



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Efectos del insecticida piriproxifeno sobre el parasitoide *Acerophagus flavidulus*
(Brèthes), enemigo natural del chanchito blanco de la vid *Pseudococcus viburni*
(Signoret)

MEMORIA DE TÍTULO

NICOLE ANGÉLICA PALMA MARTÍNEZ

TALCA, CHILE

2022

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2022



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Efectos del insecticida piriproxifeno sobre el parasitoide *Acerophagus flavidulus* (Brèthes), enemigo natural del chanchito blanco de la vid *Pseudococcus viburni* (Signoret).

Por

NICOLE ANGÉLICA PALMA MARTÍNEZ

MEMORIA DE TÍTULO

Presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de

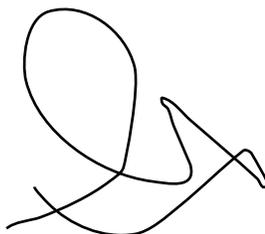
INGENIERO AGRÓNOMO

Talca, 2022

Aprobación:



**Profesor Guía: Biol. Dr. José Eduardo Fuentes-Contreras.
Profesor Titular
Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias**



**Profesor informante: Ing. Agr. Mg. Cs. Dra. Catalina Radrigán-Navarro.
Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias**

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 10 de mayo de 2022.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo incondicional que me ha brindado mi familia durante estos largos años. A mi pequeño Lucas que cada día me recibía con una hermosa sonrisa, cuando mamá regresaba desde la universidad, y entender poco a poco lo que significa para la mami seguir luchando por terminar su carrera, y por aún, seguir sonriendo junto a mí. A mis padres, Mireya y José, por estar en cada momento junto a mí y por no dejarme caer jamás, por estar frente a toda adversidad y por no dejarme nunca sola en todo este proceso que ha durado largos años. A Sixto, como mi pareja y padre de mi pequeño, por darme fuerzas para seguir, por apoyarme y levantarme cada vez que los días eran grises, por brindarle todo el amor a nuestro hijo Lucas. A mi abuelita M^a Susana y mi tata Pedro, por ser un claro ejemplo de superación, perseverancia y lucha para salir adelante, y recordándome siempre que la educación es lo más fundamental. A todo el resto de mi familia, que siempre está pendiente de mi hijo y mi pequeña familia, por su apoyo incondicional.

Finalmente, agradezco a cada profesor y personal de la facultad, que hizo que pudiera apreciar mi carrera cada día, por sus buenos consejos y ayudas cada vez que fue necesario. A mis profesores de tesis, Catalina y Eduardo, por su paciencia, apoyo y consejos, para poder seguir adelante y terminar este proceso, aprendiendo y tomándole mucho cariño a esta investigación que me enseñó demasiado.

ABSTRACT

Compatibility of insecticide sprays with the activity of biological control agents is of major importance for Integrated Pest Management (IPM). The effect of the insect growth regulator (IGR) pyriproxyfen on *Acerophagus flavidulus* (Brèthes), the main parasitoid of the obscure mealybug *Pseudococcus viburni* (Signoret) in Chile, was evaluated in this study. The natural enemy *A. flavidulus* was exposed to the minimum recommended dose of the insecticide pyriproxyfen (DELICO® EC 100) and to the control treatment with distilled water, in a residual manner. The parasitoids in contact with the residuals made contact with increasing densities of *P. viburni* (two, four, six and eight individuals) to subsequently evaluate parasitism, successful parasitism, the number of parasitoids emerged per mummified *P. viburni* and the longevity of these progeny. The results obtained indicated that the insecticide pyriproxyfen had an effect on parasitism where statistically significant differences were observed between higher and lower densities of *P. viburni*. Pyriproxyfen also had an effect on successful parasitism, observing that the density of six individuals of *P. viburni* exposed to the insecticide showed lower successful parasitism, a statistically significant difference compared to the control treatment and the other densities with both treatments. Pyriproxyfen had no effect on the number of parasitoids emerged and their longevity. According to this, it was determined that the IGR pyriproxyfen does not have a detrimental effect on the development and behavior of the parasitoid *A. flavidulus*.

RESUMEN

En el Manejo Integrado de Plagas (MIP) la compatibilidad de la aplicación de insecticidas con la actividad de los agentes del control biológico es de importancia principal. En este estudio se evaluó el efecto del insecticida regulador de crecimiento (IRC) piriproxifeno sobre *Acerophagus flavidulus* (Brèthes), principal parasitoide del chanchito blanco de la vid *Pseudococcus viburni* (Signoret) en Chile. El enemigo natural *A. flavidulus* fue expuesto a la dosis mínima recomendada del insecticida piriproxifeno (DELICO® EC 100) y al tratamiento control con agua destilada, de manera residual. Los parasitoides en contacto con los residuos tomaron contacto con densidades crecientes de *P. viburni* (dos, cuatro, seis y ocho individuos) para posteriormente evaluar el parasitismo, el parasitismo exitoso, el número de parasitoides emergidos por cada *P. viburni* momificada y la longevidad de esta progenie. Los resultados obtenidos indicaron que el insecticida piriproxifeno tuvo un efecto en el parasitismo donde se observaron diferencias estadísticamente significativas entre mayores y menores densidades de *P. viburni*. Piriproxifeno también tuvo efectos en el parasitismo exitoso, observando que la densidad de seis individuos de *P. viburni* expuesto al insecticida mostró un menor parasitismo exitoso, diferencia estadísticamente significativa frente al tratamiento control y las demás densidades con ambos tratamientos. Piriproxifeno no tuvo efectos sobre la cantidad de parasitoides emergidos y la longevidad de ellos. Determinando según éste estudio, que el IRC piriproxifeno no tiene un efecto perjudicial en el desarrollo y comportamiento del parasitoide *A. flavidulus*.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis	2
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Características generales del chanchito blanco de la vid (<i>Pseudococcus viburni</i>).....	4
2.2. Manejo Integrado de Plagas	4
2.2.1. Manejo integrado para el control de <i>Pseudococcus viburni</i>.....	5
2.2.1.1. Control químico	6
2.2.1.2. Control Biológico	9
2.3. Efectos de los insecticidas sobre parasitoides que controlan a los chanchitos blancos (<i>Pseudococcidae</i>).....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Ubicación del presente estudio	14
3.2. Crianza de <i>Pseudococcus viburni</i> en condiciones de laboratorio	14
3.3. Obtención de <i>Acerophagus flavidulus</i>	14
3.4. Concentración y aplicación del insecticida Ingrediente Activo (IA) piriproxifeno (DELICO ® 100 EC)	14
3.5. Tratamientos y repeticiones	15
3.6. Evaluaciones.....	16
3.7. Análisis de datos	16
4. RESULTADOS	18

4.1. Parasitismo del parasitoide <i>Acerophagus flavidulus</i> sobre <i>Pseudococcus viburni</i>	18
4.2. Parasitismo exitoso del parasitoide <i>Acerophagus flavidulus</i> sobre <i>Pseudococcus viburni</i>	20
4.3. Parasitoides emergidos desde momias de <i>Pseudococcus viburni</i> , anteriormente parasitados por <i>Acerophagus flavidulus</i>	22
4.4. Longevidad de parasitoides emergidos desde momias de <i>Pseudococcus viburni</i> , anteriormente parasitados por <i>Acerophagus flavidulus</i>	23
5. DISCUSIÓN	24
6. CONCLUSIONES	28
7. ANEXOS.....	29
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parasitismo del parasitoide <i>Acerophagus flavidulus</i> sobre <i>Pseudococcus viburni</i>.....	18
Figura 2. Parasitismo exitoso del parasitoide <i>Acerophagus flavidulus</i> sobre <i>Pseudococcus viburni</i>.....	20
Figura 3. Parasitoides emergidos desde momias de <i>Pseudococcus viburni</i>, anteriormente parasitados por <i>Acerophagus flavidulus</i>	22
Figura 4. Longevidad de parasitoides emergidos desde momias de <i>Pseudococcus viburni</i>, anteriormente parasitados por <i>Acerophagus flavidulus</i>.....	23

1. INTRODUCCIÓN

Las plagas presentes en Chile pueden llegar a producir un daño en nuestros cultivos que se puede llegar a cuantificar de manera económica. Uno de los insectos que generalmente está presente en los frutales en nuestro país y el cual causa rechazos cuarentenarios en nuestras exportaciones es *Pseudococcus viburni*, comúnmente llamado chanchito blanco de la vid (Salazar *et al.*, 2010).

Pseudococcus viburni pertenece a la familia Pseudococcidae, la cual es la segunda más numerosa, dentro de las 20 familias que conforman la súper familia Coccoidea. La familia Pseudococcidae incluye a los insectos que comúnmente llamamos chanchitos blancos (Salazar *et al.*, 2010).

Existen diversas razones por las cuales *P. viburni* es considerado una de las plagas primarias de los frutales (Koplow, 2004). Entre ellas se encuentra que existe un pobre control natural por parte de los parasitoides y depredadores, los cuales se ven afectados por el control químico efectuado sobre los frutales (Sazo, 1995; González *et al.*, 2001; González, 2003).

Pseudococcus viburni se encuentra distribuido desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de la Araucanía, además está presente en Isla de Pascua. Resulta ser un insecto polífago el cual tiene como hospederos los siguientes frutales: arándano, caqui, cerezo, ciruelo, chirimoyo, damasco, durazno, frambuesa, limonero, manzano, naranjo, peral y vid, entre otros (INIA, 2017).

Los métodos de control utilizados para *P. viburni* se centran en el manejo integrado de plagas (MIP). El MIP se realiza buscando un uso racional del control químico, biológico y cultural. Se considera una herramienta viable económicamente donde se

mezclan las diferentes herramientas anteriores, para así mantener poblaciones de la especie plaga bajo el umbral de daño económico (Ripa *et al.*, 2008).

Dentro del control biológico que es parte del MIP de *P. viburni*, se encuentran a lo menos ocho enemigos naturales de esta plaga. Uno de ellos es el parasitoide *Acerophagus flavidulus*, el cual tiene la mayor relevancia. Se trata de una pequeña avispa color gris, endémica y distribuida entre las regiones de Atacama y del Maule (Luppichini y Ripa, 2010).

El control químico puede ocasionar ciertas alteraciones sobre el comportamiento y desarrollo de *A. flavidulus*. De este modo, en este trabajo se espera determinar tales efectos al realizar aplicaciones en concentraciones comerciales del insecticida regulador de crecimiento, piriproxifeno.

A continuación, se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio:

1.1. Hipótesis

- Una dosis comercial del insecticida piriproxifeno para el control de chanchito blanco de la vid, disminuiría el parasitismo y el desarrollo del parasitoide *Acerophagus flavidulus* frente a densidades crecientes de *Pseudococcus viburni* en condiciones de laboratorio.

1.2. Objetivo general

- Evaluar el efecto de una aplicación de una dosis comercial del insecticida piriproxifeno sobre el parasitismo y el desarrollo del parasitoide *Acerophagus flavidulus* frente a densidades crecientes de *Pseudococcus viburni* en condiciones de laboratorio.

1.3. Objetivos específicos

- Determinar el parasitismo de *A. flavidulus* sobre densidades crecientes de *P. viburni* en condiciones de laboratorio.
- Determinar el parasitismo exitoso de *A. flavidulus* sobre densidades crecientes de *P. viburni* en condiciones de laboratorio.
- Determinar el número de parasitoides de *A. flavidulus* emergidos de momias de *P. viburni* parasitados, en condiciones de laboratorio.
- Determinar la longevidad de parasitoides de *A. flavidulus* emergidos de cada momia de *P. viburni* parasitado, en condiciones de laboratorio.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características generales del chanchito blanco de la vid (*Pseudococcus viburni*)

El daño directo causado por este insecto a los cultivos se produce cuando se alimenta de la savia de la planta, provocando una disminución leve en el crecimiento y la producción de la fruta. También se genera una pérdida en el valor comercial de la fruta, al verse afectada por infestaciones de sacos ovígeros, estados móviles y mielecilla excretada (Oyarzún, 2004; Rodríguez, 2017). Sin embargo, las principales pérdidas económicas se producen por los rechazos cuarentenarios que causa su detección en la fruta de exportación. La especie *P. viburni* es cuarentenaria para los países México, Bolivia, Colombia, Corea del Sur, Nueva Zelanda, Panamá y Japón (Moore, 2012).

Por otra parte, al no poder realizar un diagnóstico que sea específico para identificar a las especies de *Pseudococcus*, la sola pertenencia a este género podría ser causal de rechazo para las exportaciones chilenas, principalmente cuando el individuo encontrado está presente en un estado de huevo o ninfa (González, 2003).

2.2. Manejo Integrado de Plagas

El manejo integrado de plagas (MIP) se caracteriza por combinar estrategias de manejo que en su conjunto tienen por objetivo reducir la población de plagas de los cultivos mediante el uso racional del control químico, biológico y cultural. De esta forma se genera una minimización de los efectos adversos que producen los plaguicidas en la salud del ser humano y el medio ambiente (Ripa *et al.*, 2006).

Para llevar a cabo una buena implementación del MIP, debe existir un reconocimiento de las plagas a controlar, sus enemigos naturales y el daño directo e indirecto que provocan. Esto incluye el conocimiento de la biología de cada organismo, así como el

comportamiento que tienen en el agroecosistema. En el MIP se debe incluir el monitoreo constante de la plaga y el nivel y umbral de daño económico, para poder tomar decisiones que lleven a las acciones de control (Ripa *et al.*, 2008).

2.2.1. Manejo integrado para el control de *Pseudococcus viburni*

Una de las bases que permiten comenzar a realizar un programa de MIP, es la implementación de una estrategia que logre la integración de las diferentes herramientas y/o alternativas de manejo para el control de una plaga problema.

El uso de este método se justifica ya que el control químico para *P. viburni* se ve dificultado por las características y hábitos de este insecto, las cuales interfieren en el éxito de este por sí solo. Considerando de mayor relevancia el hábito críptico y subterráneo durante las distintas épocas del año, la cubierta algodonosa que protege los huevos en masas y la cubierta cerosa en estado adulto (Ripa y Rodríguez, 1999).

La infestación de la plaga a su vez, se ve favorecida en diversos sectores donde exista una mayor fertilización nitrogenada, una ausencia de controladores biológicos donde existan poblaciones de hormigas que alejen a los enemigos naturales y la presencia de malezas hospederas durante el periodo de invierno (correhuela, quinquilla, achicoria, cicuta, ñilhue, malva, etc.).

Considerando todos los factores y características anteriores, realizar un monitoreo de la plaga resulta fundamental y es necesario conocer anteriormente el ciclo de vida completo que posee durante la temporada (Castro, 2010).

Para que las técnicas o prácticas de monitoreo sean efectivas y entreguen un útil resultado deben ser elegidas según los objetivos, la época del año y el cultivo donde la plaga se encuentre.

Al tener los objetivos claros, se encontrará el método más efectivo y económico para realizar un monitoreo de chanchitos blancos que puede dividirse en detección, fenología y abundancia poblacional. De esta manera se determinará a través de profesionales o expertos en identificación de especies si corresponde a *P. viburni* los chanchitos blancos detectados en el predio en manejo. Posteriormente, se procederá a observar los estados de desarrollo que tiene la especie durante la temporada y al conocer la fenología de la especie se considerará cual será la mejor época de la temporada para un óptimo control. Finalmente, según el número y la distribución que tenga la especie plaga se representará de mejor manera el tamaño poblacional que dará paso a elegir los métodos de control necesarios (Zaviezo, 2010).

Para un exitoso manejo integrado de *P. viburni* se ha establecido la utilización de las distintas formas de control, tales como: control químico, control cultural y control biológico (Koplow, 2004).

2.2.1.1. Control químico

Los agricultores a lo largo del país generalmente utilizan este método de control como única alternativa, obteniendo resultados muy variables que se ven reflejados en las múltiples cifras de rechazos cuarentenarios. Según lo anterior, para tener un control adecuado se requiere un manejo temprano en la temporada (González, 2010).

Generalmente, el control químico de *P. viburni* se basa en el uso de insecticidas órganofosforados de contacto que principalmente se aplican en el follaje del cultivo y neonicotinoides sistémicos aplicados foliar y radicularmente a lo largo de la temporada. Al verse restringido el uso de ciertos pesticidas en los frutos de exportación según las regulaciones de cada mercado, se estima conveniente realizar aplicaciones durante el invierno, y/o a inicios de la brotación (Geiger y Daane, 2001).

González (2006) establece un programa de control químico para *P. viburni* en pomáceas, el cual incluye aplicaciones en prefloración y caída de pétalos que van dirigidas

principalmente a la primera generación de la plaga que se encuentra colonizando desde las puntas verdes del cultivo. La segunda generación del insecto se encuentra infestando cavidades calicinal y pedicelar de los frutos entre noviembre y enero, realizando aplicaciones de neonicotinoide y organofosforados en conjunto. Para el inicio de la tercera generación en enero se extienden las aplicaciones anteriores hasta marzo. Se traslapa la tercera y cuarta generación de la plaga en marzo y abril, realizando las últimas aplicaciones de otros organofosforados más aceites para la postcosecha de las pomáceas.

Los actuales tratados comerciales que Chile tiene con diferentes mercados han traído nuevos requerimientos para los productos y/o alimentos exportados. Como principal objetivo para cumplir con lo establecido, se busca realizar un manejo racional de los insecticidas; debido a que durante las últimas décadas ha existido un abuso en el uso de estos. Por lo tanto, se ha impulsado el uso de nuevos insecticidas que sean más selectivos y amigables con el ambiente (Silva y Hepp, 2003).

Actualmente, se ha buscado dejar restringidos algunos de los insecticidas organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides; buscando promover e incluir el uso de neonicotinoides, productos de origen microbiano, reguladores de crecimiento, entre otros (Casadei, 2003).

2.2.1.1.1. Insecticidas reguladores de crecimiento (IRC)

Los insecticidas reguladores de crecimiento (IRC) que tienen como objetivo selectivo actuar sobre la cutícula de las plagas a controlar, debido a las diferentes e importantes funciones que esta le concede a los insectos, tales como intervenir en una gran cantidad de procesos fisiológicos de los invertebrados, como por ejemplo el proceso de muda que realizan algunos de ellos y la regulación de características relacionadas al desarrollo de los estados de madurez, considerándose esto como metamorfosis del insecto.

Al conocer lo vital de ésta capa externa llamada cutícula, se han direccionado a ella las investigaciones para poder crear este grupo de insecticidas; que finalmente buscan alterar el crecimiento y/o desarrollo de la plaga (Viñuela *et al.*, 1991).

Dentro de este nuevo grupo de plaguicidas, se encuentran los agonistas de hormonas que actúan activando los receptores químicos del insecto que tienen una respuesta fisiológica que interviene en el proceso de desarrollo y crecimiento. Se consideran compuestos químicos análogos de las hormonas de la muda y de la hormona juvenil, que deben ser utilizados en un momento no conveniente ni correspondiente para obtener como resultado interferencias en procesos de muda y metamorfosis, que finalmente resultan en la muerte del insecto (Fuentes-Contreras, 2003).

2.2.1.1.1. Piriproxifeno

El insecticida piriproxifeno perteneciente a los IRC, es un derivado del grupo químico de las piridinas y actúa como agonista de la hormona juvenil en invertebrados plaga principalmente del Orden Hemiptera y Lepidoptera (Fuentes-Contreras, 2003). Durante los últimos años ha sido ampliamente utilizado para el control de plagas en diferentes lugares del mundo y en nuestro país buscando actuar de manera selectiva y así logrando alterar el equilibrio hormonal del insecto objetivo al suprimir los procesos de embriogénesis y metamorfosis, conservando las características inmaduras del insecto durante las primeras mudas (Eliahu *et al.*, 2007).

En Chile, el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) es la entidad encargada de autorizar el uso de plaguicidas para el uso interno. Se encuentran seis insecticidas con autorización vigente que tienen como ingrediente activo a piriproxifeno, dentro de ellos se encuentra DELICO ® 100 EC (SAG, 2022) utilizado en el presente estudio.

2.2.1.2. Control Biológico

En Chile, diversos institutos de investigación han desarrollado y puesto en práctica nuevos métodos de control para disminuir el uso de plaguicidas y de esta forma racionalizar su uso. Dentro de ellos, desde el año 1939 se han impulsado programas de control biológico para el chanchito blanco de la vid, *P. viturni* (Vargas, 1998).

Estudios y observaciones realizadas han determinado al parasitoide *Acerophagus* (= *Pseudaphycus*) *flavidulus*, los depredadores *Cryptolaemus montrouzieri* y *Chrysoperla* sp. como especies benéficas principales para el control biológico del chanchito blanco de la vid (Ripa y Rojas, 1990).

Al hacer un uso racional de los insecticidas, eligiendo aplicaciones de productos selectivos y dejando atrás aquellos de amplio espectro, permitirá que el control biológico se vea favorecido y sea más efectivo al no tener incidencias directas sobre aquellos enemigos naturales de la plaga. De esta manera, tendremos una gran densidad de poblaciones de insectos benéficos en nuestro país, muchos de ellos introducidos desde sus sitios de origen, teniendo una exitosa preservación (Luppichini y Ripa, 2010).

De no cumplirse lo anterior, los enemigos naturales se vuelven más susceptibles a las aplicaciones por sus características fisiológicas y por su desplazamiento sobre el cultivo buscando al insecto plaga, recibiendo y acumulando los residuos de pesticidas dirigidos al blanco (Luppichini y Ripa, 2010).

Para mantener un buen desarrollo y un ciclo de vida más extenso, los controladores biológicos requieren tener disponibles hidratos de carbono y proteínas para su dieta en estado adulto y así lograr una reproducción de ellos mismos. Esta dieta la encuentran en los mismos chanchitos blancos y en el polen de las flores presentes alrededor y dentro del huerto. Convirtiéndose en un factor importante la biodiversidad del ecosistema que presenta disponibilidad de su alimento, logrando así mantener un control biológico eficaz (Luppichini y Ripa, 2010).

Distintos investigadores concuerdan en cómo afecta negativamente la presencia de *Linepithema humile* Mayr, hormiga argentina, en el control biológico. Existe una interacción mutualista entre ellas y los chanchitos blancos. Esto sucede cuando *P. viburni* realiza succión de la savia de los cultivos, secretando un contenido azucarado denominado “mielecilla” sobre los órganos de la planta, alimento disponible para recolección de las hormigas aumentando la densidad de sus poblaciones. De esta manera, *L. humile* actúa protegiendo su fuente de alimento, dirigiendo ataques a los enemigos naturales (parasitoides y depredadores) desplazándolos y alejándolos de los chanchitos blancos. (Ripa y Rojas, 1990; González, 2003; Charlin, 2009; Luppichini y Ripa, 2010; Rodríguez, 2017).

Para objetivos de este estudio, se comprende la importancia del parasitoide *Acerophagus (=Pseudaphycus) flavidulus* sobre el control biológico del chanchito blanco de la vid, disponible comercialmente en nuestro país.

2.2.1.2.1. *Acerophagus (=Pseudaphycus) flavidulus* (Brèthes)

El parasitoide *Acerophagus flavidulus* (Brèthes) (Hymenoptera: Encyrtidae), es una pequeña avispa, considerada como el controlador biológico de mayor importancia para *Pseudococcus viburni*, el chanchito blanco de la vid (Luppichini y Ripa, 2010).

Es una especie endémica de Chile y Argentina, y en nuestro país está distribuida desde la región de Atacama a la región del Maule. Avispa de tonalidades amarillentas y grisáceas, llega a medir aproximadamente 2mm, sus antenas son grises y con terminaciones blanquecinas, su aparato ovipositor sobresale en el extremo posterior del abdomen y está presente en cada hembra de la especie para depositar sus huevos en sus hospederos.

Se le reconoce como específico para *P. viburni* y con la capacidad de parasitar desde individuos pequeños hasta adultos que se encuentren bien desarrollados. Al tener un pequeño tamaño, logra alcanzar los lugares críticos en los que el chanchito blanco permanece durante la temporada.

Acerophagus flavidulus endoparasita al chanchito blanco de la vid y al ser un parasitoide gregario, oviposita varios huevos dentro de su hospedero. Al eclosionar sus huevos las larvas del parasitoide se desarrollan al interior, alimentándose del hospedero para posteriormente emerger.

Los parasitoides hijos se desarrollan dentro de cada chanchito blanco, provocando que este pierda la movilidad, pierda sus extremidades y adquiera una tonalidad amarillenta; quedando en un estado denominado momia donde posteriormente desde el interior crearán pequeños orificios circulares para poder emerger de su hospedero y dejarán una estructura momificada; rígida, vacía y frágil.

Acerophagus flavidulus resulta ser un promisorio controlador biológico de *P. viburni*, por lo que durante años se ha investigado el desarrollo y comportamiento de esta especie frente a diversos escenarios que posean las características adecuadas y óptimas para la introducción y liberación del agente controlador en diferentes países (Karamaouna y Copland, 2000).

Karamaouna y Copland (2000) investigaron la capacidad de *A. flavidulus* al utilizar sus antenas y aparato ovipositor para buscar, encontrar y posteriormente aceptar o rechazar a los hospederos según el tamaño de ellos. Además, concluyeron que puede aceptar y ovipositar a ninfas migratorias o crawlers (<0.5 mm) de *P. viburni*, pero el parasitismo no resulta exitoso al no ser los recursos adecuados para el desarrollo de *A. flavidulus*.

Los factores ambientales, tales como la temperatura, son determinantes en el desarrollo del parasitoide, como también en sus capacidades para realizar un parasitismo

efectivo frente a *P. viburni* (Karamaouna y Copland, 2000). En Chile, se adapta a condiciones climáticas de la zona centro principalmente en primavera y verano, ya que se le otorgan temperaturas óptimas de desarrollo que rodean los 26°C. Karamaouna y Copland (2009) concluyeron que *A. flavidulus* requiere una temperatura relativamente más baja que su hospedero *P. viburni* para completar su desarrollo. Así, el parasitoide completaría más generaciones que su hospedero, beneficiando el control biológico de la plaga.

Las prácticas agrícolas que se desarrollan durante la temporada en huertos frutales, como la aplicación de diferentes agroquímicos para el control de *P. viburni*, afectarían en el desarrollo, comportamiento y oviposición de *A. flavidulus*, al tener un cierto grado de toxicidad hacia la mayoría de los parasitoides del orden Hymenoptera (Blanco y Bernal, 2003).

2.3. Efectos de los insecticidas sobre parasitoides que controlan a los chanchitos blancos (Pseudococcidae)

Las sustancias químicas utilizadas para el control de plagas, denominadas insecticidas y/o plaguicidas, al tener una alta toxicidad para producir la muerte del insecto a controlar, definitivamente, no consideran a los insectos no blanco, dentro de los cuales encontramos a diversos controladores biológicos (parasitoides y depredadores), generalmente de los órdenes Hymenoptera y Diptera, que poseen características físicas y de comportamiento que los hacen mayormente susceptibles a las aplicaciones de los productos químicos. Considerándose no compatibles con los programas de control biológico (Blanco y Bernal, 2003).

Durante varios años se han utilizado mayoritariamente pesticidas de amplio espectro; pero debido a las evidencias que demuestran el daño que causan al ser humano, el medio ambiente y a otros artrópodos benéficos, se han investigado y desarrollado nuevos ingredientes activos para insecticidas que tengan un menor riesgo para su entorno y sean

más selectivos a la hora de dirigir una aplicación. Dentro de ellos encontramos a los insecticidas reguladores de crecimiento (IRC), considerados en varios estudios e investigaciones menos perjudiciales en el desarrollo y/o comportamiento de los enemigos naturales de diferentes especies de la familia Pseudococcidae (Rothwangl *et al.*, 2004; Cloyd y Dickinson, 2006; Suma *et al.*, 2009; Radrigán-Navarro *et al.*, 2021).

Las medidas que se evalúan en este estudio; parasitismo, parasitismo exitoso, progenie o cantidad de parasitoides emergidos y longevidad de parasitoides emergidos, son considerados parámetros de evaluación de efectos subletales; que forman parte de los efectos secundarios provocados por los insecticidas sobre los insectos benéficos. No deben considerarse menos importantes a la hora de evaluar un insecticida, debido a que el desempeño que ejercen sobre los parasitoides puede afectar aquellos parámetros y finalmente el control biológico de plagas (Francesena, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del presente estudio

El estudio fue realizado en el Laboratorio de Sanidad Vegetal, el cual pertenece a la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicado en la Universidad de Talca, Talca, Chile.

3.2. Crianza de *Pseudococcus viburni* en condiciones de laboratorio

Los chanchitos blancos utilizados en el ensayo, fueron enviados por la empresa Xilema S.A., la cual produce controladores biológicos de plagas. Con los ejemplares recibidos se inició una colonia de *P. viburni* en el mismo laboratorio de Sanidad Vegetal, utilizando zapallos tipo butternut (*Cucurbita moschata*). Los zapallos ya infestados se almacenaron en una cámara con condiciones de temperatura y humedad controladas de 23°C y 45% HR.

3.3. Obtención de *Acerophagus flavidulus*

Los individuos de *A. flavidulus* utilizados en este estudio fueron enviados en estado de momia por la misma empresa Xilema S.A. Las momias recibidas en placas de vidrio se almacenaron en una cámara CONVIRON®, bajo condiciones de temperatura y humedad controladas de; 25°C y 50% HR.

3.4. Concentración y aplicación del insecticida Ingrediente Activo (IA) piriproxifeno (DELICO ® 100 EC)

Se utilizó una dosis subletal de 50cc/hL, correspondiente a una concentración del 100% de la concentración mínima de insecticida recomendada por los fabricantes (Anasac Chile). Estudios previos (Corvalán, 2017; Ibacache, 2019) indican que esta dosis no produce mortalidad aguda en los parasitoides bajo las mismas condiciones de laboratorio.

En contenedores plásticos de 30 ml de capacidad se introdujo hojas de manzano previamente cortadas en círculos; de modo que fueran del mismo diámetro del contenedor utilizado. Sobre éste, con un disco de hoja en su interior se realizó la aplicación de 2 ml del tratamiento correspondiente con piriproxifeno y del tratamiento control con agua destilada de manera residual con una torre de pulverización de precisión de Potter a 6 PSI. Ambos tratamientos se dejaron secar luego de su aplicación aproximadamente 2 horas a temperatura ambiente. Luego de transcurrido el tiempo de espera se introdujo a cada contenedor de 30 ml con el disco de hoja en su interior un sólo parasitoide de *A. flavidulus* e inmediatamente se procedió a tapar con su respectiva tapa, para posteriormente dejar al parasitoide en contacto con los residuos de cada tratamiento.

3.5. Tratamientos y repeticiones

Los tratamientos para evaluar si la aplicación de piriproxifeno afecta el parasitismo y la progenie de *A. flavidulus*, consideraron densidades crecientes de dos, cuatro, seis y ocho individuos de *P. viburni* provenientes de la crianza de laboratorio. Para cada densidad de chanchitos se utilizaron 10 repeticiones por cada tratamiento.

Cada contenedor tenía su propia tapa, a las cuales se les realizó tres orificios que posteriormente fueron sellados con una cinta respirable MICROPORE (3M®) para así evitar que se condense el insecticida y la salida del parasitoide introducido. Al ingresar los parasitoides a cada contenedor, estos se dejaron en la cámara CONVIRON® que se encuentra con condiciones controladas de 25°C y 55% HR durante 24 horas posteriores.

Las ninfas de *P. viburni* se seleccionaron de la crianza de laboratorio. Luego se introdujeron a placas Petri de 90 mm de diámetro separadas según densidades (2, 4, 6 y 8 individuos). Pasadas las 24 horas donde los parasitoides estuvieron en contacto con los residuos de insecticida y agua destilada, éstos fueron retirados de los contenedores y puestos cada uno en una placa con distintas densidades de chanchitos blancos, para posteriormente cerrar cada placa durante 24 horas, mantenidas en la misma cámara CONVIRON® con condiciones controladas. Transcurrido el tiempo de espera, se

procedió a abrir cada placa Petri, y desde esta se extrajeron los parasitoides, los cuales fueron puestos en tubos Eppendorf con 0.1 ml de alcohol. Posteriormente se cerraron las placas Petri con las distintas densidades de chanchitos blancos, para esperar siete días para poder realizar la revisión de posibles momias parasitadas por *A. flavidulus*.

Los parasitoides conservados en tubos Eppendorf con 0.1 ml de alcohol se revisaron bajo una lupa estereoscópica para poder determinar e identificar su terminalia (parte posterior del insecto), es decir, la presencia o no de aparato ovipositor para determinar su sexo (hembra o macho).

Cada densidad de *P. viburni* tuvo cuatro repeticiones, exceptuando la densidad de 4 individuos que tuvo seis repeticiones. Las unidades experimentales utilizadas por cada repetición de los tratamientos fueron entre 4 y 10 de manera simultánea (Anexo 1).

3.6. Evaluaciones

Terminado el ensayo se realizaron revisiones cada siete, 14 y 21 días, donde se registraron el número de momias de *P. viburni* presentes en cada placa Petri con distintas densidades y repeticiones.

Cada posible momia de *P. viburni* parasitada se trasladó a tubos Eppendorf con su respectiva densidad y repetición rotulada. Cada tubo fue llevado a la cámara CONVIRON y cada 24 horas se debía realizar una revisión de cada tubo para evidenciar si existió o no emergencia de parasitoides desde las posibles momias. Los parasitoides emergidos se trasladaron a diferentes tubos Eppendorf con una dieta de miel-agar y así evaluar cada 24 horas su longevidad.

3.7. Análisis de datos

El análisis de los datos obtenidos en este estudio se realizó con el programa estadístico Statgraphics XIX Centurion.

Se ingresaron los datos de cada variable dependiente (parasitismo en *P. viburni*, parasitismo exitoso en *P. viburni*, número de parasitoides emergidos y longevidad de parasitoides emergidos) en conjunto con el tratamiento aplicado.

Se evaluaron los supuestos de normalidad (Prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de las varianzas (Prueba de Levene) para establecer un análisis paramétrico de los datos ingresados. Como no se cumplieron los supuestos del análisis paramétrico se procedió a un análisis con la Prueba de Kruskal-Wallis para cada variable del ensayo y estimar las diferencias significativas entre cada tratamiento. Finalmente, se aplicó una prueba de múltiples rangos (P Tukey HSD) para cada variable por tratamiento, determinando cuales medias son significativamente diferentes de otras con un nivel del 95,0% de confianza.

4. RESULTADOS

4.1. Parasitismo del parasitoide *Acerophagus flavidulus* sobre *Pseudococcus viburni*

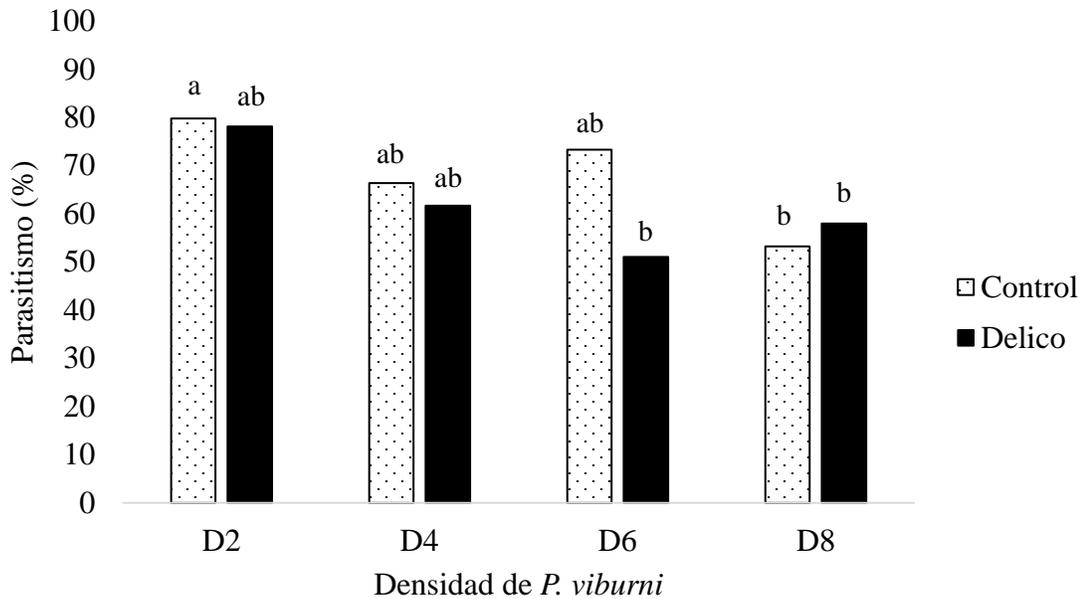


Figura 1. Gráfico del parasitismo (%) de *Acerophagus flavidulus* sobre densidades crecientes (2, 4, 6 y 8) de *Pseudococcus viburni* posterior exposición residual del parasitoide a tratamientos de agua destilada e insecticida piriproxifeno (Control y Delico, respectivamente) durante 24 horas.

Los tratamientos seguidos por letras diferentes poseen diferencias estadísticamente significativas según P Tukey HSD ($P \leq 0,05$).

En la figura 1, se observa que el porcentaje de parasitismo para todas las densidades alcanza sobre el 50% con ambos tratamientos aplicados.

La prueba de múltiples rangos para separación de medias Tukey HSD mostró que existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. El porcentaje de parasitismo del tratamiento de dos individuos de *P. viburni* (D2) expuesto a agua destilada

(Control) con un 79,76% es significativamente mayor que el tratamiento con seis individuos de *P. viburni* (D6) expuesto a piriproxifeno (Delico) con un 51,06% y de los tratamientos con ocho individuos de *P. viburni* (D8) expuestos a agua destilada (Control) y piriproxifeno (Delico) con 53,23% y 58,00%, respectivamente.

A menor densidad de individuos de *P. viburni* (D2) se observó un porcentaje de parasitismo significativamente mayor comparado con una densidad mayor de individuos (D8) que fue estadísticamente en el tratamiento de agua destilada (Control).

4.2. Parasitismo exitoso del parasitoide *Acerophagus flavidulus* sobre *Pseudococcus viburni*

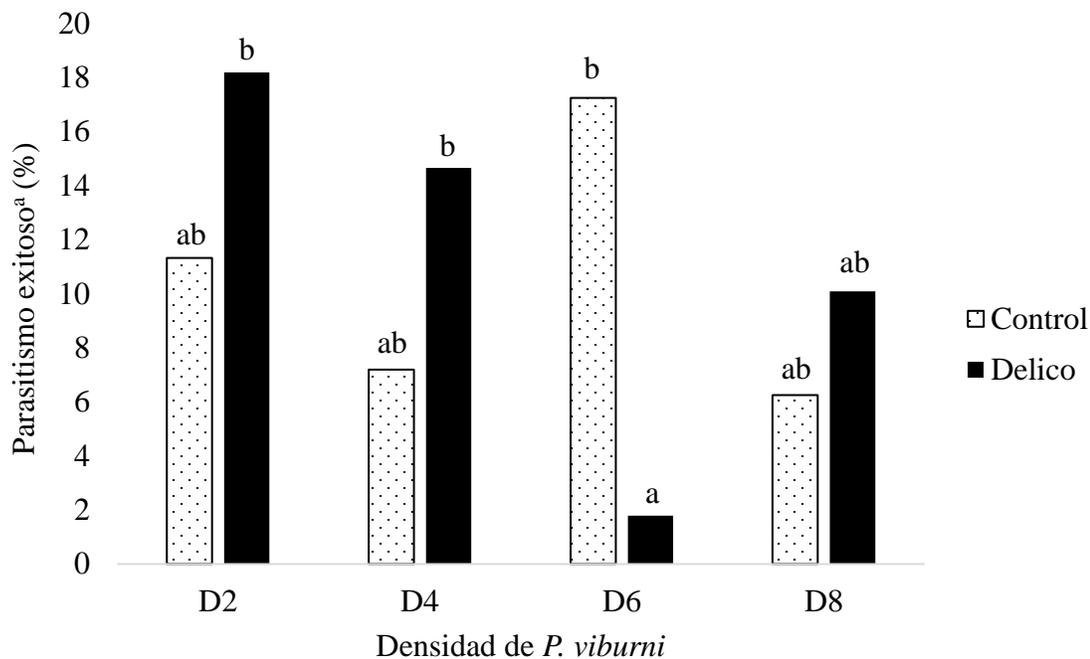


Figura 2. Gráfico de la proporción de parasitismo exitoso de *Acerophagus flavidulus* sobre densidades crecientes (2, 4, 6 y 8) de *Pseudococcus viburni* posterior exposición residual del parasitoide a tratamientos de agua destilada e insecticida piriproxifeno (Control y Delico, respectivamente) durante 24 horas.

Los tratamientos seguidos por letras diferentes poseen diferencias estadísticamente significativas según P Tukey HSD ($P \leq 0,05$).

^a Momificación de individuos de *P. viburni* con emergencia de a lo menos un parasitoide hijo que confirma su parasitismo.

En la figura 2, se observa que para los tratamientos aplicados el parasitismo exitoso no superó el 20%. El parasitismo máximo obtenido fue de 18,18% en el tratamiento de dos individuos de *P. viburni* (D2) con la aplicación de piriproxifeno (Delico) y el mínimo obtenido fue de 1,79% en el tratamiento de seis individuos de *P. viburni* (D6) con la aplicación de piriproxifeno (Delico).

El tratamiento D6 con la aplicación de piriproxifeno (Delico) con un 1,79% presenta significativamente menor parasitismo exitoso que los tratamientos; D2 expuesto a piriproxifeno (Delico) con un 18,18%, D4 expuesto a piriproxifeno (Delico) con un 14,66% y D6 expuesto a agua destilada (Control) con un 17,24% de parasitismo exitoso.

Los tratamientos con las menores densidades de *P. viburni* (D2 y D4) expuestos a piriproxifeno (Delico) se observan con un mayor porcentaje de parasitismo exitoso, mientras que para los tratamientos con agua destilada (Control), sólo la densidad 6 mostró tener un parasitismo exitoso mayor y significativamente diferente a los demás.

4.3. Parasitoides emergidos desde momias de *Pseudococcus viburni*, anteriormente parasitados por *Acerophagus flavidulus*

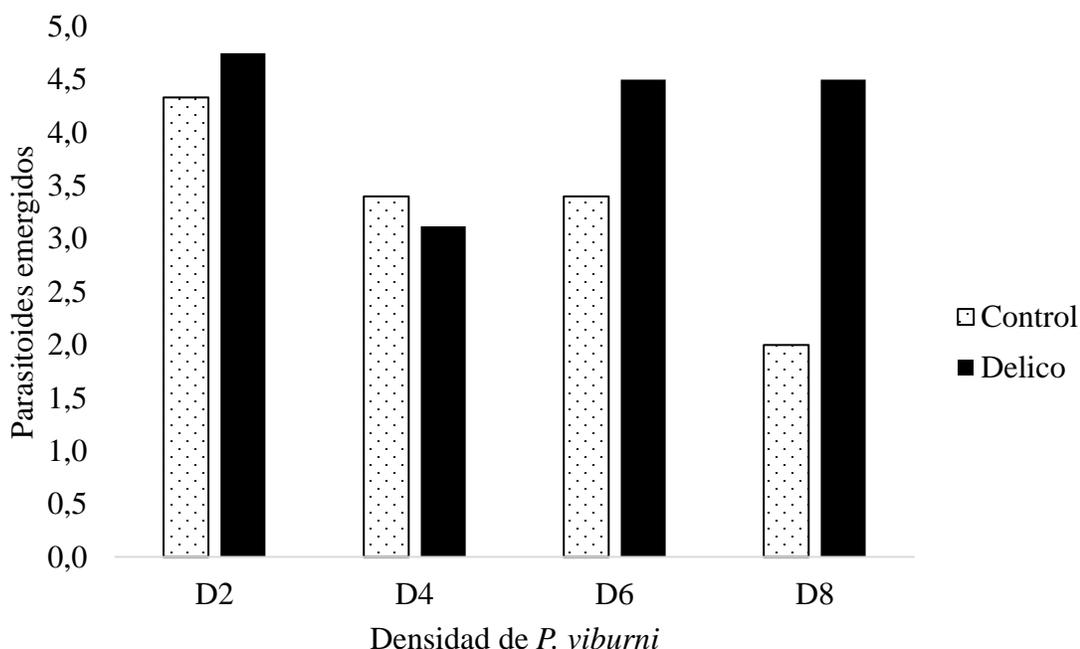


Figura 3. Gráfico de la cantidad de parasitoides emergidos por momia de *Pseudococcus viburni* parasitados por *Acerophagus flavidulus* sobre densidades crecientes (2, 4, 6 y 8) de *Pseudococcus viburni* posterior exposición residual del parasitoide a tratamientos de agua destilada e insecticida piriproxifeno (Control y Delico, respectivamente).

Los tratamientos no poseen diferencias estadísticamente significativas según P Tukey HSD ($P \leq 0,05$).

En la Figura 3, se observa que el número de parasitoides emergidos por cada individuo parasitado es homogéneo en cada tratamiento aplicado; ya que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Mostrando así, promedios que rodean una cantidad de 4 parasitoides emergidos por cada tratamiento.

4.4. Longevidad de parasitoides emergidos desde momias de *Pseudococcus viburni*, anteriormente parasitados por *Acerophagus flavidulus*

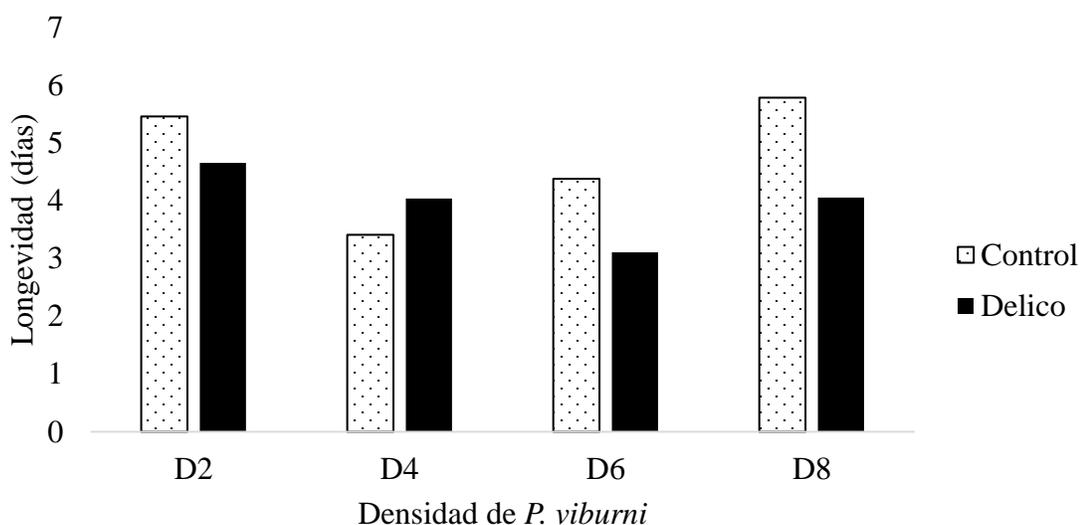


Figura 4. Gráfico de la cantidad de días de vida de parasitoides emergidos por momia de *Pseudococcus viburni* parasitados por *Acerophagus flavidulus* sobre densidades crecientes (2, 4, 6 y 8) de *Pseudococcus viburni* posterior exposición residual del parasitoide a tratamientos de agua destilada e insecticida piriproxifeno (Control y Delico, respectivamente).

Los tratamientos no poseen diferencias estadísticamente significativas según P Tukey HSD ($P \leq 0,05$).

En la Figura 4, se observa que, en todas las densidades expuestas a ambos residuos de tratamientos, la longevidad de los parasitoides emergidos desde las momias de *P. viburni* parasitadas por *A. flavidulus* lograron vivir en promedio más de 3 días, y no superaron los 6 días de vida. Pese a lo anterior, la longevidad de los parasitoides emergidos no fue significativamente diferente.

5. DISCUSIÓN

La compatibilidad del uso de insecticidas con el control biológico es importante para poder implementar un Manejo Integrado de Plagas (MIP) en diferentes huertos frutales, dando la posibilidad de disminuir el impacto negativo que producen los diferentes pesticidas sobre el ser humano, el medio ambiente y la diversidad de especies; dentro de ellas los controladores biológicos; que coexisten en un mismo agroecosistema. De esta manera, a través de investigaciones y ensayos se busca estudiar la implementación de un MIP que incluya insecticidas selectivos, de poca persistencia y que tengan un efecto negativo no perjudicial en los controladores biológicos de las diferentes plagas que afectan los cultivos (Blanco y Bernal, 2003).

La vía más común, por la que los enemigos naturales pueden verse afectados por las aplicaciones de insecticida, es mediante el contacto de ellos con los residuos que quedan presente en los cultivos (Croft, 1990). Por lo tanto, los estudios que evalúan los efectos secundarios de los insecticidas sobre los insectos benéficos, evalúan el comportamiento de éstos exponiéndolos a residuos de los pesticidas comúnmente utilizados.

En el desarrollo de este ensayo en laboratorio, se simuló un escenario similar al que estarían expuestos los enemigos naturales en las hojas de manzano en un huerto convencional; demostrando que el parasitismo en un huerto de manzanas, donde se realicen aplicaciones del insecticida regulador de crecimiento piriproxifeno (DELICO® EC 100) se ve afectado de manera mínima; como también su progenie y longevidad de la progenie.

Un ensayo realizado por Rothwangl *et al.* (2004) evaluó el efecto de tres diferentes insecticidas reguladores de crecimiento, dentro de ellos, el ingrediente activo piriproxifeno, sobre un parasitoide de la familia Encyrtidae, *Leptomastix dactylopii* Howard, el cual parasita al chanchito blanco de los cítricos *Planococcus citri* (Risso). Se demostró que piriproxifeno, en general no es perjudicial para el parasitoide. Sin embargo,

afecta de manera significativa el parasitismo de éste sobre *P. citri*. Siendo nuestros resultados similares para *Acerophagus flavidulus*, demostrando cierto efecto en el parasitismo que este realiza sobre el chanchito blanco de la vid, *P. viburni*.

Cloyd y Dickinson (2006), evaluaron en condiciones de laboratorio, los efectos de piriproxifeno con la dosis recomendada en la etiqueta sobre el parasitoide *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) que controla a *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera: Pseudococcidae), chanchito blanco de los cítricos. Determinaron que no afectaron negativamente la tasa de parasitación de *L. dactylopii*, como tampoco el porcentaje de emergencia de los parasitoides. Cierta resultado concuerda con los de nuestro estudio, al no mostrar un efecto negativo por parte del mismo insecticida sobre el parasitoide *A. flavidulus*.

Por otro lado, Suma *et al.* (2009) realizaron un ensayo similar evaluando los efectos secundarios de cinco insecticidas que incluyen el piriproxifeno sobre tres parasitoides de las escamas de los cítricos; *Aphytis melinus* DeBach, *Coccophagus lycimnia* Walker (Hymenoptera: Aphelinidae) y *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae). Piriproxifeno resultó moderadamente perjudicial en *C. lycimnia* y ligeramente perjudicial en *A. melinus* y *L. dactylopii*. El parasitoide encártido *L. dactylopii* mostró una baja susceptibilidad al IRC piriproxifeno, tal como el encártido *A. flavidulus* evaluado en este estudio. Por otro lado, las hembras de *C. lycimnia* supervivientes del ensayo con piriproxifeno, no produjeron descendencia. Resultados que no concuerdan con los efectos de piriproxifeno sobre la avispa endoparasitoide *A. flavidulus*, lo cual puede ser diferente por las diferentes condiciones en las que se realizaron ambos ensayos y/o por las diferencias fisiológicas, morfológicas y conductuales entre *A. flavidulus* y *C. lycimnia*.

Francesena (2015) evaluó el efecto subletal de cinco insecticidas, dentro de ellos piriproxifeno, sobre el enemigo natural de *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae), el endoparasitoide *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae). El insecticida piriproxifeno no redujo el parasitismo efectivo de las hembras de *E. mundus*, pero, sí afectó el porcentaje de emergencia del parasitoide y la longevidad

de la progenie. Este resultado, de cierta forma, es consistente con lo obtenido en este estudio, que muestra un parasitismo exitoso de *A. flavidulus*, que no difiere estadísticamente en los tratamientos expuestos a agua destilada y a piriproxifeno, para la densidad de 2, 4 y 8 individuos de *P. viburni*, exceptuando a la densidad de 6 individuos, donde se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos. Por el contrario, en este presente estudio la cantidad de parasitoides emergidos y la longevidad de la progenie de *A. flavidulus* no resultó afectado de manera significativa por el insecticida piriproxifeno para todos los tratamientos.

Dentro de un estudio actual, Radrigán-Navarro *et al.* (2021) evaluaron el insecticida piriproxifeno con la dosis mínima recomendada por los fabricantes, sobre adultos del parasitoide *A. flavidulus* que controla al chanchito blanco de la vid *P. viburni*. Se determinó que piriproxifeno fue inofensivo o ligeramente perjudicial para *A. flavidulus*. Los resultados fueron similares a los del presente ensayo que determina que el insecticida piriproxifeno no causa mayores daños secundarios sobre el parasitoide *A. flavidulus*.

Se debe tomar en consideración que para este estudio se evaluó el efecto del insecticida sobre estados adultos de *A. flavidulus*; donde el IRC piriproxifeno tiene como modo de acción ser un análogo de la hormona juvenil (HJ), denominándose “juvenoides” que a grandes rasgos actúa sobre estados inmaduros de los insectos, cuando ellos realizan el proceso de muda; evitando generalmente que el individuo llegue al estado adulto y al ser un endoparasitoide, y desarrollar sus primeros estadios de huevo a adulto dentro de *P. viburni* parasitado, posiblemente no se ve afectado por las aplicaciones en los diferentes ensayos reportados en la literatura. Sin embargo, dentro del ensayo se observó que el insecticida pudo afectar, aunque de manera mínima el parasitismo de *A. flavidulus*.

Es importante recalcar e impulsar este tipo de estudios sobre los efectos secundarios y/o subletales que pueden provocar los insecticidas sobre los parámetros del parasitoide *A. flavidulus*; tales como; la tasa de parasitismo, la cantidad de parasitoides emergidos, la longevidad de la progenie, la razón sexual de la progenie, el comportamiento que tienen

en un determinado tiempo y espacio, etc. Los cuales pueden determinar el total desempeño que tiene el controlador biológico sobre el chanchito blanco de la vid, *P. viturni*.

Lo anterior, debido a que existe poca evidencia de lo anteriormente evaluado, siendo de suma importancia conocer cómo afectan los IRC considerados más selectivos en las aplicaciones que se realizan en huertos frutales de Chile, perjudicando mínimamente a controladores biológicos, como *A. flavidulus*, que se encuentran dentro de los agroecosistemas.

Finalmente, teniendo evidencias concretas y diversos bioensayos similares que evalúen la compatibilidad de los insecticidas con los enemigos naturales de las plagas presentes en nuestro país, favoreciendo e impulsando la implementación del MIP, que permitiría la disminución de sustancias nocivas para el ser humano, el ambiente y la fauna benéfica que nos rodea.

6. CONCLUSIONES

Las evaluaciones de este estudio han determinado que el IRC piriproxifeno utilizado en huertos frutales de manzano para el control de plagas; aplicado a la dosis comercial recomendada sobre el parasitoide *Acerophagus flavidulus* enemigo natural del chanchito blanco de la vid *Pseudococcus viburni* en condiciones de laboratorio controladas, no fue perjudicial para el desarrollo del controlador biológico, ni para los parámetros evaluados en el ensayo.

Finalmente, una dosis comercial del insecticida piriproxifeno para el control de chanchito blanco de la vid, no disminuyó de manera significativa el parasitismo y el desarrollo del parasitoide *Acerophagus flavidulus* frente a densidades crecientes de *Pseudococcus viburni* en condiciones de laboratorio.

7. ANEXOS

Cuadro 1. Número de placas por cada tratamiento (Control y Delico), que corresponden a las unidades experimentales del ensayo y número de repeticiones por tratamiento y densidad.

Densidad de <i>P. viburni</i>	Repeticiones	N° de placas por tratamiento	
		Control	Delico
2	R4	10	10
	R5	6	5
	R6	10	10
	R11	7	5
4	R2	10	10
	R3	10	10
	R4	10	10
	R5	6	5
	R6	10	10
	R11	7	5
6	R4	10	10
	R7	10	10
	R8	4	8
	R9	4	6
8	R5	10	10
	R8	6	7
	R9	5	5
	R10	6	4

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ben-Dov, Y. y M. Ferrero. 1995. The identity of the mealybug taxa described by V.A. Signoret. Bull. Ent. France 100:241-256.

Blanco, C. y J. Bernal. 2003. Insecticidas y control biológico. En Silva, G. y R. Hepp. 2003. Bases para el uso racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chillán, Chile. 71-85pp.

Casadei, G. 2003. Breve historia de los insecticidas. En Silva, G. y R. Hepp. 2003. Bases para el uso racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chillán, Chile. 19-29pp.

Castro, D. 2010. Guía de elementos básicos para el monitoreo y detección de chanchitos blancos (*Pseudococcus viburni*) para implementar MIP acorde a los requerimientos BPA. FDF Fundación para el desarrollo frutícola. 30p.

Charlin, R. 2009. Estrategias de control de Chanchitos Blancos en carozos y pomáceas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Sanidad Vegetal. Universidad de Chile. Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF). Casa Piedra, Chile.

Cloyd, R. A. y A. Dickinson. 2006. Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of citrus mealybugs (Homoptera: Pseudococcidae), Journal of Economic Entomology 99(5): 1596-1604.

Corvalán, T. 2017. Efectos de piriproxifen sobre el parasitismo de *Acerophagus flavidulus* (Brethés) sobre el chanchito blanco de la vid, *Pseudococcus viburni* (Signoret). Memoria de Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca. Chile. 32p.

Croft, B. 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. Wiley. New York. EE.UU.

Eliahu, M., D. Blumberg. A. R. Horowitz y I. Ishaaya. 2007. Effect of pyriproxifen on developing stages and embryogenesis of California red scale (CRS), *Aonidiella aurantii*. SOCI. Pest Management Science. 63: 743-746.

Fuentes-Contreras, E. 2003. Los insecticidas en la agricultura del nuevo siglo. En Silva, G. y R. Hepp. 2003. Bases para el uso racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chillán, Chile. 293-307pp.

Geiger, C y K. M. Daane. 2001. Seasonal Movement and Distribution of the Grape Mealybug (Homoptera: Pseudococcidae): Developing a Sampling Program for San Joaquin Valley Vineyards. Journal of Economic Entomology. 94. 291-301pp.

González, R., G. Poblete, P. Barria. 2001. El chanchito blanco de los frutales en Chile, *Pseudococcus viburni* (Signoret), (Homoptera: Pseudococcidae). Revista Frutícola 22(1): 17-26.

González, R. 2003. Chanchitos blancos de importancia agrícola y cuarentenaria, en huertos frutales de Chile (*Hemiptera: Pseudococcidae*). Revista Frutícola, Vol. 24. N°1.

González, R. 2006. Control químico en el manejo de poblaciones de Pseudocóccidos en frutales de exportación. Departamento de Sanidad Vegetal. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.

González, R. 2011. Pseudocóccidos de importancia frutícola en Chile (Hemiptera: Pseudococcidae). Universidad de Chile, publicaciones en Ciencias Agrícolas N° 18. 186p.

Ibacache, C. 2019. Efectos subletales del insecticida piriproxifen sobre el parasitoide *Acerophagus flavidulus* (Bréthes), enemigo natural de *Pseudococcus viburni* (Signoret). Tesis de Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca. Chile. 24p.

Koplow, C. 2004. Monitoreo y control físico de chanchitos blancos (*Pseudococcus viburni*) (Signoret) en vid, antecedentes para el manejo integrado. Tesis de Magíster. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 57p.

Karamaouna, F. y M.J.W. Copland. 2000. Host suitability, quality and host size preference of *Leptomastix epona* and *Pseudaphycus flavidulus*, two endoparasitoids of the mealybug *Pseudococcus viburni*, and host size effect on parasitoid sex ratio and clutch size. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 96: 149–158.

Karamaouna, F. y M.J.W. Copland, 2000. Oviposition behaviour, influence of experience on host size selection, and niche overlap of the solitary *Leptomastix epona* and the gregarious *Pseudaphycus flavidulus*, two endoparasitoids of the mealybug *Pseudococcus viburni*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 97: 301–308.

Karamaouna, F. y M.J.W. Copland, 2009. Fitness and life history parameters of *Leptomastix epona* and *Pseudaphycus flavidulus*, two parasitoids of the obscure mealybug *Pseudococcus viburni*. *International Organization for Biological Control (IOBC)*. 54: 65-76.

Luppichini, P. y R. Ripa. 2010. Control biológico del Chanchito blanco de la vid con parasitoides y depredadores. (*Pseudococcus viburni*). En Salazar, A., M. Gerding, P. Luppichini, R. Ripa, P. Larraín, T. Zaviezo, P. Larral, 2010. Biología, manejo y control de chanchitos blancos. *Boletín INIA N°204*. 25-31pp.

Moore, C. 2009. Estatus cuarentenario de Pseudococcidae para mercados de fruta de exportación de Chile. División protección agrícola y forestal. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Moore, C. 2012. Rechazos por Pseudococcidae y su estatus cuarentenario. Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Oyarzún, M. 2004. Taxonomía y observaciones biológicas del chanchito blanco de los frutales, *Pseudococcus viburni* (Signoret). (Hemiptera: Pseudococcidae). Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

Radrigán-Navarro, C., E. Beers, A. Alvear, E. Fuentes-Contreras, 2021. Acute toxicity of lethal and sublethal concentrations of neonicotinoid, insect growth regulator and diamide insecticides on natural enemies of the woolly apple aphid and the obscure mealybug. Chilean Journal of Agricultural Research 81(3): 398-407.

Ripa, R., P. Larral. y N. Olivares. 2006. Estrategias de control de chanchitos blancos en vides. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Ripa, R. y F. Rodríguez. 1999. Plagas de cítricos, sus enemigos naturales y manejo. Colección libros INIA N°3. Santiago. Chile. 151 p.

Ripa, R. y P. Larral. 2008. Manejo de plagas en paltos y cítricos. Colección libros INIA N°23. Santiago. Chile. 399 p.

Ripa, R y S. Rojas. 1990. Manejo y control biológico del chanchito blanco de la vid. Revista Frutícola, Vol. 11, N°3. 82-87pp.

Rodríguez, F. 2017. Entomología – Plagas en frutales: Chanchito blanco de la vid. Ficha técnica N° 28. Sanidad Vegetal. INIA La Cruz. Chile.

Rothwangl, K., R. Cloyd, R. Wiedenmann. 2004. Effects of insect growth regulators on citrus mealybug parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Journal of Economic Entomology*. 97(4): 1239-1244.

SAG. 2022. Lista de plaguicidas con autorización vigente. Servicio Agrícola y Ganadero. Disponible en: www.sag.gob.cl. Consultado al 22 de febrero de 2022.

Salazar, A., M. Gerding, P. Luppichini, R. Ripa, P. Larraín, T. Zaviezo, P. Larral. 2010. Biología, manejo y control de chanchitos blancos. *Boletín INIA N°204*.

Sazo, L. 1995. Control de chanchitos blancos en frutales de hoja caduca. En: *Sanidad vegetal en frutales y vides*, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. *Publicaciones Misceláneas Agrícolas* 41: 60-63.

Silva, G. y R. Hepp. 2003. Bases para el uso racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chillán, Chile. 310p.

Suma, P., L. Zappalà, G. Mazzeo, G. Siscaro. 2009. Lethal and sub-lethal effects of insecticides on natural enemies of citrus scale pests. *BioControl* 54(5): 651-661.

Vargas, R. 1998. Racionalización del uso de pesticidas en Chile. En: *Seminario Internacional Racionalización del uso de Pesticidas en el Cono Sur*. IICA/Procisur. Uruguay. 13-18pp.

Viñuela, E., F. Budia, P. del Estal. 1991. Los insecticidas reguladores del crecimiento y la cutícula. *Boletín Sanidad Vegetal de Plagas*, 17 (3). *Entomología Agrícola*. ETSI Agrónomos. Madrid. 391-399pp.

Zaviezo, T. 2010. Monitoreo de chanchitos blancos. (*Pseudococcus* spp.). En Salazar, A., M. Gerding, P. Luppichini, R. Ripa, P. Larraín, T. Zaviezo, P. Larral, 2010. Biología, manejo y control de chanchitos blancos. Boletín INIA N°204. 19-24pp.

