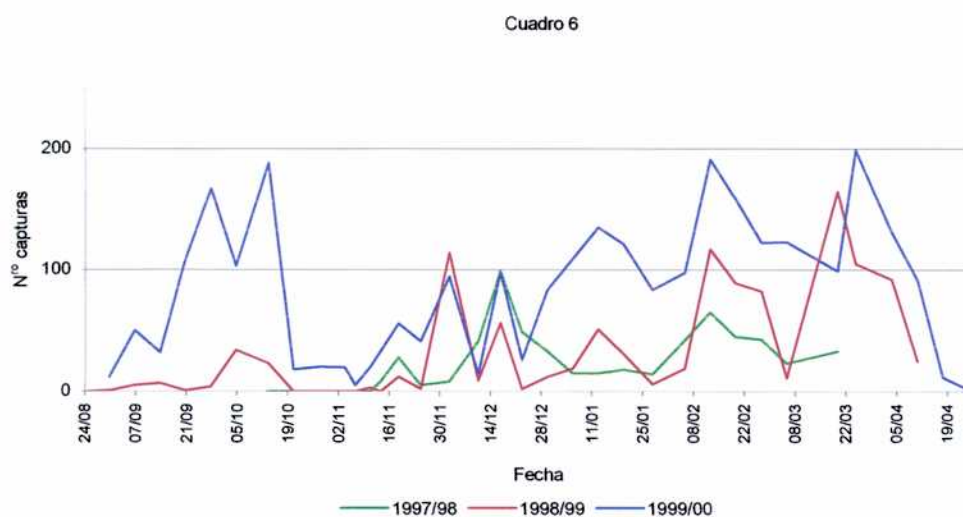


Fig. 26. Evolución de capturas de grafolita/trampa de feromona (orfamone) en el cuadro 6. Temporadas 1997/98, 1998/99 y 1999/00. Area PO, Cervantes.

3.C.1.a. Discusión:

Los resultados, obtenidos en el área de Producción Orgánica al final de la primera generación, en las temporadas 1995/96, 96/97 y 97/98, señalan que la TCS empleada como única herramienta de control o combinada con el CpGV en un programa de control a 3 años, no es suficiente para mantener una densidad poblacional de carpocapsa similar a la alcanzada en los tratamientos F*IB y F*V*IB en montes con altos niveles de infestación (porcentajes de daño en la cosecha mayores que 25%) (Tabla 10).

En el contraste efectuado entre los diferentes años (Tabla 12) se registraron diferencias estadísticas significativas entre el primer año y los dos restantes, es decir que hubo una importante caída de las proporciones de fruta dañada entre el primer y el segundo año, pero entre los dos últimos años las proporciones fueron estadísticamente similares. Estos resultados expresan el fuerte impacto inicial de las diferentes tácticas empleadas en el control de la plaga y su eficacia para mantener en el tiempo las bajas densidades poblacionales.

En un monte frutal conducido bajo cualquier tipo de programa sanitario, es importante destacar la importancia del control de la primera generación de larvas de carpocapsa en el resultado sanitario (final) en la cosecha, debido a que las condiciones climáticas durante el verano son favorables para el desarrollo de las restantes generaciones (segunda y tercera) e inadecuadas tanto para las aplicaciones de los insecticidas (biológicos, de síntesis química, botánicos o minerales) como para mantener su acción biológica en el tiempo (Cichón & Fernandez, 1993). En este contexto, la combinación de la TCS con un insecticida botánico registró valores promedio de porcentaje de fruta dañada por carpocapsa al final de la primera generación, inferiores en promedio a 0,5% en la primera temporada, e iguales o menores que 0,1 a partir de la segunda temporada. De esta manera, la táctica de control que combina el insecticida botánico con la TCS (F*IB y F*V*IB) para el control de la primera generación, resultó la más eficaz para el control de carpocapsa en el corto plazo.

Al observar la evolución de los porcentajes de daño descriptos en las Tablas 16 y 19, resulta sorprendente la disminución drástica que se produce en la cuarta temporada de implementación del ensayo (temporada 1998/99) en toda el área PO, aún en las parcelas donde se empleó como única herramienta de control a la TCS (F). Una de las razones que explicarían este hecho sería el bajo nivel de infestación de la plaga al inicio de dicha temporada. En la Fig. 27 se observa un número elevado de larvas recolectadas en fajas de cartón corrugado en los tratamientos F y F*V durante la cosecha 1997/98, que varió entre 402 y 570 larvas/ha, mientras que en los tratamientos F*V*IB y F*IB el número fue menor (entre 138 y 12 larvas/ha). Estos valores dispares de larvas diapausantes recolectadas durante la temporada 1997/98 y que determinan niveles variables de infestación según los distintos tratamientos al inicio de la temporada 1998/99, no logran explicar la reducción general de las densidades poblacionales de la plaga registrada en dicha temporada en el área PO. Sin embargo, la transmisión vertical del CpGV entre generaciones aporta un elemento de interés a la discusión. Estudios recientes han mostrado un aumento en la mortalidad y por lo tanto una disminución de la densidad de adultos en poblaciones tratadas reiteradamente (varias generaciones) con CpGV, a causa de una transmisión vertical del virus a la siguiente generación (Guillon & Bianche, 2000). El efecto depresor logrado en todos los tratamientos se basaría en la capacidad de dispersión dentro de los montes frutales de las hembras fecundadas

portadoras de partículas virales. En general se considera que las hembras de carpocapsa son sedentarias y que raramente se desplazan más de 300m desde su sitio de emergencia (Wildbolz & Mani, 1959; White et al., 1976). Esta información fue determinante al seleccionar el tamaño de las diferentes parcelas que conforman cada bloque del ensayo. Sin embargo, estudios más recientes (Knight, 1995a) mostraron que las hembras ovíparas pueden desplazarse entre 275 y 425 m. De esta manera, debido a la capacidad de traslado de hembras infectadas con el CpGV entre los diferentes tratamientos, la continuidad del mismo esquema de aplicaciones durante 3 temporadas y la posibilidad de transmisión del virus de una generación a otra, el CpGV se habría difundido en la población de carpocapsa perteneciente a los diferentes bloques del área PO. Al producirse una o un conjunto de condiciones desfavorables capaces de ocasionar un estrés en la población, se habría producido una mortandad generalizada de individuos, provocando una disminución de la densidad poblacional que se ve reflejada, tanto en el número de capturas registrado en trampas (Fig. 28) como en los porcentajes de daño observados en la cosecha.

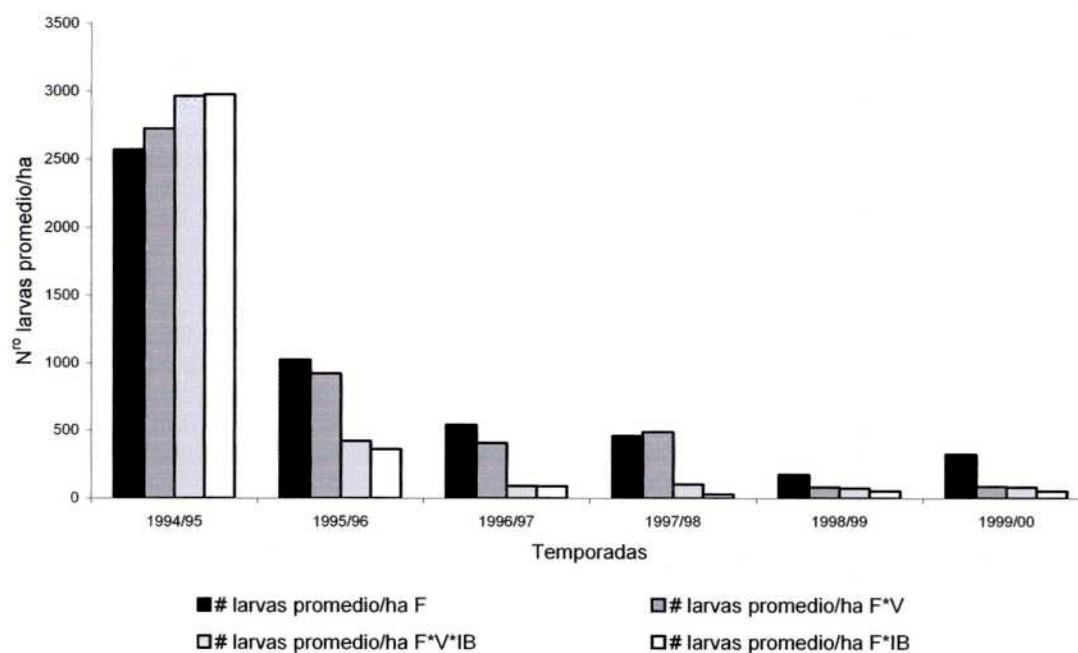


Fig. 27. Número de larvas diapausantes promedio /ha recolectadas durante 6 temporadas en monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F + Virus de la granulosis (F*V); F + Insecticida botánico (F*IB); tácticas combinadas (F*V*IB).

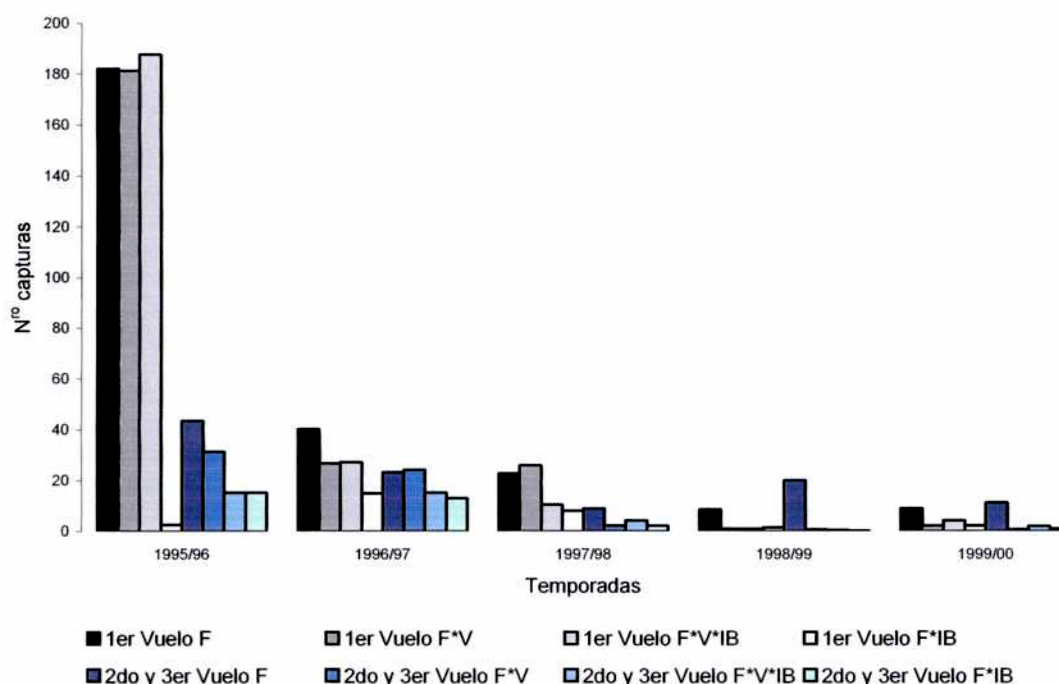


Fig. 28. Capturas de adultos de carpocapsa registradas en trampas 10X durante 5 temporadas en monte orgánico tratado con: TCS para carpocapsa (F); F + Virus de la granulosis (F*V); F + Insecticida botánico (F*IB); tácticas combinadas (F*V*IB).

Por otra parte, la baja densidad poblacional de carpocapsa registrada en la temporada 1998/99 y confirmada por el número de larvas diapausantes recolectadas al final de la cosecha, hizo posible evaluar en la temporada 99/00 el funcionamiento de la TCS como única herramienta de control. Los porcentajes de daño en la última temporada aumentaron en general, pero en diferentes proporciones según los distintos tratamientos. Los que poseían un número de larvas diapausantes menor (especialmente el F*IB) al final de la temporada 1998/99, finalizaron la cosecha 99/00 con un menor porcentaje de frutos dañados (Tabla 19 y Fig. 27). De todos modos, los valores de fruta afectada registrados en la temporada 99/00 en los tratamientos F*V*IB y F*V sobrepasan el umbral de daño económico (Tabla 19) evidenciando la importancia de disponer de la información del número de larvas diapausantes por hectárea además del porcentaje de fruta dañada en la cosecha, para decidir la táctica (tipo de insecticida y momento) a emplear como complemento de la TCS. Judd et al. (1997) determinaron para las condiciones de Canadá, que con un número de 100 larvas recolectadas por hectárea es posible implementar con éxito la TCS. Para la región del Alto Valle un promedio de 52 larvas por ha, no fue suficiente para mantener las poblaciones durante 2 temporadas continuas por debajo de 0,2% empleando la TCS como única herramienta de control (Fig. 27 – Tabla 19).

El valor de larvas diapausantes/ ha como elemento para determinar la táctica sanitaria a emplear en un área donde se emplea la TCS, también cobra relevancia cuando el monte frutal presenta variaciones en la cantidad de producción de una temporada a la siguiente. Debido a que uno de los factores que puede alterar el volumen de producción de un año al siguiente es el tipo de manejo con el que fue conducido, se puede producir un enmascaramiento de los niveles de infestación de carpocapsa y como

consecuencia, errores en la estimación del riesgo de ataque para la temporada siguiente (Knight, 1995a). Dada una misma densidad poblacional, el valor estimativo de frutos afectados será menor en un monte con máxima cosecha que en uno con baja producción. Sin embargo, el número de larvas diapausantes será similar en ambos casos. Este tipo de situación se observa claramente en las 2 últimas temporadas del ensayo (Fig. 27). En la temporada 98/99 se produjo un aumento de producción (40.000 kg/ha) con respecto a 1997/98 y 1999/00 (22.000 y 25.000 kg/ha respectivamente). El porcentaje de daño registrado en la temporada 1998/99 en los tratamientos F*V, F*IB y F*V*IB, se mantuvo por debajo de 0,1% mientras que en 99/00 ascendió hasta ubicarse alrededor de 1%. A pesar de la disparidad de dichos valores, el número de larvas diapausantes, en cada tratamiento, fue semejante en ambas temporadas (Fig. 27).

Por otra parte, la presencia de un mayor número de larvas evidenció diferencias en la eficacia de la TCS. Con un número aproximado de 174 larvas diapausantes recolectadas en el tratamiento F al final de la temporada 98/99, el porcentaje promedio de frutos dañados fue de 2,82%, mientras que con un número de larvas inferior, como en el caso del tratamiento F*IB (52 larvas), el porcentaje de daño no alcanzó 1%.

Vickers et al. (1998) concluyeron que la TCS en combinación con insecticidas, no es una alternativa viable para el control de carpocapsa en montes frutales que presentan una alta densidad poblacional de la plaga, debido a que no se logran alcanzar y mantener, a través de los años, porcentajes de frutos dañados a cosecha inferiores a 1%. Esta conclusión no concuerda con los resultados obtenidos en el presente ensayo en el área PO. Esto se debe básicamente a que Vickers et al. (1998) implementaron la TCS en montes frutales con superficies muy reducidas, entre 1,85 ha y 6,2 ha, mientras que las parcelas (repeticiones) correspondientes a cada tratamiento no fueron mayores de 0,24 ha. En el caso del área PO considerada en este trabajo, se distribuyeron emisores de feromona en una área de 30 ha, y en el ensayo se emplearon 9,2 ha distribuidas en 4 parcelas de 2,3 ha cada una. Estos datos confirman los beneficios del empleo de la TCS en grandes superficies.

Los resultados obtenidos en este ensayo muestran la factibilidad de empleo de la TCS en combinación con insecticidas biológicos y botánicos para sanear un monte orgánico con altos niveles de infestación (>20%). En el presente estudio se empleó la captura de larvas diapausantes como un método de evaluación de la densidad poblacional de carpocapsa. Sin embargo, otros autores han empleado este método como un modo cultural de control, determinando que es posible extraer entre 50 y 70% de larvas diapausantes (Judd et.al., 1997). El número de larvas diapausantes capturadas en los distintos tratamientos fue muy elevado, especialmente al inicio del ensayo y en los tratamientos F y F*V. La eliminación de dichas larvas habría sido un gran aporte para el control general de cada tratamiento, lográndose una disminución de los niveles de infestación en menor tiempo y prolongándose dicho efecto en el tiempo. Sin embargo, se deberá estudiar el impacto que provocaría la eliminación de larvas diapausantes portadoras de partículas virales (CpGV) sobre la densidad poblacional de carpocapsa, ya que esta actividad interrumpiría la transmisión vertical del CpGV y se anularía un importante beneficio de dicha herramienta de control.

Por otra parte, dados los resultados obtenidos en el presente trabajo y con el objeto de aprovechar la característica de transmisión vertical del CpGV y determinar su aporte para el control a largo plazo, se deberán efectuar estudios en montes frutales

sanitariamente saneados¹ y manejados con TCS. Los montes deberán ser tratados con CpVG, en franjas de 0,6 ha aproximadamente, ubicadas cada 250-350 m y deberán aplicarse esquemas de 3, 6 u 8 pulverizaciones en determinados momentos de la temporada. La comprobación de la eficacia de dicha táctica permitirá disponer de una herramienta que brindará a la TCS la posibilidad de un empleo con menor riesgo de selección de poblaciones resistentes y el mantenimiento de su eficacia de control en el largo plazo.

Los resultados obtenidos en las parcelas pertenecientes al área PO permiten aseverar que para la región del Alto Valle, luego de 3 temporadas de implementación de la TCS, sola o conjuntamente con otras herramientas selectivas para el control de carpocapsa, se produjo un incremento de las poblaciones de grafolita, tortricido que provoca daños similares tanto en apariencia como en otras características negativas para la comercialización de frutas frescas de pepita.

La presencia de grafolita afectando la producción de manzanas y peras también se está observando en otras zonas productoras, especialmente del continente europeo (Civolani et al., 1998; Natale et al., 1999, 2003).

3.C.2. Área PFI vs. PC y SA

Los programas sanitarios de PFI contemplan el empleo racional de insecticidas de síntesis química. En el área PFI, se empleó básicamente el insecticida *metil azinfos* para efectuar las aplicaciones complementarias a la TCS. Se utilizaron diferentes tácticas (tratamientos) de control (número de pulverizaciones y momento de aplicación). En la Tabla 26 se detallan los porcentajes de daño registrados a cosecha en cada tratamiento y en las primeras 3 temporadas de desarrollo del estudio. En el análisis de los datos del área PFI, no se incluyó la información correspondiente a la primera generación debido a que no se registraron frutos dañados en ninguno de los tratamientos y en ninguna de las temporadas.

Tabla 26. Porcentaje de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte PFI tratado con: TCS para carpocapsa +4+3 pulverizaciones para el control de la primera y segunda/tercera generación respectivamente (1), TCS+4 pulverizaciones para controlar primera generación (2) y TCS+3 +1 pulverización para controlar la primera y segunda generación respectivamente (3), durante un período de 3 temporadas.

Año	% de frutos dañados	Tratamiento		
		1	2	3
1995/96	Observados (IC 95%)	0,32 (0,18-0,58)	0,97 (0,87-1,08)	1,10 (0,93-1,30)
1996/97	Observados (IC 95%)	0,07 (0,02-0,22)	0,22 (0,14-0,36)	0,25 (0,16-0,39)
1997/98	Observados (IC 95%)	0,05 (0,01-0,13)	0,10 (0,05-0,20)	0,10 (0,05-0,20)

¹ Área sanitariamente saneada: aquella que sustenta una densidad poblacional de carpocapsa tal que el porcentaje de frutos dañados resulte inferior a 0,2% y que, con un nivel de muestreo de 1.000 frutos/ ha presente 90% de su superficie libre de frutos afectados por esta plaga.

El análisis conjunto de los datos obtenidos en la cosecha, luego de repetir durante 3 temporadas consecutivas las mismas estrategias de control en las mismas parcelas, demostró una falta de interacción año*tratamiento ($Pr > ChiC = 0,9710$) y diferencias estadísticas significativas en los dos efectos, Año ($Pr > ChiC = 0,0245$) y Tratamiento ($Pr > ChiC = 0,0278$) (Tabla 27).

Tabla 27. Análisis de *deviance* para los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (correspondiente al período de cosecha) en un monte PFI tratado con: TCS+4+3 pulverizaciones para el control de la primera y segunda/tercera generación respectivamente (1), TCS+4 pulverizaciones para controlar primera generación (2) y TCS+3+1 pulverizaciones para controlar la primera y segunda generación respectivamente (3), durante un período de 3 temporadas (1995/96, 96/97 y 97/98).

Fuente de variación	GL	Chi Cuadrado	Pr>ChiC
Tratamiento	2	7,16	0,0278
Año	2	7,42	0,0245
Año*Tratamiento	4	0,53	0,9710

Pr < 0,05

El resultado del contraste efectuado entre los diferentes tratamientos señaló una clara diferenciación estadística entre el tratamiento 1 (TCS+4+3 pulverizaciones) y el 3 (TCS+3+1 pulverizaciones), mientras que el tratamiento 2 (TCS+4 pulverizaciones) ocupó una posición intermedia con los tratamientos 1 y 3 (Tabla 28).

Tabla 28. Contrastes efectuados entre los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte PFI tratado con: TCS+4+3 pulverizaciones para el control de la primera y segunda/tercera generación respectivamente (1), TCS+4 pulverizaciones para controlar primera generación (2) y TCS+3+1 pulverizaciones para controlar la primera y segunda generación, respectivamente (3), durante un período de 3 temporadas (1995/96, 96/97 y 97/98).

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
Trat. 1 vs 2	1	5,98	0,0145
Trat. 1 vs 3	1	3,96	0,0466
Trat. 2 vs 3	1	0,12	0,7310
Año 1 vs 2	1	6,37	0,0116
Año 1 vs 3	1	6,79	0,0091
Año 2 vs 3	1	1,93	0,1645

Pr < 0,05/3 = 0,016

Los porcentajes de daño registrados en las parcelas donde se efectuó una fuerte presión de insecticidas conjuntamente con la TCS (tratamiento 1), presentaron valores por debajo de 0,5% a partir de la primera temporada de implementación de la estrategia, logrando alcanzar al tercer año valores inferiores a 0,1% (Tabla 26). En los tratamientos

2 y 3, donde se efectuó un número menor de aplicaciones de insecticidas (4 en total), fueron necesarias 3 temporadas de empleo de dicha táctica para alcanzar, en cosecha, porcentajes de daño por debajo de 0.2%. Si bien los resultados de ambos tratamientos no mostraron diferencias significativas, la eficacia registrada al aplicar 4 pulverizaciones durante el período de nacimiento de larvas de la primera generación (tratamiento 2) fue levemente superior a la aplicación de 3 pulverizaciones para controlar la primera generación y una para controlar la segunda (tratamiento 3) (Tabla 26).

Con respecto al efecto año, la primera temporada (año 1) difirió estadísticamente de las otras dos temporadas (años 2 y 3) (Tabla 28), presentando el mayor porcentaje de daño. A pesar de ello, el año 1 presentó una reducción de los niveles de infestación muy importantes con respecto a los porcentajes de daño registrados en la cosecha previa (1994/95), antes de la ejecución del ensayo, donde dichos valores fueron superiores a 25%. Posteriormente, no se registró una declinación importante, estadísticamente significativa, entre las 2 últimas temporadas, en los porcentajes de fruta dañada (Tabla 26).

Al tercer año de implementación del presente ensayo y ante un nivel de infestación en los 3 bloques, menor que 0.2% de frutos dañados, se efectuó una nueva disminución del número de aplicaciones. De esta manera se compararon 3 nuevas tácticas de control: en dos de ellas se efectuaron 2 pulverizaciones de insecticidas pero en diferentes momentos (TCS+2 pulverizaciones en la primera generación y TCS+1+1 pulverizaciones en la primera y segunda generación respectivamente) y en la tercera no se efectuaron pulverizaciones adicionales con insecticidas, es decir que la única herramienta de control de carpocapsa fue la TCS.

Las proporciones de frutos dañados registrados en cada uno de los tratamientos se observa en la Tabla 29.

Tabla 29. Porcentaje de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte PFI tratado con: TCS para carpocapsa+2 pulverizaciones para el control de la primera generación (1), TCS+1+1 pulverizaciones para controlar la primera y la segunda generación respectivamente (2) y TCS solamente (3), durante un período de 2 temporadas (1998/99 y 1999/00).

Año	% de frutos dañados	Tratamiento		
		1	2	3
1998/99	Observados (IC 95%)	0,025 (0,00-0,18)	0,025 (0,00-0,18)	0,125 (0,05-0,30)
1999/00	Observados (IC 95%)	0,125 (0,05-0,30)	0,10 (0,04-0,27)	0,225 (0,12-0,43)

En el análisis de los porcentajes de daño registrado, resultó no significativa la interacción año*tratamiento, mientras que se registraron diferencias significativas entre los tratamientos y entre los 2 años en estudio (Tabla 30).

Tabla 30. Análisis de *deviance* para los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (correspondiente al período de cosecha) en un monte PFI tratado con: TCS para carpocapsa+2 pulverizaciones para el control de la primera generación (1), TCS+1+1 pulverizaciones para controlar primera y la segunda generación respectivamente (2) y TCS solamente (3), durante un período de 2 temporadas (1998/99 y 99/00).

Fuente de variación	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C
Tratamiento	2	6,38	0,0412
Año	1	5,88	0,0153
Año*Tratamiento	2	0,98	0,6118

Pr < 0,05

En el contraste de los 3 tratamientos se observaron diferencias significativas entre el grupo de tratamientos 1 y 2 vs. el 3 donde sólo se empleó la TCS (Tabla 31).

Tabla 31. Contrastes entre los porcentajes de daño promedio de carpocapsa (cosecha) en un monte PFI tratado con: TCS para carpocapsa+2 pulverizaciones para el control de la primera generación (1), TCS+1+1 pulverizaciones para controlar primera y la segunda generación respectivamente (2) y TCS solamente (3), durante un período de 2 temporadas (1998/99 y 99/00).

Contrastes	GL	Chi Cuadrado	Pr>Chi C.
Trat. 1 vs 2	1	0,02	0,8865
Trat. 1 vs 3	1	4,07	0,0437
Trat. 2 vs 3	1	4,83	0,0280

Pr < 0,05/3= 0,016

Si bien el porcentaje de daño en el tratamiento 3 se ubicó por debajo de 0,5%, valor que en la actualidad pocos montes comerciales presentan, este porcentaje fue aumentando gradualmente de 0,12 a 0,22%; mientras, en los tratamientos 1 y 2, donde se efectuaron 2 pulverizaciones con insecticidas, los valores promedio de porcentajes de daño se situaron por debajo de 0,2%.

Otro aspecto a considerar es la reducción del número de emisores (a 50%) durante la segunda y tercera generación de carpocapsa. Este tipo de táctica fue aplicada en las 2 últimas temporadas. Sin embargo, dadas las características de funcionamiento de la TCS y el riesgo de interacción o influencia entre tratamientos, no fue posible compararla en la misma área, con otro bloque donde se empleara la dosis completa de emisores. Este tipo de reducciones de dosis se está comenzando a emplear en ciertas regiones de EE.UU., aunque dicha táctica es acompañada por un aumento del número de aplicaciones de insecticidas de síntesis (Thomson et al., 2001). Por lo tanto, se deberán diagramar nuevos ensayos para determinar el efecto que produce la reducción de emisores en áreas sanitariamente saneadas sobre las variaciones de las densidades

poblacionales de carpocapsa en el largo plazo, y la factibilidad de aplicar esta reducción, dada la necesidad de complementar el tratamiento con pulverizaciones adicionales de insecticidas para el control conjunto de carpocapsa y de plagas secundarias.

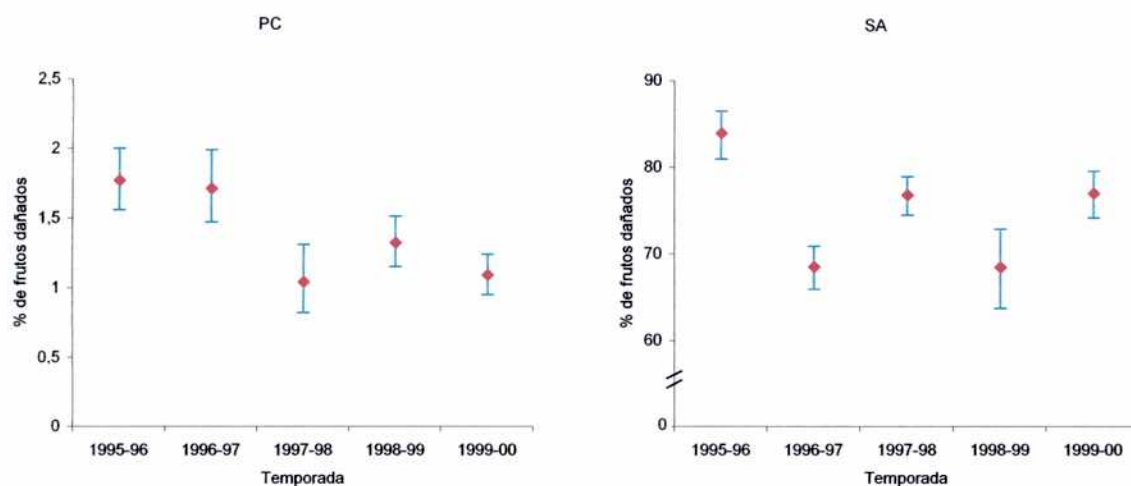


Fig. 29. Porcentaje de daño promedio de carpocapsa y su Intervalo de confianza 95% registrado en un monte comercial (PC) pulverizado con un promedio de 9 aplicaciones de insecticidas órgano-fosforados vs. los registrados en un monte sin pulverizar (SA) durante un período de 5 temporadas.

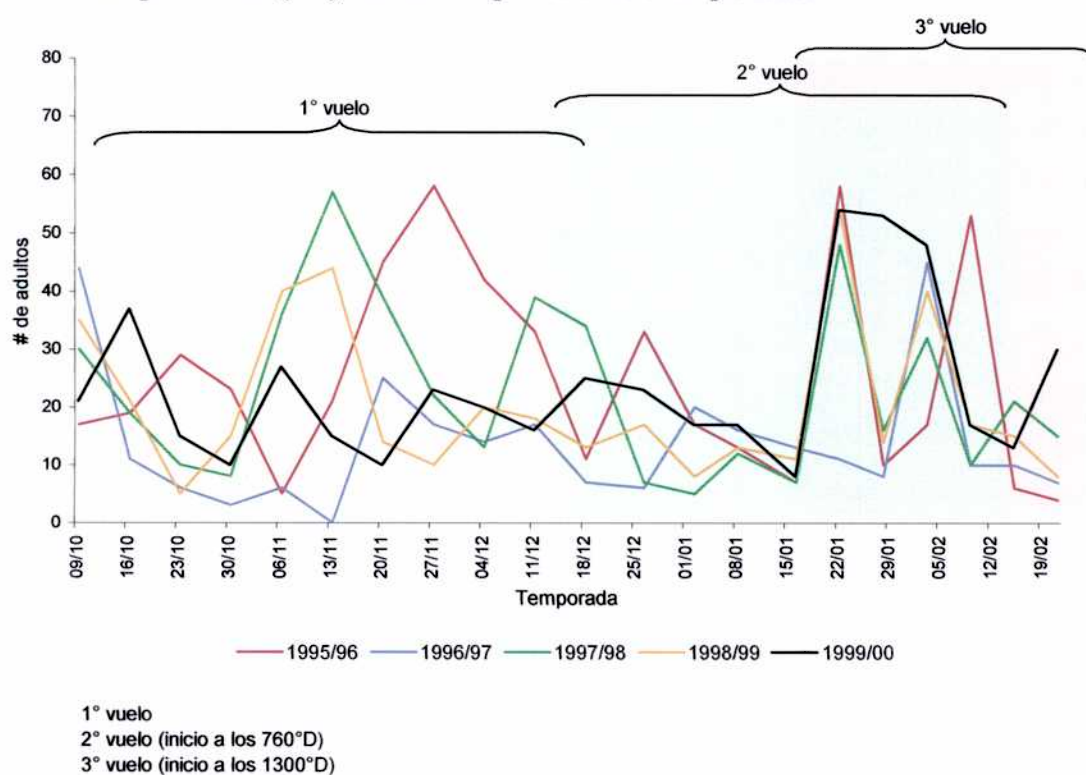


Fig. 30. Evolución de las capturas de carpocapsa registradas en trampas cebadas con 1 mg de codlemone en un monte donde no se efectuaron aplicaciones para su control (SA). Temporada 1995/96, 96/97, 97/98, 98/99 y 99/00.

En el monte conducido bajo un programa PC no fue posible registrar a lo largo de las 5 temporadas, valores de porcentajes de daño inferiores a 0,5% a pesar del elevado número de aplicaciones de insecticidas órgano-fosforados (9 aplicaciones en promedio) (Fig. 29)

La fuerte presión de ataque de la plaga que se registra en la región del Alto Valle de R. Negro y Neuquén, se ve reflejada en el elevado número de capturas (Fig. 30) y porcentajes de daño (Fig. 29) registrados en el área SA, donde no se realizó ninguna tarea de control.

Otras plagas

En la evaluación de frutos efectuada para determinar el porcentaje de daño de carpocapsa presente en las parcelas en estudio, fue posible detectar la presencia y medir la densidad de otro tortricido, un enrollador de hoja: *Argyrotaenia pomililiana* Trematerra (Cichón et al., 2004).

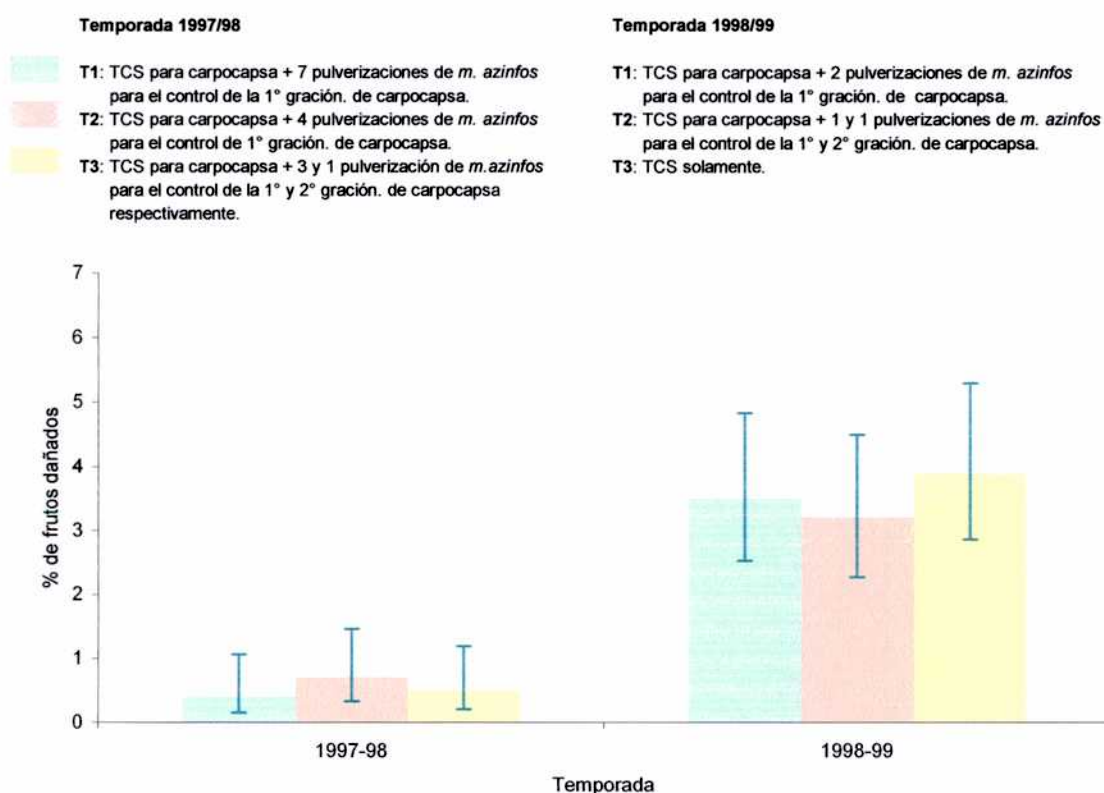
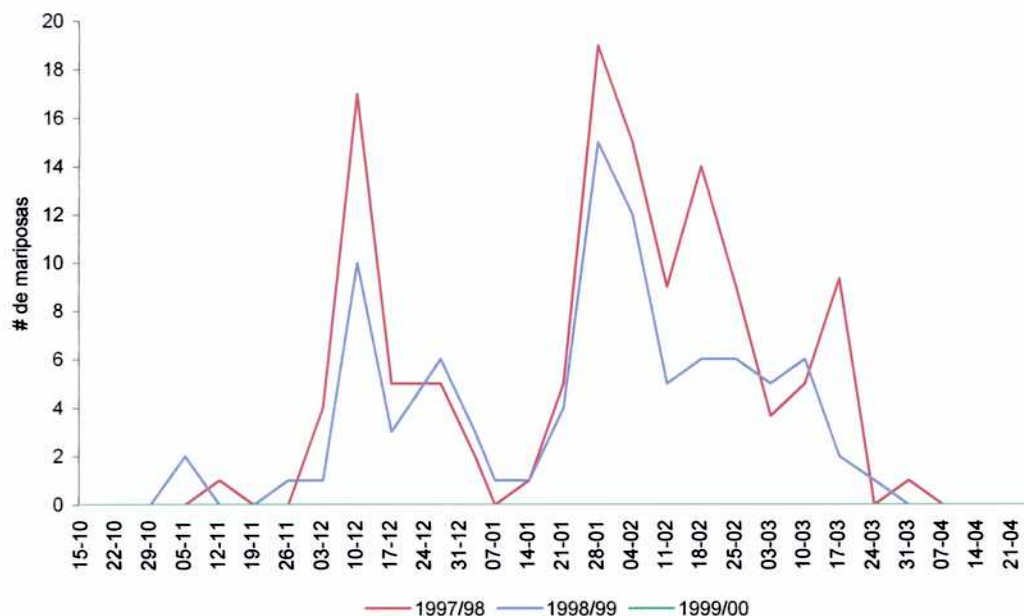


Fig. 31. Porcentaje de frutos dañados por *Argyrotaenia pomililiana* en un monte PFI tratado con TCS para carpocapsa mas un número variable de aplicaciones de *metil azinfos* para el control de la primera y segunda generación de carpocapsa según la táctica de control desarrollada en las temporadas 1997/98 y 1998/99.

En la Fig. 31 se observa la evolución de los porcentajes de frutos dañados durante las temporadas 1997/98 y 98/99, en los diferentes tratamientos. En el análisis de los datos no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos, indicando que las pulverizaciones efectuadas con el insecticida *metil*

azinfos no controlaron dicha especie plaga. La selectividad de la TCS sumada a la reducida eficacia del insecticida empleado para esta plaga, fueron 2 elementos determinantes para el establecimiento y evolución de *A. pomililiana* en el monte frutal PFI.

Fig. 32. Evolución de las capturas de adultos de *Argyrotaenia pomililiana* en trampas



de feromona, en un área conducida con un programa sanitario PFI.
Temporadas 1997/98, 1998/99 y 1999/00.

3.C.2.a. Discusión:

La interacción entre densidad poblacional y eficacia fue identificada como el mayor impedimento para el empleo de la TCS (Cardé & Minks, 1995), a pesar de algunas excepciones como el caso de la polilla del tomate *Keiferia lycopersicella* Walsingham, donde la TCS funciona con altas densidades poblacionales de la plaga (Trumble & Alvarado-Rodríguez, 1993). Por esa razón, las diferentes tácticas de control de carpocapsa (tratamientos) contempladas en el presente estudio, incluían el empleo conjunto de la TCS con insecticidas de síntesis química para sanear el área PFI. Sin embargo, Vickers et al. (1998) concluyeron que el empleo de la TCS en conjunción con 3 aplicaciones de *metil azinfos* o de *fenoxycarb* para el control de la primera generación de larvas de carpocapsa en pequeñas áreas, no eran suficientes para bajar las densidades poblacionales de la plaga ni para obtener niveles comerciales de porcentajes de daño. En cambio, los resultados obtenidos en este estudio indican que la TCS empleada en grandes áreas (mayores de 30 ha) y en conjunción con insecticidas de probada eficacia (*metil azinfos*), produjo la reducción de las densidades poblacionales de carpocapsa en un lapso de tiempo variable según el número de aplicaciones de insecticidas empleadas. Una mayor presión de control con insecticidas, ocasionó una disminución más drástica de las poblaciones de carpocapsa.

Sin embargo, los datos registrados en un monte comercial (PC), de estructura productiva similar a los de PFI, donde se efectuaron los tratamientos que habitualmente emplean los productores de la región, nunca alcanzó valores promedio de porcentajes de daño por debajo de 0,2% (Fig. 29). Estos resultados expresan la dificultad que se presenta en la región para cumplir con las actuales exigencias cuarentenarias y

comerciales de los mercados, empleando solamente insecticidas de síntesis química. Las características agroecológicas del Alto Valle del Río Negro y Neuquén permiten el desarrollo de 3 generaciones completas de carpocapsa (Oscos, 1960; Cichón & Fernández, 1993b) provocando una situación de riesgo constante en los montes frutales (Fig. 30). Este hecho queda claramente ejemplificado en la Fig. 29 donde a lo largo de 5 temporadas los porcentajes de daño siempre superaron 68% de fruta afectada.

La disminución de las densidades poblacionales de carpocapsa por medio del empleo conjunto de la TCS y de 7 aplicaciones de insecticidas de probada eficacia de control, durante un período de 2 o 3 años (Tabla 22) determinará en el largo plazo, una reducción de las cantidades de insecticida por unidad de superficie a emplear. En la actualidad muchos países han limitado el empleo de *metil azinfos*, principal insecticida empleado en la región del Alto Valle del Río Negro y Neuquén. En EE.UU. por ejemplo, no está permitido aplicar más de 4 kg de ingrediente activo (i.a.) por hectárea y por año o temporada (WSU Cooperative Extension, 2002). En la región del Alto Valle del Río Negro y Neuquén, erogando 3500 l/ha y a una dosis de 35 g de i.a./hl de *metil azinfos*, se pulverizan 1,22 kg de i.a./ha por aplicación (Magdalena & Di Prinzio, 1993). En general en un monte convencional se efectúan alrededor de 11 pulverizaciones, es decir que en la Argentina se aplica aproximadamente 13,42 kg i.a./ha/temporada en los montes de manzanos.

Los resultados obtenidos en este ensayo permiten aseverar que luego de efectuar el saneamiento de un monte frutal y con el empleo de la TCS, el número de aplicaciones de insecticidas para el control de carpocapsa se puede reducir en hasta 86 a 90% manteniendo los niveles de infestación por debajo de 0,2% de frutos dañados.

Al tercer año de la implementación de la TCS en montes conducidos bajo un programa PFI (Temporada 97/98) (Fig. 30), se detectó la presencia del tortricido enrulador de hoja *Argyrotaenia pomililiana*. A pesar de que la proporción de frutos afectados por dicho enrulador igualó y superó el umbral económico de daño permitido para carpocapsa (Fig. 30), el control de esta plaga es de fácil resolución, ya que una sola pulverización de un insecticida selectivo (regulador de crecimiento de los insectos o biológico) (INTA, 2001 a, b) durante la primera generación de larvas (Fig. 31), provoca la disminución de las densidades poblacionales a valores no detectables en los muestreos de frutos. Por esa razón, en la temporada 1999/00 no se registraron ni capturas ni frutos afectados. Por lo tanto, si bien el uso de una herramienta altamente selectiva para el control de carpocapsa como la TCS favoreció el establecimiento de *A. pomililiana*, los beneficios de esta tecnología superan dicho aspecto negativo, especialmente si para su control se emplean insecticidas de baja toxicidad y que efectúe un adecuado control de las 2 plagas, carpocapsa y enruladores, al mismo tiempo.

En el área PFI no se registró la presencia de grafolita durante las 5 temporadas del estudio, debido a que los insecticidas de síntesis química empleados para las aplicaciones complementarias a la TCS para carpocapsa, tienen una buena eficacia de control sobre grafolita (INTA, 2001c).

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten extraer las siguientes conclusiones:

Las elevadas exigencias cosméticas del mercado consumidor de frutos frescos de manzanos y perales obligan a efectuar controles adecuados de la **plaga clave *Cydia pomonella* (carpocapsa)** en el área frutícola del **Alto Valle del Río Negro y Neuquén**.

Debido a las dificultades que presenta la detección oportuna de carpocapsa, especialmente en montes de manzanos tratados con la TCS, es conveniente efectuar **monitoreos** a través de muestreos complementarios que contemplen distintos estados fenológicos de la plaga (adultos, con trampas cebadas + larvas, con recuento de frutos dañados en planta).

Se determinó por medio del **método de captura con trampa** que, para las condiciones ambientales de la región del Alto Valle, en montes con densidades de población de la plaga bajas (porcentajes de daño en la cosecha anterior: inferior a 0,5%), pero que representan un serio riesgo de daño para la producción, las trampas con cebos de 10 mg de codlemone son una herramienta de monitoreo más confiable que las cebadas con cebos de 1 mg.

En el presente trabajo se propuso, como innovación para la variedad Red Delicious, complementar el muestreo de adultos en trampas, con el **muestreo de frutos caídos dañados por larvas**. La ventaja del muestreo de frutos caídos en vez del habitual muestreo de frutos dañados en planta, consiste en la mayor facilidad del monitoreo de los montes frutales, sobre todo cuando los árboles alcanzan alturas por encima de los 2 m. Se estimó que, cuando el número de frutos dañados y caídos es igual o inferior a 20 por ha, el porcentaje de frutos dañados en planta es menor o igual a 1%, lo que no sobrepasa el umbral de daño económico aceptable para la región.

Para evaluar cuali y cuantitativamente los **factores que influyen sobre la eficacia de la aplicación de la TCS**:

1. Se comparó con EAGs dos **tipos de emisores de feromona** para carpocapsa, Check Mate WS[®] e Isomate C Plus[®] (1,51 y $3,51 \times 10^{-6}$ UR). Se determinó una menor respuesta a los compuestos presentes en la atmósfera de los montes tratados con el primer tipo de emisor. La menor respuesta de los machos al único componente (codlemone) emitido por el emisor Check Mate WS mantendría los receptores feromonales de las antenas de los machos en condiciones de percibir con mayor facilidad el estímulo proveniente del atrayente contenido en el cebo de las trampas. Esto explicaría el mayor número de capturas obtenidos con dicho emisor. Sin embargo, se deberán efectuar estudios específicos para conocer con precisión si la menor respuesta de los machos se debe a la composición feromonal de los 2 emisores estudiados (Check Mate WS[®]: codlemone vs. Isomate CPlus[®]: codlemone + dodecanol + tetradecanol) o a diferencias en la tasa de emisión como consecuencia de los distintos materiales (Check Mate WS[®]: membrana vs. Isomate CPlus[®]: tubo de polietileno) con los que éstos están fabricados.

2. Se determinó el **efecto de las barreras rompevientos** sobre la distribución y concentración de la feromona en los montes frutales.
- **Velocidad del viento:** la concentración de feromona siguió una evolución inversamente proporcional a la velocidad del viento. Con velocidades de viento inferiores a 0.5 m/s (Nº1 en escala Beaufort; Grace, 1977) se registró una alta concentración de feromona ($1,23 \times 10^{-6}$ UR en promedio). Se verificó que:
A > velocidad viento < humedad relativa ambiente < concentración feromona, y a la inversa.
- **La turbulencia del aire y la temperatura:** la concentración de feromona difirió en distintos puntos de los montes frutales de acuerdo con la turbulencia del aire y la temperatura. Sin embargo estas variaciones se compensaron sin modificar el valor promedio de la concentración de feromona en el aire.

En consecuencia, debido a las condiciones climáticas de la región, particularmente la velocidad del viento, los montes frutales ubicados en el Oeste de las áreas tratadas con la TCS, poseen una menor concentración de feromona y un mayor riesgo de ataque de la plaga.

- El **restablecimiento de la nube de feromona** se produce en forma rápida cuando la velocidad del viento se reduce a menos de 0,5 m/seg (las concentraciones de feromona son al menos el doble de las registradas con velocidades entre 0,5-1 m/seg). Según las series históricas de registros climatológicos de la región, durante el crepúsculo y en 70% de los días correspondientes al período reproductivo de carpocapsa (Octubre a Marzo), las velocidades de viento son menores que 1 m/seg, lo que asegura el buen funcionamiento de la TCS.

Se evaluó la **eficacia de la TCS a largo plazo en el control de carpocapsa**, en ensayos de 5 años de duración:

- **En una área de producción orgánica (PO) (Chacra 294).**

El empleo combinado de la TCS con el insecticida botánico *Ryania speciosa* (F*IB), fue la táctica de control de carpocapsa más eficaz, provocando un cambio sanitario relevante a partir del primer año de su implementación.

La táctica en la cual se utilizó la TCS en combinación con el insecticida botánico *R. speciosa* durante la primera aplicación, y el CpGV durante la segunda y tercera generación de larvas de carpocapsa (táctica F*IB*V), no difirió estadísticamente de la táctica combinada de TCS + insecticidas botánicos (F*IB). En cambio, los porcentajes de daño registrados en la táctica F*IB*V fueron estadísticamente menores que aquellos correspondientes a la estrategia combinada de TCS y CpGV (F*V).

El empleo conjunto de la TCS con herramientas admitidas en la PO (insecticidas botánicos y biológicos) permitió sanear un monte frutal con porcentajes de frutos dañados por carpocapsa superiores a 20%, en la cosecha previa a la implementación de dichas tácticas.

Se determinó que, debido a las diferencias en la cantidad de producción de una temporada a la siguiente, “el número de larvas diapausantes/ha” es un dato relevante para determinar la táctica sanitaria a seguir en una área donde se emplea la TCS. De esta manera se evita el posible enmascaramiento de los niveles de infestación de carpocapsa, y errores en la estimación del riesgo de ataque para la temporada siguiente. Se estableció que, para esta región, un monte frutal tratado solamente con la TCS, con 52 larvas diapausantes/ha, deberá ser conducido sanitariamente durante la siguiente temporada, integrando el control larvicida (insecticida) con la TCS a fin de alcanzar en cosecha porcentajes de frutos dañados por debajo de 1%. Estos valores son de suma utilidad ya que permitirán implementar las tácticas específicas de control de carpocapsa analizadas en el presente estudio, según los requisitos sanitarios de los países compradores de frutas argentinas.

El empleo de tácticas con diferentes niveles de selectividad en el control de carpocapsa, permitió el avance del tortricido grafolita, que provoca daños económicos de magnitud semejante a los de carpocapsa. La TCS para grafolita provocó una disminución drástica de la densidad poblacional de esta plaga, por lo que se presenta como una herramienta de control adecuada en sistemas de producción PO.

- **En áreas de producción PFI vs. PC y SA**

La TCS empleada junto con insecticidas de síntesis química como el *metil azinfos* en áreas mayores que 30 ha, produjo una reducción drástica de la densidad poblacional de carpocapsa. Se determinó que, a mayor número de aplicaciones de insecticidas, menor densidad de la plaga. Sin embargo, dado que en montes frutales donde se emplearon insecticidas de síntesis química como única herramienta de control (PC), los niveles de daño nunca fueron inferiores a 0,2%, se puede concluir que con el empleo de 1 sola herramienta de control no es posible cumplir con las actuales regulaciones cuarentenarias y comerciales de los mercados más exigentes.

La disminución de la densidad poblacional de carpocapsa por medio del empleo conjunto de la TCS + 7 aplicaciones de insecticidas de probada eficacia de control, durante 2 a 3 años, determinó en el largo plazo (cuarto año), una reducción de 86-90% en las cantidades de insecticida a emplear por unidad de superficie, manteniendo los niveles de infestación por debajo de 0,2% de frutos dañados.

La selectividad específica de la TCS, sumada a la reducida o nula eficacia del insecticida empleado en el monte frutal PFI (*metil azinfos*) para atacar a *Argyrotaenia pomililiana*, determinaron la aparición de este enrulador, que fue controlado eficazmente con insecticidas de baja toxicidad (*Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki y Reguladores de Crecimiento de Insectos).

En cambio, el *metil azinfos* resultó eficaz para el control de grafolita, lo que determinó la ausencia de daños debidos a este tortricido durante las 5 temporadas de estudio.

5. ANEXOS



- Superficie total:
93 ha

- Superficie de cada sector:
0.99 - 1.35 ha

- Distancia de plantación:
4 x 4 m
4 x 5 m
6 x 4 m

- Manzano var.:
Red Deliciuos y Granny Smith

- Altura promedio de las plantas:
5.1 m

- Sistema de conducción:
libre

- Método de control de carpocapsa TCS:
emisores de feromona: Isomate Cplus

- 1ª colocación 27/12/98 al 04/10/98
2ª colocación 16/12/98 al 20/12/98

- Densidad poblacional de carpocapsa:
mediana a baja - 1.2 % de fruta dañada
en cosecha 1998

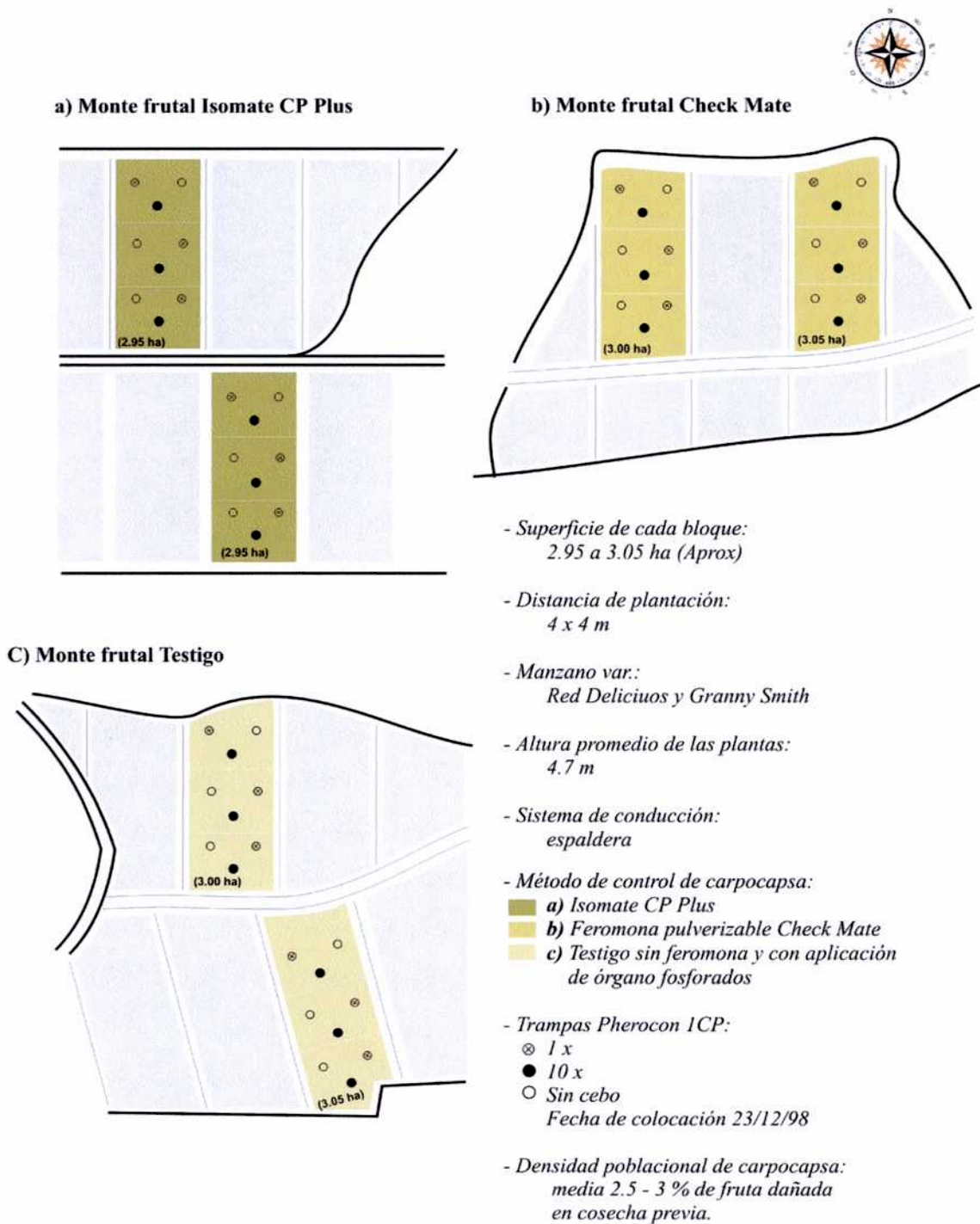
- Trampas Pherocon 1CP:
⊗ 1 x
● 10 x
○ Sin cebo
Fecha de colocación 08/10/98

✓ Evaluación del daño en frutos caídos y
en planta

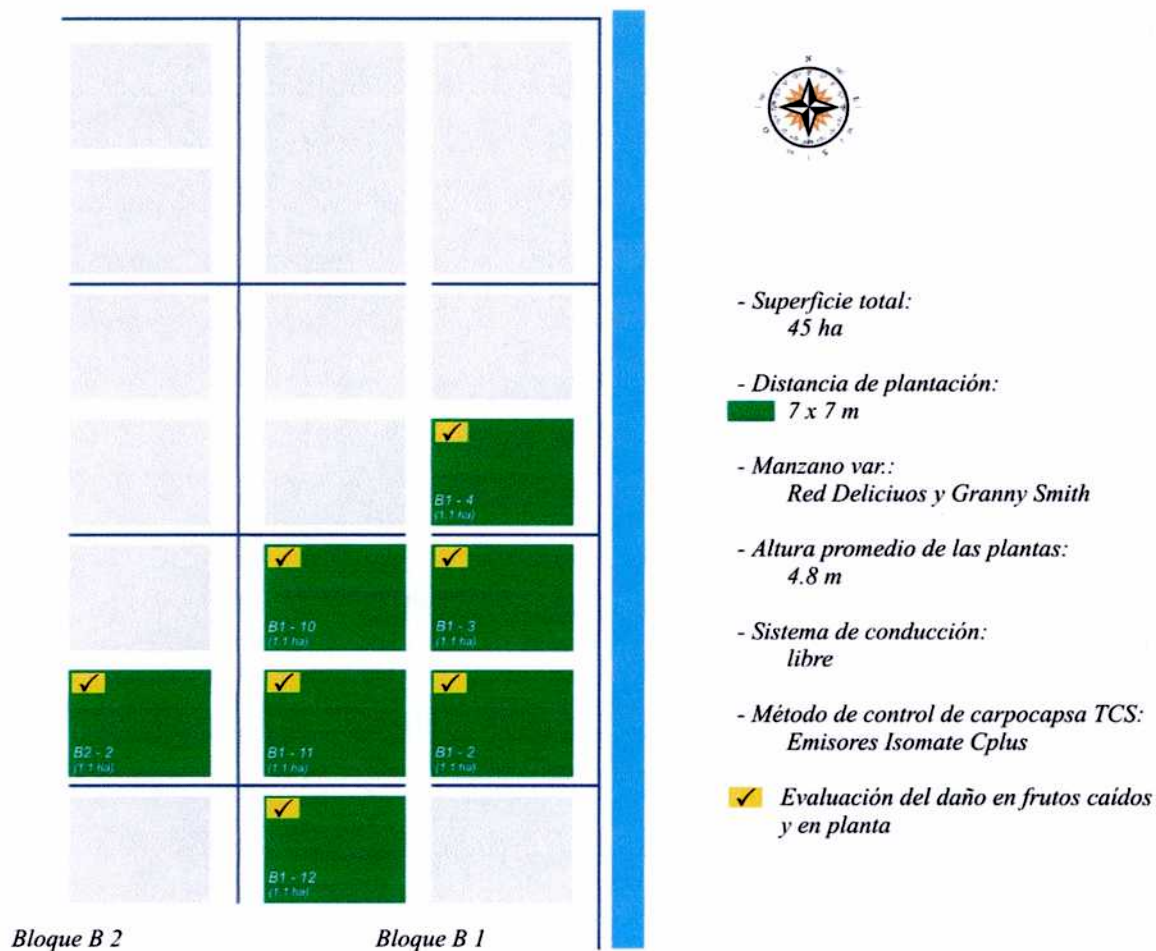
- Porcentaje de daño cosecha 1994/95:
25-40%

- Fecha de inicio en Técnica de la
Confusión Sexual:
temporada 1995/96

Anexo I. Caracterización del monte frutal, distribución de trampas (1x, 10x y sin cebo) y ubicación de los sectores donde se efectuó la evaluación del daño en frutos caídos y en planta.



Anexo II. Características de los montes frutales de “alto riesgo sanitario” y distribución de trampas cebadas con cápsulas de 1 mg y 10 mg de codlemone para el monitoreo de la densidad de poblacional de *C. pomonella*.



Anexo III. Caracterización del monte frutal (chacra El Curundú) y ubicación de los sectores donde se efectuó la evaluación del daño en frutos caídos y en planta.



- Superficie total:
93 ha

-Superficie de cada sector:
0.99 - 1.35 ha

-Distancia de plantación:

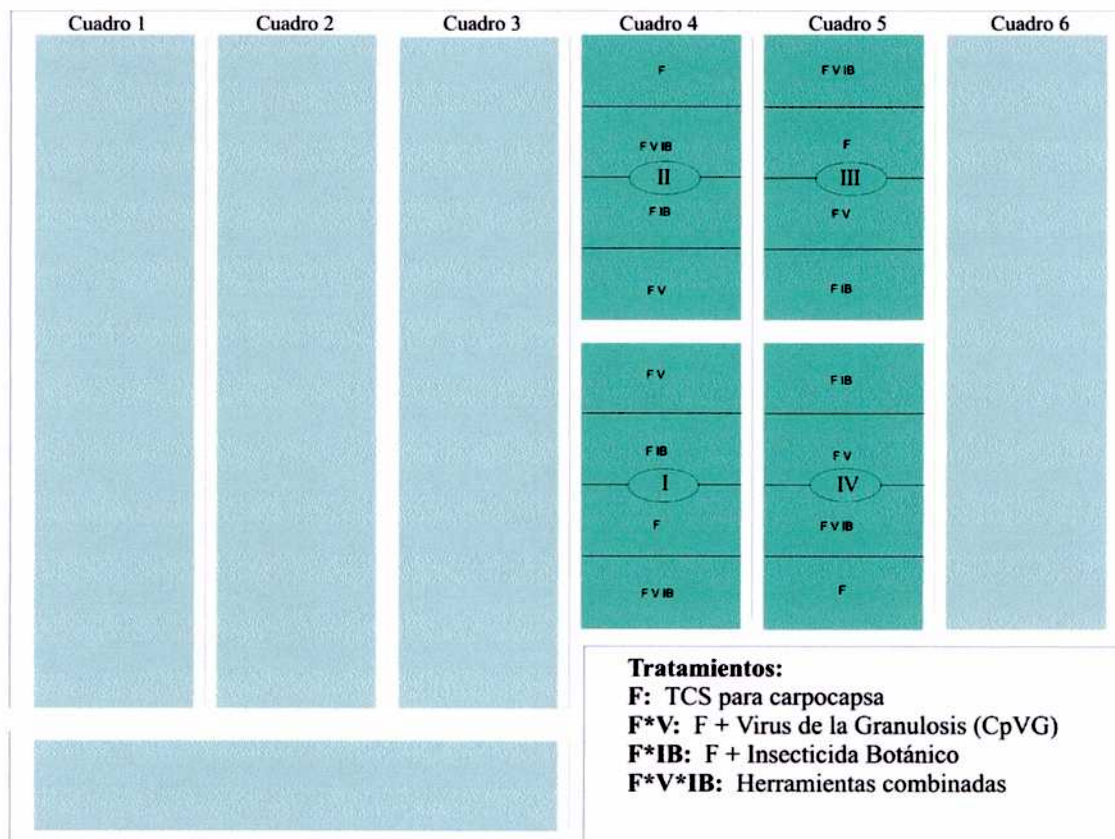
4 x 4 m
4 x 5 m
6 x 4 m

- Manzano var.:
Red Deliciosos y Granny Smith

- Altura promedio de las plantas:
5.1 m

- Sistema de conducción:
libre

Anexo IV. Caracterización del monte frutal conducido con un programa de Producción Frutícola Integrada (PFI).



- En toda el área se distribuyeron emisores Isomate C. Plus para el control de carpocapsa
- En la temporada 1998/99 se distribuyeron emisores Check Mate para el control de *Cydia molesta*

- Ubicación:

39 ° 01' latitud Sur
 67 ° 40' longitud Oeste
 242 m snm

Cuadro 4 y 5:

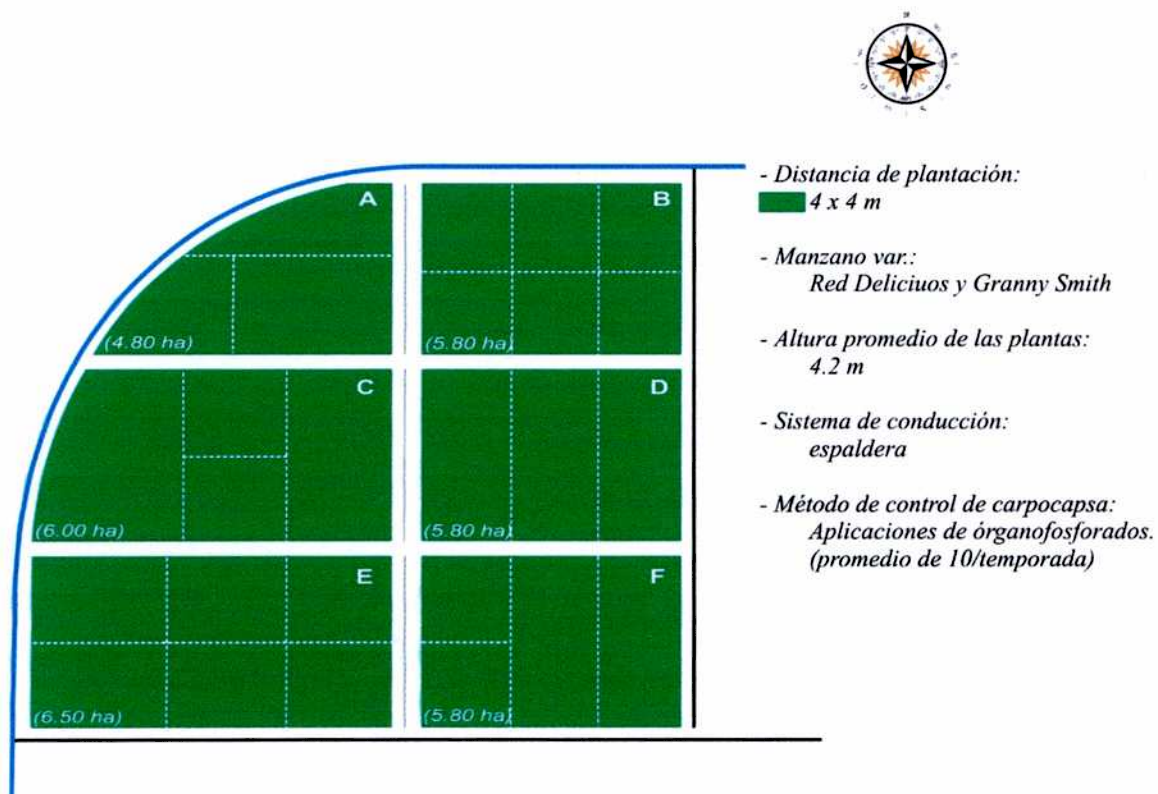
Distancia de plantación:
 4 x 4 m

Manzano var.:

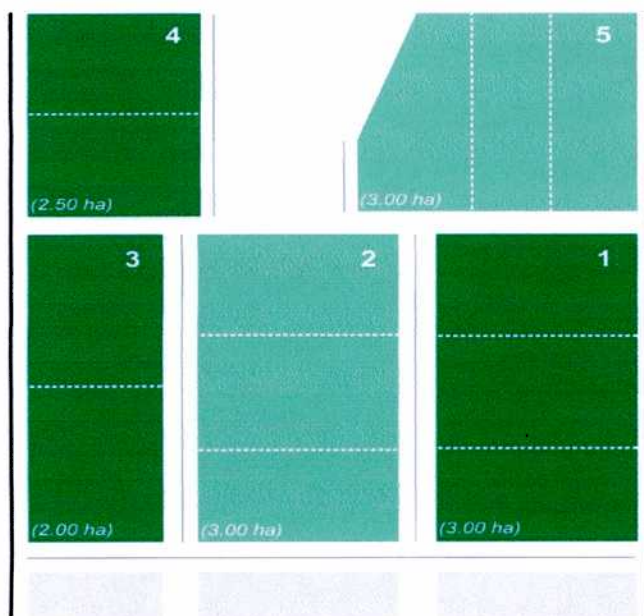
Red Deliciosos y Granny Smith

Altura promedio de las plantas:
 4.0 m

Anexo V. Características del monte frutal conducido con un programa Producción Orgánica (PO).



Anexo VI. Características del monte frutal conducido con un programa sanitario de Producción Convencional (PC).



- Distancia de plantación:

- 5 x 4 m
- 4 x 4 m

- Manzano var.:

Red Deliciuos y Granny Smith

- Altura promedio de las plantas:
4.7 m

- Sistema de conducción:
espaldera

- Método de control de carpocapsa:
*Sin aplicaciones de insecticidas
para el control de plagas.*

Anexo VII. Características del monte frutal sin aplicaciones de control de plagas (SA).


GRACIELA COHEN


Dr. TEODORO STADLER
LABORATORIO DE PARASITOLOGIA Y ECOTOXICOLOGIA
FACULTAD DE INGENIERIA-UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE
BUENOS AIRES 1400-08300 BCX-NEUQUEN-ARGENTINA


Liliana J. Cohen.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, I. J., J. Belmar, J. Rodríguez, J. Baez, J. Freer, G. Grant, P. De Groot & D. Langevin. 2000. Mediciones de rutina de niveles de feromona con sensor portátil electro-antenográfico en una plantación de *Pinus radiata*. Resumen XXII Congreso Nacional de Entomología- Chile. pp. 32.
- Almaas, T.J. & H. Mustaparta. 1990. Pheromone reception in tobacco budworm moth, *Heliothis virescens*. *J. Chem. Ecol.* 16:1331-1347).
- Altieri, M.A. 1993. Biodiversity and pest management in agroecosystems. Food Product Press, Haworth Press Inc. 185 pp.
- Angst, M. & D. Hofer. 1990. Attract and kill of *Cydia pomonella*. Report of OILB/SROP Pheromone meeting, Granada, 10-15.
- Anónimo. 1950. Servicio de alarma para el Alto Valle del Río Negro. Sugestiones oportunas. IDIA N° 23-29. Año III: 1-8.
- Anónimo. 1960. Le carpocapse des pommes et des poires. Ed. SEDA. Paris, 48 pp.
- Arn, H., P.M. Guerin, H.R. Buser, S. Rauscher & E. Maní. 1985. Sex pheromone blend of the codling moth, *Cydia pomonella*. Evidence for a behavioural role of dodecan-1-ol. *Experientia* 41: 1482-1484.
- Arn, H., E. Städler & S. Rauscher. 1975. The electroantennographic detector a selective and sensitive tool in the gas chromatographic analysis of insect pheromones. *Z. Naturf.* 30c :722-725
- Audemard, H., E. Armand & C. Leblon. 1992. Essais de lutte par confusion sexuelle contre les lépidoptères nuisibles aux vergers de pommiers dans la basse valle du Rhône. *Bull. OILB SROP* 15(15): 94-97.
- Bäckman, A.C. 1997. Pheromone release by codling moth females and mating disruption dispensers IOBC WPRS Bull. 20: 175-180.
- Bäckman, A.C. 1999. Olfactory communication in the codling moth, *Cydia pomonella* (L.). *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Agraria* 165. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Bäckman, A.C., M. Bengtsson & P. Witzgall. 1997. Pheromone release by individual females of codling moth, *Cydia pomonella*. *J. Chem. Ecol.* 23(3): 807-815.
- Baggiolini, M. 1979. La lutte dirigée en arboriculture fruitière. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 11: 26-40.

- Baker, T.C. 1989. Sex pheromone communication in the Lepidoptera: New research progress. *Experientia* 45: 248-262.
- Baker, T.C. & K.F. Haynes 1989. Field and laboratory electroantennographic measurements of pheromone plume structure correlated with oriental fruit moth behaviour. *Physiol. Entomol.* 14: 1-12.
- Barnes, B.N. & T.L. Blomefield. 1997. Goadng growers towards mating disruption: the South African experience with *Grapholita molesta* and *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae). *In: Technology transfer in Mating Disruption. In Witzgall P & Arn H. (Eds.). IOBC wprs Bulletin.* 20(1): 45-56. Motpellier.
- Barnes, M.M., J.G. Millar., P.A. Kirsch & D.S. Hawks. 1992. Codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) control by dissemination of synthetic female sex pheromone. *J. Econ. Entomol.* 85(4): 1274-1277.
- Barnes, M.M. & H. R. Moffit. 1963. Resistance to DDT in the adult codling moth and reference curves for Guthion and of Carbaryl. *J. Econ. Entomol.* 56: 722-725.
- Barnes, M.M., D.M. Peterson & J.J. O'Connor. 1966. Sex pheromone gland in the female codling moth, *Carpocapsa pomonella* (Lepidoptera: Olethreutidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 59: 732-734.
- Barrett, B. A. 1995. Effect of Synthetic pheromone permeation on captures of male codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in pheromone and virgin female moth-baited traps at different tree heights in small orchard blocks. *Environ. Entomol.* 24(5): 1201-1206.
- Bartell, R.J. 1977. Behavioral responses of Lepidoptera to pheromones, in H.H. Shorey and J.J. McKelvey (eds.). *Chemical control of insect behavior. Theory and application.* Wiley, New York.
- Bartell, R.J. 1982. Mechanisms of communication disruption by pheromone in the control of Lepidoptera: A review. *Physiol. Entomol.* 7:353-364.
- Bartell, R.J. & T.E. Bellas. 1981. Evidence for naturally occurring secondary compounds of the codling moth female sex pheromones. *J. Aust. Ent. Soc.* 20: 197-199.
- Bartell, R.J., T.E. Bellas & C.P. Whittle. 1988. Evidence for the activity of two saturated alcohols in the sex pheromone of the female codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae), *J. Aust. Ent. Soc.* 27: 11-12.
- Batiste, W.C. & W.H. Olson. 1973. Codling moth: mass production in controlled environment rearing units. *J. Econ. Entomol.* 66(2): 383-387.
- Batiste, W.C., H. William & A. Berlowitz. 1973. Codling moth: influence of temperature and daylight intensity in periodicity of daily flight in the field. *J. Econ. Entomol.* 66(4):883-892.

- Belles, C., L. Cichón, S. Di Masi, D. Fernández, C. Magdalena, E. Rial y M. Rossini. 1996. Guía de pulverizaciones. Gral. Roca. R.N. 72 pp.
- Bengtsson, M., G. Karg, P.A Kirsch, J. Löfqvist, A. Sauer & P. Witzgall. 1994. Mating disruption of pea moth *Cydia nigricana* F. (Lepidoptera: Tortricidae) by a repellent blend of sex pheromone and attraction inhibitors. J. of Chem. Ecol. 20:871-887)
- van den Berg, M.J. & G. Ziegelberger. 1991. On the function of the pheromone binding protein in the olfactory hairs of *Antheraea polyphemus*. J. Insect Physiol. 37: 79-85.
- Beroza, M., B.A. Bierl & H.R. Moffit. 1974. Sex pheromone: (EE)-8,10-Dodecadien-1-ol in the codling moth. Science 183:89-90.
- Birch, M.C. 1971. Intrinsic limitations in the use of electroantennogram to bioassay male pheromone in Lepidoptera. Nature 233 :57-58.
- Birch, M.C. 1974. Pheromone, in A. Neuberger & E.L. Tatum (Eds). Frontiers of Biology. Vol 32: 1-10.
- Blanco, G. 1999. La historia de un origen pionero, un pasado de gloria y un presente difícil. FRUTICULTURA MODERNA: Tecnología, transferencia, capacitación y organización. INTA-GTZ (ed): 20-28.
- Bloem, S., K.A. Bloem & A.L. Knight. 1998. Oviposition by sterile codling moths, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) and control of wild populations with combined releases of sterile moths and egg parasitoids. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia: 99-109.
- Blomefield, T. 1994. Codling moth resistance. Decidious Fruit Grower. 44 (4): 130-132.
- Blommers, L.H. 1992. Mating disruption of tortricids in top fruit IPM: a question of implementation. Bull. OILB SROP 15(5):67-71.
- Bobb, M.L., A.M. Woodside & R.N. Jefferson. 1939. Baits and bait traps in codling moth control. Virginia Polytechnic Institute, Virginia Agricultural Experiment Station. Blacksburg. Bull. 320.
- Borden, A.D. 1931. Some field observations on codling moth behavior. J. Econ. Entomol. 24: 1137-1145.
- Bradley, S.J. & D.M. Suckling. 1995. Factors influencing codling moth larval response to α -farnesene. Ent. Exp. et Appl. 75: 221-227.
- Brown, D.J & A.L. Il'ichev. 2000. The potential for the removal of Organo-Phosphate insecticides from stone-fruit production in the Goulburn Valley, Australia. Bull. OILB/SROP 23(7): 85-91.

- Brown, D.L. & McDonough. 1986. Insect sex pheromones: formulations to increase the stability of conjugated dienes. *J. Econ. Entomol.* 79: 922-927.
- Brunner, J.F. 1991a. Mating disruption as a control for fruit pest. *In: Kathleen Williams (Ed.). New directions in tree fruit pest management* : 89-118.
- Brunner, J.F. 1991b. Leaf roller pests of fruit crops in Washington State. *In: Kathleen Williams (Ed.). New directions in tree fruit pest management* : 185-197.
- Brunner, J. 1999. TFREC response to latest EPA ruling. (http://www.tfrec.wsu.edu/TFPA_response.html)
- Butt, B.A. 1991. Sterile Insect Release. in L.P.S. van der Geest and H.H. Evenhuis (Eds.) *World Crop Pests: Tortricid Pests: Their biology, natural enemies and control*. Elsevier, New York.: 295-300.
- Butt, B.A. & D.O. Hathaway. 1966. Female sex pheromone as attractant for male codling moth. *J. Econ. Entomol.* 59: 476-477.
- Butt, B.A., T.P. McGovern, M. Beroza & D.O. Hathaway. 1974. Codling moth: cage and field evaluations of traps baited with a synthetic sex attractant. *J. Appl. Entomol.* 67: 37-40.
- Caborn, J.M. 1957. Shelterbelts and microclimates. Forestry Commission. Department of Forestry Edinburgh University. Bull. 29: 134 pp.
- Calkins, C.O., A.L. Knight, G. Richardson & K.A. Bloem. 1999. Areawide population suppression of codling moth. *In* FAO/IAEA Proceedings, Area-Wide Control of Insect Pests Integrating the Sterile Insect and Related Nuclear and Other Techniques., Penang, Malaysia.
- Campos Dias, S.C, R.A. Laumann, M.M. Gutierrez, M.A. Sagardoy & M.A. Ferrero. 1997. Selección y evaluación de cepas de *Bacillus thuringiensis* aisladas de suelos argentinos sobre el primer estadio larval de *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). Resumen 16° Congress Brasileiro de Entomologia.
- Cardé, R.T., A. Mafra-Neto, R.T. Staten, U. Koch & P. Färbert. 1993. Evaluation of communication disruption in the ping bollworm in field wind tunnels. *IOBC/WPRS Bull.* 16(10):23-28.
- Cardé, R.T. & A.K. Minks. 1995. Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.* 40:559-585.
- Carpenter, J.E. 1999. Area-wide integration of lepidopteran F1 sterility and augmentative biological control. *In* FAO/IAEA Symp. Area-Wide Control of Insect Pests Integrating the Sterile Insect and Related Nuclear and Other Techniques. Penang, Malaysia.

- Castrovillo, P.J. & R.T. Cardé. 1980. Male codling moth (*Laspeyresia pomonella*) orientation to visual cues in the presence of pheromone and sequences of courtship behaviours. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 73: 100-105.
- Chapman, R.F. 1998. The insects: structure and function. 4th ed., American Elsevier, Cambridge NY.
- Charmillot, P.J. 1976. Facteurs influençant sortie du fruit chez les larves du dernier stade du carpocapse des pomme (*Laspeyresia pomonella* L.) *Bull. Soc. Entomol. Suisse* 49: 187-190.
- Charmillot, P.J. 1980. Development of a warning system for the codling moth: role of warning service and of the growers. *Bull. OEPP*. 10: 231-239.
- Charmillot, P.J. 1984. Possibilités et limites de la lutte contre les insectes au moyen des attractifs sexuels. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 16(2): 69-74.
- Charmillot, P.J. 1990. Mating disruption technique to control codling moth in Western Switzerland. In: R.L. Ridgway, R.M. Silverstein & M.N. Inscoe (Ed.), *Behavior-Modifying Chemicals for Insect Management: applications of pheromones and other attractants*. Marcel Dekker, Inc., New York & Basel :165-182.
- Charmillot, P.J. 1992. Progress and prospects for selective means of controlling tortricid pests of orchards. *Acta Phytopat. Entomol. Hung.* 27: 165-176.
- Charmillot, P.J. 1995. Possibilités et limites de la lutte contre le carpocapse au moyen de la technique de confusion et du virus de la granulose: recommandations pratiques. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 27(2):76-77.
- Charmillot, P.J. & M. Baggiolini. 1975. Experiment on the control of codling moth (*Laspeyresia pomonella* L.) by mass-trapping of the males with a synthetic sex attractant. *Recherche Agronomique en Suisse*. 14: 71-77.
- Charmillot, P.J. & B. Bloesch. 1987. La technique de confusion sexuelle: un moyen spécifique de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 19(2): 129-138.
- Charmillot, P.J., B. Bloesch & M. Benz. 1989. Lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. au moyen du fenoxycarb et du teflubenzuron. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 21(3):187-193.
- Charmillot, P.J. & P. Iselin. 1985. Efficacité du diflubenzuron et rémanence de son action ovicide dans la lutte contre le carpocapse, *Cydia pomonella* L.. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 17(2):109-113.

- Charmillot, P.J. & D. Pasquier. 1993. Un nouveau diffuseur homologue pour la lutte par confusion en verger. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 25(2): 123-128.
- Charmillot, P.J., D. Pasquier & N.J. Alipaz. 1994. Le tébufénozide, un nouveau produit sélectif de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. et la tordeuse de la pelure *Adoxophyes orana* F.v.R. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 26(2):123-129.
- Charmillot, P.J., D. Pasquier, A. Scalco & D. Hofer. 1996. Essais de lutte contre le carpocapse *Cydia pomonella* L. par un procédé attracticide. *Bull Soc. Entomol. Suisse* 69: 431-439.
- Charmillot, P.J. & H. Riedl. 2000. The future of codling moth control with conventional insecticides, insect growth regulators and microbials. *Proceedings XXI International Congress of Entomology. Brazil.* pp. 669.
- Cichón, L. 1993. Consideraciones en el control de carpocapsa en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén. *En: Curso Internacional de Sanidad en frutales de pepita. Gral. Roca.* 4: 1-29.
- Cichón, L. 1999. Manejo sanitario de frutales de pepita bajo un programa de Producción Orgánica. *En: Curso Internacional de Producción Integrada y Orgánica de frutas. Capítulo 3-2:* 19 pp.
- Cichón, L. 2000. Fruit production and Mating Disruption of codling moth in Argentina. *In: Proceedings XXI International Congress of Entomology. Foz do Iguassú. Brazil.* pp. 671.
- Cichón, L. 2001. Producción orgánica en los valles irrigados de Río Negro y Neuquén. *En: II Curso Internacional de Pera. Gral. Roca. Capítulo 6-2:* 17 pp.
- Cichón, L., S. Di Masi, D. Fernández, C. Magdalena, E. Rial y M. Rossini. 1996. Guía ilustrada para el monitoreo de plagas y enfermedades en frutales de pepita. INTA Centro Regional Patagonia Norte (ed.). 72 p.
- Cichón, L., S. Di Masi, D. Fernández, C. Magdalena y M. Rossini. 2000b. Guía ilustrada para el monitoreo de plagas y enfermedades en frutales de pepita. INTA EEA Alto Valle. 73 pp.
- Cichón, L. & D. Fernández. 1993a. Informe Plan de trabajos INTA "Estudio de nuevas estrategias de control. INTA EEA Alto Valle. Cmte. Guerrero. R.N.
- Cichón, L. & D. Fernández. 1993b. Carpocapsa en el Alto Valle del Río y Neuquén. INTA. Investigación Agropecuaria n°42, 13 pp.
- Cichón, L. & D. Fernández. 1995a. Survey of Azinphosmetil and Esfenvalerate resistance in Codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Rio Negro, Argentina. *European Journal of Plant Pathology. Abstracts XIII International Plant Protection Congress. The Hague, The Netherland.*

- Cichón, L. & D. Fernández. 1995b. Informe final de Proyecto de Investigación Estratégica: Estrategias de control de plagas y enfermedades de frutales de pepita con destino a la exportación. Control de carpocapsa por medio del CVG. INTA. 25 pp.
- Cichón, L. & D. Fernández. 1998. Evaluación de los resultados de los análisis de emisores envejecidos a campo. Convenio Comisión Nacional de lucha contra la Carpocapsa (Funbapa) - INTA Alto Valle. 10 pp.
- Cichón, L. & D. Fernández. 1999. La Técnica de la Confusión Sexual en carpocapsa. Desarrollo en el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. *En: Fruticultura Moderna, Tecnología, transferencia, capacitación, organización. 9 Años de Cooperación Técnica. INTA-GTZ (eds.): 88-95.*
- Cichón, L. & D. Fernández. 2002. Resistance of codling moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) to azinphos methyl and esfenvalerate in the upper valley of Rio Negro and Neuquén. VII European Congress of Entomology. Section 5: Insecticides and Insecticide Resistance, Symposium 05.1: Current Status and Management of resistance in Codling Moth: A Global Perspective. pp. 165. Tessaloniki, Grecia.
- Cichón, L., D. Fernández, D. Raffo y T. Ballivián. 1998. Tasa de emisión de diferentes emisores de feromona de carpocapsa. Informe técnico 1997/98, Comisión Nacional de Lucha contra la Carpocapsa.
- Cichón, L., D. Fernández, D. Raffo y T. Ballivián. 2000a. Producción Orgánica – Biovalle Chimpay II. *En: Informe Anual 2000. Empresa Expofrut.*
- Cichón, L., D. Fernández, D. Raffo, A. Giayetto y T. Ballivián. 2001. Uso de nemátodos entomopatógenos para el control de larvas de carpocapsa en bins. Proyecto FONTAR IPPRN-16/00.
- Cichón, L., D. Fernández, D. Raffo y T. Ballivián. 2001. Técnica de la Confusión Sexual en carpocapsa. Pautas para el uso correcto de la TCS en los Valles de Río Negro y Neuquén. INTA Centro Regional Patagonia Norte (ed.). SDT N° 03. ISBN 987-521-040-4. 52 pp.
- Cichón, L. & R. Melzer. 1999. La carpocapsa. Aspectos generales de la plaga. *En: Fruticultura Moderna, Tecnología, Transferencia, Capacitación, Organización. 9 Años de Cooperación Técnica. INTA-GTZ (eds.): 64-70.*
- Cichón, L., P. Trematerra, M.D.A. Coracini, D. Fernández, M. Bengtsson & P. Wtsgall. 2004. Sex pheromone of the Río Negro Apple Leafroller *Argyrotaenia pomililiana* (Lepidoptera: Tortricidae). J. Econ. Entomol. 97(3): 946-949.
- Civolani, S., S. Vergnani, D. Natale & E. Pasqualini. 1998. Strategie di difesa da *Cydia molesta* su pomace. L'Informatore Agrario. N°22: 71-75.

- Clausen, C.P. 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review. *Handbook N° 480*. USDA, Washington, D.C.
- Cordeiro, G.M. 1986. Modelos Lineares Generalizados. VII Simposio Nacional de Probabilidade Estatística. Campinas. 286 pp.
- Cordon, V.H., J.C. Forquera, J. Gastiazoro, J. Lässig, M. Bastanski & G. Nordestrom. 2000. Caracterización climática del Alto Valle del Río Negro, Neuquén y Limay Inferior. 53 pp.
- Cosave. 1988. Acta 20° Reunión del Grupo de Trabajo Permanente de Cuarentena Vegetal. 20 de Setiembre al 2 de Octubre de 1988.
- Coscarón, S. y J.F. Gianotti. 1960. Una nueva plaga de la fruticultura del Alto Valle del Río Negro y Neuquen *Eulia loxonephes*, Meyrick. RIA XIV (3) 293 p..
- Croft, B.A. 1983. Apple culture and Pest Control in the United States. *In: Integrated Management of Insect Pests of Pome and Stone Fruits*. Croft B.A. & Hoyt S.C. (Eds.): 1-18.
- Croft, B.A. & W.M. Bode. 1983. Tactics for deciduous fruit IPM. *In: Integrated Management of Insect Pests of Pome and Stone Fruits*. Croft B.A. & Hoyt S.C. (eds.): 219-270.
- Croft, B.A. & H.W. Riedl. 1991. Chemical control and resistance to pesticides of the codling moth, *In: L.P.S. van der Geest and H.H. Evenhuis (Eds.) World Crop Pests: Tortricid Pests: Their biology, natural enemies and control*. Elsevier, New York. pp. 371-383.
- Curcovic, T., J.F. Brunner & P. Landolt. 2001. Courtship behavior of Obliquebanded and Pandemis leafroller. *Proceedings from the 75th Annual Western Orchard Pest and Disease Management Conference*. Session: Biology/Phenology : 125-126. Portland, OR.
- Datterman, G.E. 1982. Monitoring insects with pheromones: trapping objectives and bait formulations. *In: A.F. Kydonieus and M. Beroza (eds.). Insect suppression with controlled release pheromone systems*. CRC Press. Boca Ratón, Florida, 1: 195-212.
- Demetrio, C. 1993. Modelos Lineares Generalizados na experimentação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 125 pp.
- De Santis, L. 1982. Himenópteros parasitoides de *Carpocapsa pomonella* (Lepidoptera.) en el Alto Valle del Río Negro (República Argentina (Insecta). *Novedades del Museo de La Plata*. N° 5: 42.
- Dickler, E. & J. Huber. 1986. Il Virus della Granulosi della carpocapsa: situazione attuale della recerca e possibilta di una sua introduzione nella difesa dei frutteti. *La difesa delle piante*. 9(3):297-304.

- Doucet, M.M.A., 1995. Caracterización de una población de *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Steinernematidae) aislada en Córdoba Argentina. *Nematol. Medit.* 23:181-189.
- Doucet, M.M.A. & M.A. Bertolotti. 1996. Una nueva población de *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar, 1975 (Heterorhabditidae) de Río Negro, Argentina: Caracterización y acción sobre el huésped. *Nematol. medit.* 24:169-174.
- Doucet, M.M.A, M.A. Bertolotti, A.L. Giayetto & M.B. Miranda. 1999. Host range, Specificity, and Virulence of *Steinernema feltiae*, *Steinernema rarum*, and *Heterorhabditis bacteriophora* (Steinernematidae and Heterorhabditidae) from Argentina. *Journal of Invertebrate Pathology* 73, 237-242.
- Doucet, M.M.A. & A.L. Giayetto. 1999. Virulence and host range of four isolates of *Heterorhabditis bacteriophora* from upper valley of Río Negro and Neuquén, Patagonia, Argentina. XXXI Reunión Annual ONTA Puerto Rico.
- Dyck, V.A., S.H. Graham & K.A. Bloem. 1993. Implementation of the sterile insect release programme to eradicate the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Olethreutidae), in British Columbia Canada, pp. 285-294. *In* Management of Insect Pests: Nuclear and Related Molecular and Genetic Techniques, IAEA-SM_327/29, Vienna, 669 pp.
- Ebbinghaus, D., P.M. Lösel, M. Lindemann, J. Scherckenbeck & C.P.W. Zebitz. 1998. Detection of major and minor sex pheromone components by the male codling moth *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). *J. Insect Physiol.* Vol 44, N°1: 49-58.
- Edwards, L. 1998. Organic Tree Fruit Management. Certified Organic Association of British Columbia (ed.). Keremeos, 240 pp.
- Einhorn, J., P. Witzgall, H. Audemard B., B. Boniface & P. Causse. 1986. Constituants secondaires de la pheromone sexuelle du carpocapse des pommes, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) C.R. Acad. Sci. Paris 299: 773-778.
- Elkins, R. 2000. Areawide control of codling moth using the Paramount Aerosol Pheromone Dispenser[®] (Shorey "Puffer") in Lake County, California 1996-2000. Proceeding from the 75th Annual Western Orchard Pest and Disease Management Conference. Implementation Programs Session: 37-38. Portland, OR.
- El-Sayed, A., M. Bengtsson, S. Rauscher, J. Löfqvist & P. Witzgall. 1999. Evidence for a multicomponent sex pheromone in codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) *Environ. Entomol.* 28(5):775-779.
- El-Sayed, A., R.C. Unelius, I. Liblikas, J. Löfqvist, M. Bengtsson & P. Witzgall. 1998. Effect of codlemone isomers on codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) male attraction. *Environ. Entomol.* 27:1250-1254.

- Food and Agricultural Organization. 1967. Report of the first session of the FAO Working Party of Experts on resistance of pest to pesticides. FAO, Rome, PL/1965/18,125 pp.
- Färbert, P. & U.T. Koch. 1993. Measurements of the pheromone density in cotton fields and vineyards by EAG-method. IOBC/WPRS Bulletin 16 (10):301.
- Färbert, P., U.T. Koch, A. Färbert & R.T. Staten. 1996. Measuring pheromone concentration in cotton fields with the EAG. In: Pheromone research: New directions (R. T. Cardé & A.K. Minks, eds.) Chapman and Hall New York.
- Ferro, D.N. & R.F. Harwood. 1973. Intraspecific larval variation in the codling moth *Laspeyresia pomonella*. Environ. Entomol. 2: 783-789.
- Finney, E.A. 1939. Snow drift control by highway design. Bull. Mich. Engng. Exp. Sta. N° 86.
- Gehring, R.D. & H.F. Madsen. 1963. Some aspects of the mating and oviposition behavior of the codling moth, *Capocapsa pomonella*. J. Econ. Entomol. 56(2): 140-143.
- Geier, P.W. 1963. The life history of the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) in the Australian Capital Territory. Aust. J. Zool. 11: 323-367.
- Giayetto, A.L. 2000. Nuevas tecnologías en el control de insectos plaga. Nemátodos entomófagos. Rompecabezas tecnológico. Año 6. n°26: 36-39.
- Giayetto, A.L., M.A. Doucet & M.A. Bertolotti. 1998. Entomopathogenic nematodes (Rhabditidae: Heterorhabditidae and Steinernematidae) in North Patagonia, Argentina. XXX Reunión Annual ONTA. Mendoza, Argentina.
- Grace, J. 1977. Plant Response to wind. Academic Press Inc. (London) Ltd. 204 pp.
- Gloyne, R.W. 1954. Some effects of shelterbelts upon local and microclimate. Forestry 27(2): 85-95.
- Grosscurt, A.C. 1978. Diflubenzuron: some aspects of its ovicidal and larvicidal mode of action and an evaluation of its practical possibilities. Pesti. Sci. 9:373-386.
- Guillon, M. & G. Biache. 2000. Vertical transmission of CpVG and improvements for control of *Cydia pomonella* possible extension to *Cydia splendana* in apples, pears, walnuts and chesnut crops. In: Proceedings XXI International Congress of Entomology. Foz do Iguazú. Brazil . pp. 511.
- Gullan, P.J. & P.S. Cranston. 1994. The insects: An outline of entomology. Chapman and Hall, London.

- Gut, L. & J. Brunner. 1996. Implementing codling moth mating disruption in Washington Pome Fruit Orchard. Tree Fruit Research and Extension Center. Information Series WSU N° 1.
- Gut, L., P. Giroux, P. McGhee, C. García-Salazar & J. Millar. 2000. Mating disruption of moth pests in Michigan using the MSU microspayer. Proceeding from the 75th Annual Western Orchard Pest and Disease Management Conference. Mating Disruption/SIR Session: 149-150.
- Guyot, G. and P. Elejabeitia. 1970. Los cortavientos en agricultura. Cuaderno 4. Estación Experimental de Aula Dei. Centro de Investigación y desarrollo del Ebro. Zaragoza. pp. 64.
- Hall, J.A. 1934. Observations on the behavior of newly hatched codling moth larvae. Can. Entomol. 66: 100-102.
- Hansson, B.S. 1995. Olfaction in Lepidoptera. *Experientia* 51:1003-1027.
- Hathaway, D.O, A.E. Clift and B.A. Butt. 1971. Development and fecundity of codling moths reared on artificial diets or immature apples. J. Econ. Entomol. 64(5): 1088-1090.
- Hildebrand, J.H. 1995. Analysis of chemical signals by nervous systems. *In*: Chemical Ecology. The Chemistry of Biotic Interaction. T. Eisner and J. Meinwald eds. National Academy of Sciences.
- Hofer, D. 1997. Attract and kill: Another step forward – First sales of Sirene CM. Insecticides Newsletter. 1: 8-9.
- Howell, J.F. 1972. Influence of mating on attractiveness of female moths. *Env. Entomol.* 1 (1): 125-126.
- Howell, J. F. 1974. The competitive effect of field populations of codling moths on sex attractant trap efficiency. *Environ. Entomol.* 3: 803-807.
- Howell, J.F. & R. Britt. 2000. Effect of moth density on mating disruption to suppress codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera:Tortricidae) in Yakima Valley, Washington Orchards. (<http://www.goodfruit.com>).
- Howell, J.F. & A.D. Clift. 1974. Codling moth: emergence, sex ratio and abundance. *The Canadian Entomologist*. Vol. 106: 399-402.
- Howell, J.F., R.B. Hutt & W.B. Hill. 1978. Codling moth: mating behavior in the laboratory. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 71:891-895.
- Howell, J.F., R.S. Schmidt, D.R. Horton, S.U.K. Khattak & L.D. White. 1990. Codling moth: Male moth activity in response to pheromone lure and pheromone-baited

- traps at different elevations within and between trees. *Environ. Entomol.* 19: 573-577.
- Hubel, D.H. 1957. Tungsten microelectrode for recording from single units. *Science* 125: 549-550.
- Hutt, R.B. & L.D. White. 1977. Mating response to visual stimulus in the male codling moth. *Env. Entomol.* 6(4): 567-568.
- Ideses, R. & A. Shani. 1988. Chemical protection of pheromones containing an internal conjugated diene system from isomerization and oxidation. *Journal of Chemical Ecology* 14:1657-1669.
- Il'ichev, A. 1998. Area-wide mating disruption and behaviour of Oriental fruit moth, *Grafolita molesta* Busck. (Lepid., Tortricidae). In: Use of pheromones and other semiochemicals in integrated control. Symposium on plant and insect semiochemicals from orchard environments. Witzgall P. (Eds.). IOBC wprs Abstract. 9 pp. Dachau.
- INTA. 2001a. Eficacia del insecticida Spinosad para el control de enrolladores de hoja en manzanos, en el Valle de R. Negro y Neuquén. *En: Serie vinculación para la Innovación Tecnológica. Vol. 1. (En prensa).*
- INTA. 2001b. Eficacia del insecticida Intrepid para el control de enrolladores en montes de manzanos conducidos bajo la Técnica de la Confusión Sexual. *En: Serie Vinculación para la Innovación Tecnológica (En prensa).*
- INTA. 2001c. Guía de pulverizaciones para los cultivos de manzanos, perales, frutales de carozo y vid. Cuarta Edición. INTA, Centro Regional Patagonia Norte. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle. 116 pp.
- IOBC/WPRS. 1993. Integrated Production: Principles and Technical Guidelines. El Titi, A., Boller, E.F. & Gendrier, J.P. (Eds.). *Bull. IOBC/WPRS* 16 (1).
- IOBC/WPRS. 1999. Integrated Production: Principles and Technical Guidelines. Boller, E.F., El Titi, A., Gendrier, J.P., Avilla J., Jörg E. & Malavolta C. (Eds.). *Bull. IOBC/WPRS* 22 (4).
- IRAM-ArgenINTA. 1996. Sistema de Certificación Conjunta. Normas de Producción Frutícola Integrada. Actualizaciones al 2002.
- IRAM-ArgenINTA. 1999. Sistema de Certificación Conjunta. Normas de Producción Orgánica de frutas. Documento Preliminar.
- Jaques, R.P., J.E. Laing, D.R. Laing & D.S.L. Yu. 1987. Effectiveness and persistence of the granulosis virus of the codling moth *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Olethreutidae) on apple. *Can. Entomol.* 119:1063-1067.

- Jaques, R.P., J.E. Laing, C.R. MacLellan, M.D. Proverbs, K.H. Stanford & R. Trottier. 1981. Apple orchard tests on the efficacy of the granulosis virus of the codling moth, *Laspeyresia pomonella* (Lep.: Olethreutidae) Entomophaga 26(2):111-117.
- Judd, G.J.R., M.G.T. Gardiner & D.R. Thompson. 1997. Control of codling moth in organically-managed apple orchards by combining pheromone-mediated mating disruption post-harvest fruit removal and tree banding. Entomol. Exp. et Appl. 83(2): 137-146.
- Kaissling, K. E. & J. Thorson. 1980. Insect olfactory sensilla: structural, chemical and electrical aspects of the functional organization. In Receptors for Neurotransmitters. Hormones and Pheromones in Insects, eds D. B. Satelle, L. M. Hall and J. G. Hildebrand, pp. 261-282. Elsevier, Amsterdam.
- Kaissling, K.E. & G. Ziegelberger. 1994. Receptor mediated change of pheromone binding protein in *Antheraea polyphemus*. Eur. Chemorec. Res. Org. Conf. XI abstract. pp. 78.
- Karg, G. & A. Sauer. 1995. Spatial distribution of pheromone in vineyards treated for mating disruption of the grape vine moth *Lobesia botrana* measured with electroantennograms. Journal of Chemicals Ecology. 21 (9): 1299-1313.
- Karg, G., A.E. Sauer & U.T. Koch. 1990. The influence of plants on the development of pheromone atmospheres measured by EAG method. In: Elsner N. and Roth G. (Eds). Brain-Perception-Cognition. Proceedings of the 18th Göttingen Neurobiology Conference. Theme Verlag Stuttgart, New York. P. 301.
- Karlson, P. & L. Lüscher. 1959. Pheromone. Ein Nomenklatur-Vorschlag für eine Wirkstoffklasse. Naturwissenschaften 46: 63-64.
- Kaya, H.K., J.L. Joos, L.A. Falcon & A. Berlowitz. 1984. Suppression of the codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) with the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* (Rhabditida: Steinernematidae). J. Econ. Entomol. 77: 1240-1244.
- Kaya, H.K. & R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic nematodes. Annu. Rev. Entomol. 38:181-206.
- Kelderer, M., C. Casera & E. Lardschneider. 2003. Manuale di frutticoltura e viticoltura biologica. Centro Sperimentale Laimburg. 80 pp.
- Knight, A.L. 1995a. The impact of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) mating disruption on apple pest management in Yakima Valley, Washington. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia 92:29-38.
- Knight, A.L. 1995b. Evaluating pheromone emission rate and blend in disrupting sexual communication of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae). Env. Entomol 24(6): 1396-1406.

- Knight, A.L. 2002. A comparison of gray halo-butyl elastomer and red rubber septa to monitor codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in sex pheromone-treated orchards. J. Entomol. Soc. Brit. Columbia 99. 10 pp.
- Knight, A.L., J.F. Brunner & D. Alston. 1994. Survey of azinphosmethyl resistance in codling moth in Washington and Utah. J. Econ. Entomol. 87: 285-292.
- Koch, U.T. 1990. A portable EAG system for measurement of pheromones in the field. In: Proceedings of the 200th National Meeting of the American Chemical Society, Division of Agricultural and Food Chemistry (Washington).
- Koch, U.T. 1996. Informe Experto de corto plazo. Proyecto Sanidad en frutales de pepita. GTZ-INTA Alto Valle. General Roca, RN.
- Koch, U.T., P. Fäbert, W. Luder & U. Andrick. 1995. Pheromone density measurements by EAG method in vineyards treated for mating disruption of *Lobesia botrana*. In: Abstracts of the IOBC/WPRS working group "Integrated Control in Viticulture". Freiburg.
- Koch, U.T., P. Fäbert, A. Termer, A.E. Sauer, R. Milli, G. Karg & J.J. de Kramer. 1992. Pheromone density measurements by EAG method in vineyards. In: C. Ioriatti & H. Arn, (eds.) Proceedings of the OILB/SROP working group "Use of Pheromone and other Semiochemicals. San Michele all' Adige. Bulletin OILB/SROP pp. 145.
- Koch, T.U., W. Lüder, S. Clemenz & L. Cichón. 1997. Pheromone measurements by field EAG in apple Orchards. In P. Witzgall (ed), Technology Transfer in Mating Disruption IOBC WPRS Bulletin 20 (1):181-190.
- Lacey, A.L. & R.L. Chauvin. 1999. Entomopathogenic nematodes for control of diapausing codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in fruit bins. J. Econ. Entomol 92(1): 104-109.
- Lacey, A.L. & T.R. Unruh. 1998. Entomopathogenic nemtodes for control of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera:Tortricidae): effect of nematode species, concentration, temperature, and humidity. Biological control. 13: 190-197.
- Lacey, L.A. & T.R. Unruh. 2000. Use of insect pathogens for control of codling moth and other lepidopteran pests of apple in the Pacific Northwest of the United States. Proceedings from the 75th Annual Western Orchard Pest and Disease Management Conference. Session: Biological control: 47-48. Portland, OR.
- Laing, D.R. & R.P. Jaques. 1980. Codling moth: Techniques for rearing larvae and bioassaying granulosis virus. J. Econ. Entomol. 73:851-853.
- Light, D.M., R.A. Buttery, F.G. Zalom, R.E. Rice, J.C. Dickens & E.B. Jang. 1993. Host plant green-leaf volatiles synergize the synthetic sex pheromones of the corn earworm and codling moth (Lepidoptera). Chemoecology 4:145-152.

- Linn Jr., C.E., M.G. Campbell & W.L. Roelofs. 1986. Male moth sensitivity to multicomponent pheromones: critical role of female release blend determining the functional role of components and active space of the pheromone. *J. Chemical Ecology*. 12 (3): 659-668.
- Mac Donald, J. 1938. El control de las pestes y enfermedades de los árboles frutales en R. Negro. *Revista Ferrocarriles del Sud Oeste*. pp. 25-34.
- Mac Lellan, C.R. 1976. Supresión of codling moth (Lepidóptera: Olethreutidae) by sex pheromone trapping of males. *Can. Entomol.* 108: 1037-1040.
- Madsen, H.F & A.D. Borden. 1954. Codling moth and orange tortrix control on apricots in California, 1948-1953. *J. Econ. Entomol.*, 47(1): 161-165.
- Madsen, H.F. & B.E. Carty. 1979. Codling moth (Lepidóptera: Olethreutidae) suppression by male removal with sex pheromone traps in three British Columbia orchards. *Can. Entomol.* 111: 627-630.
- Madsen, H.F. & J.M. Vakenti. 1972. Codling moth: female-baited and synthetic pheromone as population indicators. *Environ. Entomol.* 1: 554-557.
- Magdalena, C., L. Cichón, D. Fernández y A. Di Prinzio. 1995. TRV. Aplicación de volúmenes adecuados en cultivos de frutales de pepita. INTA-GTZ. Gral. Roca. R.N. 15 pp.
- Magdalena, C. & A. Di Prinzio. 1993. Factores que afectan la aplicación de agroquímicos en montes frutales. Curso Internacional de Sanidad en frutales de pepita. 17 al 21 de Mayo de 1993. Capítulo 14. 26 p.
- Maitlen, J.C., L.M. McDonough, H.R. Moffit & D.A. George. 1976. Codling moth sex pheromone: baits for mass trapping and population survey. *Environ. Entomol.* 5:199-202.
- Mani, E. & T. Wildbolz. 1977. The dispersal of male codling moth (*Laspeyresia pomonella*, L) in the upper Rhine valley. *Z. Ang. Ent.* 83: 161-168.
- Masson, C. & H. Mustaparta. 1990. Chemical information processing in the olfactory system of insects. *Physiol. Rev.* 70:199-245.
- McDonough, L.M., W.V. Aller & A.L. Knight. 1992. Performance characteristics of a commercial controlled-release dispenser of sex pheromone for control of codling moth (*Cydia pomonella*) by mating disruption. *J. Chem. Ecol.* 18(12): 2177-2187.

- McDonough, L.M., H.G. Davis, P.S. Chapman & C.L. Smithhisler. 1993. Response of male codling moths (*Cydia pomonella*) to components of conspecific female sex pheromone glands in flight tunnel tests. *J. Chem.Ecol.* 19: 1737-1748.
- McDonough, L.M., H.G. Davis, P.S. Chapman & C.L. Smithhisler. 1994. Codling moth, *Cydia pomonella*. Disruptants of sex pheromonal communication. *J. Chem. Ecol.* 20: 171-181.
- McDonough, L.M., H.G. Davis, P.S. Chapman & C.L. Smithhisler. 1995. Codling moth, *Cydia pomonella*, (Lepidoptera: Tortricidae): Is Its sex pheromone multicomponent? *J. Chem. Ecol.* 21: 1065-1071.
- McDonough, L.M. & H.R. Moffit. 1974. Sex pheromone of the codling moth. *Science* 183: 978.
- McNally, P.S. & M.M. Barnes. 1980. Inherent characteristics of codling moth pheromone traps. *Environ. Entomol.* 9:538-41.
- McNally, P.S. & M.M. Barnes. 1981. Effects of codling moth pheromone trap placement orientation and density on trap catches. *Environ. Entomol.* 10: 22-26.
- Milli, R., U.T. Koch & J.J. de Kramer. 1997. Measurement of pheromone distribution in apple orchards treated for mating disruption of *Cydia pomonella* . *Entomol. Exp. Appl.*, 82:289-297.
- Moffit, H.R. & P.H. Westigard. 1984. Suppression of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) population on pears in southern Oregon through mating disruption with sex pheromone. *J. Econ. Entomol.* 77: 1513-1519)
- Montgomery, D.C. 1991. *Diseño y Análisis de Experimentos*. Ed. N. Grepe. pp. 445-446.
- Moorehouse, J.E., R. Yeadon, P.S. Beevor & B.F. Nesbitt. 1969. Methods for use in studies of insect communication. *Nature Lond.* 223 : 1174-1175.
- Murlis, J. & C.D. Jones. 1981. Fine scale structure of odour plumes in relation to insect orientation to distant pheromone and other attractant sources. *Physiol. Entomol.* 6 : 71-86.
- Natale, D., L. Mattiacci, A. Hern, E. Pasqualini & S. Dorn. 2003. Response of females *Cydia molesta* (Busck) (Lepidoptera :Tortricidae) to plant derived volatiles. *Bulletin of entomological research*, 93: 335-342.
- Natale, D., L. Mattiacci, E. Pasqualini & S. Dorn. 1999. Investigations in the relationship between *Cydia molesta* (Busck) (Lepidoptera : Tortricidae) and its main host plant. *IOBC wprs Bulletin* 22(9): 73-76.
- Natale, D., L. Mattiacci, E. Pasqualini & S. Dorn. 2003. Stimoli olfattivi nella scelta della pianta ospite da parte di *Cydia molesta* Busck. *Atti Forum Fitoiatrici*

- “Controllo delle principali avversità delle pomacee”. Veneto Agricoltura, Corte Benedettina-Legnaro (PD).
- Naumann, U. 1997. Successful employment of pheromones in apple: exemplary results from Europe. *Technology Transfer in Mating Disruption*. IOBC wprs Bulletin 20(1): 73-78.
- Navarro, E., J. Aymard & A. Navarro. 1995. La Confusion Sexuelle. Expérimentation d'une nouvelle technique de lutte contre le Carpocapse des pommes et des poires. *Phytoma. La défense des Végétaux*. 478: 60-63.
- Nolting, J. 1992. Las cortinas rompeviento en Río Negro y Neuquén. En: *Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale*. Istituto Agronomico per L'Oltremare. Firenze: 417-422.
- Nolting, J. 1998. Cortavientos en fruticultura. En: O. Jurgeit (ed). *Rompecabezas tecnológico*. INTA Alto Valle. (17):40-41.
- Nordestrom, G. 1999. Asistencia microclimática para el control fitosanitario en la producción frutícola de las provincias de Río Negro y Neuquén. En: *Fruticultura Moderna, Tecnología, Transferencia, Capacitación, Organización*. 9 Años de Cooperación Técnica. INTA-GTZ (eds.): 153-156.
- Oscos, M.N. 1956. Eficacia de productos insecticidas para la *Carpocapsa pomonella*. IDIA, 106-108:272-273.
- Oscos, M. 1960. Evolución de las larvas invernantes de *Carpocapsa pomonella*. Boletín de divulgación técnica N°3. Estación Experimental Agropecuaria Cinco Saltos. Río Negro.
- Oscos, M.N & J.F. Gianotti. 1960. Plagas y enfermedades de las plantas en el Valle del Río Negro. INTA. Centro Regional Rionegrense. 63 p.
- den Otter, C.J., H.A. Schuil & A. Sander-van Oosten. 1978. Reception of host plant odors and female sex pheromone in *Adoxophyes orana* (Lepidoptera: Tortricidae): Electrophysiology and morphology. *Ent. Expl. Appl.* 24:370-378.
- Payne, T. 1974. Pheromone perception. In: *Frontiers of biology: Pheromone*. Chapter 3. Ed. Neuber and E. L. Tatum. Vol. 32: 35-60.
- Poinar Jr, G.O. 1975. Manual and host list of insects nematodes association. E.J. Brill Leiden (ed.), NY, 317 pp.
- Poinar Jr., G.O. 1991. Nematode parasites. In: L.P.S. van der Geest and H.H. Evenhuis (eds.) *World Crop Pests: Tortricid Pests: Their biology, natural enemies and control*. pp. 273-281. Elsevier, New York.

- Pristavko, V.P. 1969. Evaluation of some abiotic factors influencing captures of codling moth by black-light traps. *J. Zool.* 48: 1177-84.
- Proverbs, M.D. 1965. The sterile male technique for codling moth control. *Western Fruit Grower*. 19: 19-20.
- Putman, W.L. 1963. The codling moth *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). A review with special reference to Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ontario*. 93: 22-60.
- Reynolds, S.E. 1987. The cuticle, growth and moulting in insects: essential background to the action of acylurea insecticides. *Pestic. Sci.* 20:131-146.
- Ridgway, R.L., R.M. Silverstein & M.N. Inscoe. 1990. Behavior-modifying chemicals for insect management: Applications of pheromones and other attractants. Marcel Dekker, New York.
- Riedl, H., B.A. Croft & A.J. Howitt. 1976. Forecasting codling moth phenology based on pheromone trap catches and physiological time models. *Can. Entomol.* 108: 449-460.
- Riedl, H., J.F. Howell, P.S. McNally & P.H. Westigard. 1982. Codling moth management. Use and standardization of pheromone trapping systems. *Agr. Experiment Station. University of California. Bulletin* 1918. 23 pp.
- Riedl, H., S.A. Hoying, W.W. Barnett & J.E. deTar. 1979. Relationship of within-tree placement of the pheromone trap to codling moth catches. *Environ. Entomol.* 8: 765-769
- Riedl, H. & W. Oler. 1980. Circadian control of oviposition in the codling moth, *Laspeyresia pomonella*, Lepidoptera: Olethreutidae. *Ent. Exp. y Appl.* 27:38-49.
- Rock, G.C., Childers C.C. & H.J. Kira. 1978. Insecticide applications based on codlemone trap catches vs. automatic schedule treatments for codling moth control in North Carolina apple orchards. *J. Econ. Entomol.* 71: 650-653.
- Rock, G.C. & P.L. Schaffer. 1983. Developmental rates of codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae) reared on apple at four constant temperatures. *Env. Entomol.* 12: 831-834.
- Roelofs, W.L., R.J. Bartell, A.S. Hill, R.T. Cardé & L.H. Water. 1972. Codling moth sex attractant-dield trials with geometrical isomers. *J. Econ. Entomol.* 65: 1276-1277.
- Roelofs, W.L., A. Comeau, A. Hill & G. Milicevic. 1971. Sex attractant of the codling moth characterization with electroantennogram technique. *Science*, 174: 297-299.

- Rose, H.A. & G.H.S. Hooper. 1969. The susceptibility to insecticides of *Cydia pomonella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Tortricidae) from Queensland. J. Aust. Ent. Soc. 8: 79-86.
- Rotlin, R.L. 1953. El control de *Carpocapsa pomonella*. Revista IDIA 70: 19-21.
- Russo, G. 1994. El Programa Nacional de Lucha contra la carpocapsa. Subprograma Patagonia. El Cronista, 8 de Noviembre pp. 27.
- Sanderson, E.D. 1908. Preliminary report on the life history of the codling moth and spraying experiments against it. J. Econ. Entomol. 1: 129-141.
- SAS Institute Inc. 1997. SAS/STAT® Software: Changes and Enhancements through Release 6.12, Cary, N.C: SAS Institute Inc., 1167 pp.
- Sauer, A.E., G. Karg. U.T. Koch, J.J. De Kramer & R. Milli. 1992. A portable EAG system for the measurement of pheromone concentrations in the field. Chemical Senses 17(5): 543-553.
- Sauphanor, B., M. Benoit, J.C. Bouvier, G. Perron, S. Malezieux & J.C. Fremond. 1994. Un cas de resistance du carpocapse des pommes au diflubenzuron dans le sud-est de la France. Phytoma 458: 46-49.
- Scentry. 1999. The IPM Partner Insect Monitoring Guidelines Book. 4 pp.
- Schmid, A., W. Van Der Molen, W. Jucker, A. Baggiolini & P.H. Antonin. 1978. The use of insect growth regulators analogues of the juvenile hormone against summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana* and other pests. Entomol. Exp. Appl. 24:65-82.
- Schneider, D. 1957. Electrophysiologische Untersuchungen von Chemo –und Mechanorezeptorender Antennae des Seidenspinners *Bombyx mori* L. Z. Vgl. Physiol. 40: 8-41.
- Schneider, D. 1970. Olfactory receptors for the sexual attractant (Bombykol) of silk moth. In The Euroscience: Second Study Program. Ed. F. Schmith (Rockefeller University Press, New York): 511-518.
- Sheldeshova, G.G. 1967. Ecological factors determining distribution of the codling moth *Laspeyresia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) in northern and southern hemispheres. Ent. Rev. 46: 349-361.
- Shorey, H.H. 1977. Manipulation of insect pests of agricultural crops, in H.H. Shorey and J.J. McKelvey (eds.). Chemical control of insect behavior. Theory and application. Wiley, New York.
- Sieber, R. & G. Benz. 1980. The hormonal regulation of the larval diapause in the codling moth, *Laspeyresia pomonella* (Lep. Tortricidae). J. Insect. Physiol. 26: 213-218.

- Singleton, M., F. Cave & S. Welter. 2000. Mating disruption of codling moth using sprayable formulations: Trap suppression as a first look. Proceeding from the 75th Annual Western Orchard Pest and Disease Management Conference. Mating Disruption/SIR Session: 141-142. Portland, OR.
- Solomon, M.E. 1991. Ecology and Population Dynamics. in L.P.S. van der Geest and H.H. Evenhuis (eds.) World Crop Pests: Tortricid Pests: Their biology, natural enemies and control. Elsevier, New York.: 209-234.
- Stokes, M.E., Ch.S. Davis & G.G. Koch. 1995. Categorical Data Analysis Using the SAS System, Cary, NC: SAS Institute Inc., 1995. 499 pp.
- Suckling, D.M., G. Karg, S.J. Bradley & C.R Howard. 1994. Field- Electroantennogram and behavioral responses of *Epiphyas postvittana* (Lepidóptera:Tortricidae) under low pheromone and inhibitor concentrations. J. Econ. Entomol. 87:1477-1487.
- Sutherland, O.R.W. & R.F.N. Hutchins. 1973. Attraction of newly hatched codling moth larvae (*Laspeyresia pomonella*) to synthetic stereoisomers of farnesene. J. Insect Physiol. 19: 723-727.
- Tanada, Y. 1964. A granulosis virus of the codling moth, *Carpocapsa pomonella* (Linnaeus) (Olethreutidae, Lepidoptera). J. Insect Pathol., 6:378-380.
- Thomson, D.R. 1997. Confusion amongst codling moth fellows continues: a commercial perspective on the implementation of codling moth mating disruption in North America. In: Technology transfer in Mating Disruption. Witzgall P & Arn H. (Eds.). IOBC wprs Bulletin. 20 (1): 57-63. Montpellier.
- Thomson, D.R. & J.B. Brunner. 1999. Nine years implementing codling moth mating disruption in Washington State Orchards: starting right and managing for success. Abstract IOBC. Pheromones and other biological techniques for insects control in orchards and vineyards. Hohenheim, Germany: 15.
- Thomson, D.R., J.B. Brunner, L.J. Gut, G. Judd & A. Knight. 2001. Ten years implementing codling moth mating disruption in the orchards of Washington and British Columbia: starting right and managing for success. Pheromones and other biological techniques for insects control in orchards and vineyards. IOBC wprs Bulletin Vol. 24(2): 23-30.
- Thomson, D.R., L.J. Gut & J.W. Jenkins. 1999. Pheromones for insect control: strategies and success. pp. 385-412 in Hall F.R, Menn J.J. (eds.) Methods in biotechnology Vol. 5, Bio-pesticides use and delivery. Humana Press, Totowa, N.J., USA.
- Thwaite, W.G., D.G. William's & A.M. Hatley. 1993. Extent and significance of Azinphos Methyl resistance in codling moth in Australia. Pest Control & Sustainable Agriculture, CSIRO: 166-168

- Trecé. 1998. The IPM Partner Insect Monitoring Guidelines Book. Trecé Inc.. Salinas CA. 126 pp.
- Trimble, R.M. 1995. Mating disruption for controlling the codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera:Tortricidae) in organic apple production in southwestern Ontario. Can. Entomol. 127:493-505.
- Trumble, J.T. & B. Alvarado-Rodriguez. 1993. Development and economic evaluation of an IPM program for fresh market tomato production in Mexico. Agriculture, Ecosystems and Environment 43: 267-284.
- Unruh, R.T. 2000. Codling moth biological and cultural control: II. Parasites and parasitism. 74th Annual Western Orchard Pest & Disease Management Conference. Research Reports. Portland, OR.
- Vakenti, J.M. & H.F. Madsen. 1976. Codling moth (Lepidoptera: Olethreutidae): monitoring population in apple orchards with sex pheromone traps. Can. Entomol. 108: 433-438.
- Vermeulen, J., L. Cichón & E. Parra. 1989. Sistema de alarma termo-acumulativo para el control de carpocapsa (*Cydia pomonella* L.) para el Alto Valle del Río Negro y Neuquén. INTA 16 pp.
- Vickers, R.A. 1977. Effect of delayed mating on oviposition pattern, fecundity and fertility in codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) Aust. J. Entomol. 36: 179-182.
- Vickers, R.A & G.H.L. Rothschild. 1991. Use of Sex pheromone for control of codling moth, in L.P.S. van der Geest and H.H. Evenhuis (eds.) World Crop Pests: Tortricid Pests: Their biology, natural enemies and control. Elsevier, New York.: 339-354.
- Vickers, R.A., W.G. Twaite, D.G. Williams & A.H. Nicholas. 1998. Control of codling moth in small plots by mating disruption: alone and with limited insecticide. Entomologia Experimentalis et Applicata 86: 229-239.
- Villareal, P., A. Tapata, G. Manganelli, L. Tamburo, C. Cartes y M. Villegas Negra. 2003. Evaluación Técnico Económica. Impacto de carpocapsa (*Cydia pomonella* L.) en la producción de fruta de pepita de la Norpatagonia Argentina.
- Vogt, R.G. 1995. Molecular genetics of moth olfaction: model for cellular identity and temporal assembly of the nervous system. In *Molecular Model System in the Lepidoptera*, ed. M. R. Goldsmith & A.S. Wilkins, pp. 341-67. Cambridge: Cambridge University Press.
- Vogt, R.G. & L.M. Riddiford. 1986. Pheromone reception: A kinetic equilibrium in: Mechanisms in Insect Olfaction. pp. 201-208. Eds. M. C. Birch and C. E. J. Kennedy. Clarendon Press, Oxford .

- Vrkoc, J., K. Konecny, I. Valterová and I. Hrdy. 1988. Rubber substrates and their influence on the isomerization of conjugated dienes in pheromone dispensers. *Journal of Chemical Ecology* 14: 1347-1358.
- Waldner, W. 1997. Three years of large-scale control of codling moth by mating disruption in the South Tyrol, Italy. pp.35-44 in Witzgall P. & Arn H. (eds.). *Technology transfer in Mating Disruption*. IOBC wprs Bulletin Vol 20 (1).
- Wearing, C.H. & J.G. Charles. 1978. Integrated control of apple pests in New Zealand: XIV. Sex pheromone traps to determine applications of azinfos -methyl for codling moth control. *In: Proceeding 31st New Zealand Weed and Pest Control Conference*, 8-10 August, New Plymouth: 229-235.
- Wearing, C.H. & R.F. Hutchins. 1973. α -Farnasene a naturally occurring oviposition stimulant for the codling moth, *Laspeyresia pomonella*, *J.Insect. Physiol.* 19: 1251-1256.
- Webster, R.L. 1936. A ten year study of codling moth activity. State College of Washington. Agricultural Experiment Station. Pullman. Bulletin N° 340.
- Weissling, T.J. & A.L. Knight. 1995. Vertical distribution of codling moth adults in pheromone-treated and untreated plots. *Entomol. Exp. et Appl.* 77:271-275.
- Welter, S.C. 1997. Range of attraction for modified pheromone trap-lure combinations for mating disruption orchards. 1997 Research report for California Bartlett Pears. California Pear Advisory Board, Sacramento, CA, USA.
- Welter, S.C., L. Varela & R. Freeman. 1991. Codling moth resistance to azinphosmethyl in California. *Resistant Pest Management Newsletter*. 3:12.
- White, L.D., R.B. Hutt & B.A. Butt. 1975. Field dispersal of laboratory-reared fertile female codling moths and population suppression by release of sterile males. *Environmental Entomology* 2: 66-69
- White, L.D., H.R. Moffit, R.G. Winterfield, L.V. Lydin, A.E. Clift & L.G. Schoenleber. 1976. Codling moth: effects of releasing irradiated mixed sexes of females or males only on reproductive of a native population. *J. Econ. Entomol.* 69(2):155-160.
- Wildbolz, T. & E. Mani. 1959. Über das Mass der Ausbreitung des Apfelwicklers während der Eiablageperiode. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 32: 241-257
- Wing, K.D., R.A. Slawecki & G.R. Carlson. 1988. RH-5849, a nonsteroidal ecdysone agonist: effects on larval Lepidoptera. *Science* 241:470-472.
- Witzgall, P. 2000. Mating Disruption of codling moth and beyond. Abstracts XXI International Congress of Entomology. XVIII Brazilian Congress of Entomology. pp. 977. Brazil.

- Wong, T.T.Y., M.C. Cleveland, D.F. Ralston & D.G. Davis. 1971. Time of sexual activity of codling moths in the field. J. Econ. Entomol. 64: 553-554.
- Woods, T.G. 1975. Field observations on flight and oviposition of codling moth *Carpocapsa pomonella* (L) and mortality eggs and first instar larvae in an integrated control orchard. New Zealand Journal of Agricultural Research, 8: 1043-1059.
- WSU, Cooperative Extension. 2002. Crop Protection Guide for Tree Fruits in Washington. EM0419. 81 pp.