



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**Efectos subletales del insecticida neonicotinoide acetamiprid sobre larvas de
Cryptolaemus montrouzieri, enemigo natural del chanchito blanco de la vid,
Pseudococcus viburni.**

MEMORIA DE TÍTULO

SERGIO ALEXIS VIVANCO FLORES

Talca – Chile

2019



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**Efectos subletales del insecticida neonicotinoide acetamiprid sobre larvas de
Cryptolaemus montrouzieri, enemigo natural del chanchito blanco de la vid,
Pseudococcus viburni.**

Por

SERGIO ALEXIS VIVANCO FLORES

MEMORIA DE TÍTULO

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

INGENIERO AGRÓNOMO

Talca, 2019

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, 2019

Aprobación

Profesor Guía: Lic. Biol. Dr. Eduardo Fuentes Contreras

Profesor Asociado

Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias Agrarias

Profesor Informante: Ing. Agr. Mg. Ca. Catalina Radrigán Navarro

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad de Talca

Fecha de presentación de Defensa de Memoria

21 de enero de 2019

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer enormemente a mi familia, pilar fundamental durante el tiempo universitario, que culmina felizmente para mí y para ellos, agradecer a mi papá Sergio Vivanco Retamal por estar siempre pendiente de mi estadía en la universidad, a mi mamá Militza Flores Leiva por su preocupación y apoyo. Este logro es para ellos en especial, quienes dejaron de realizar muchas actividades para que el proceso tenga un final exitoso.

Además, mencionar a mis hermanos y grupo familiar por siempre estar atentos a mi desempeño en todo el periodo de universidad.

No puedo no agradecer a muchas personas que formaron parte de mis años en la universidad, comenzando por mi amigo Felipe Vásquez, Nicolle Corvalán y Nicolas Romero quienes fueron en los primeros años los que más cerca estuvieron, luego agradecer a María José Castro por todo el tiempo que pasamos juntos, días estudiando, días compartiendo, por el apoyo que me entregaba para lograr mis objetivos. Agradecer a personas que en el camino se fueron volviendo más importantes, mi grupo de compañeros y amigos Luis Illanes, Julio Arroyo y Adrián Vásquez.

Agradecer a algunas amigas que prestaron ayuda en el proceso de mediciones de mi tesis, Victoria Eló, Barbara Duarte y Valentina Gaete, quienes les deseo el mayor de los éxitos en la carrera.

Y por último, agradecer a Catalina Radrigán Navarro, quien estuvo durante todo el tiempo de desarrollo de mi tesis apoyando en mediciones, revisiones de avances, análisis, etc. Y sobre todo con su buena disponibilidad y alegría.

Mencionar por último al profesor Eduardo Fuentes Contreras, quien presentó la mejor de las disponibilidades ante todas mis consultas cuando se requería.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis.....	3
1.2 Objetivo general	3
1.3 Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Generalidades del chanchito blanco de la vid <i>P. viburni</i>	4
2.2 Manejo de <i>P. viburni</i>	5
2.2.1 Control químico de <i>P. viburni</i>	6
2.2.1.1 Insecticidas neonicotinoides	7
2.2.1.2 Efectos subletales de insecticidas	8
2.2.2 Control biológico	9
2.2.2.1 Control biológico de <i>P. viburni</i>	10
2.2.2.2 Enemigos naturales de <i>P. viburni</i>	11
2.2.3 Depredadores	11
2.2.3.1 El depredador coccinélido de chanchitos blancos <i>C. montrouzieri</i>	12
2.3 Estudios de toxicidad de insecticidas sobre <i>C. montrouzieri</i>	14
2.3.1 Respuesta funcional.....	15
3. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Ubicación del estudio	17
3.2 Obtención de los coccinélidos <i>C. montrouzieri</i>	17
3.3 Multiplicación de <i>P. viburni</i> en condiciones de laboratorio	17
3.4 Toxicidad aguda.....	17
3.5 Respuesta funcional de <i>C. montrouzieri</i> frente a una concentración subletal de Hurricane® 70 WP.	18
3.6 Análisis de resultados	19
4 RESULTADOS	20
4.1 Toxicidad aguda.....	20
4.2 Depredación de <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> frente a <i>Pseudococcus viburni</i>	20
5 DISCUSIÓN	22

6 CONCLUSIONES.....	25
7 BIBLIOGRAFÍA.....	26
8 ANEXOS	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.2 Insecticidas para el control de chanchitos blancos de la vid y su efectividad relativa.	7
Cuadro 4.1 Mortalidad de larvas de <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> en cuatro concentraciones de acetamiprid (Hurricane®) a partir de la concentración mínima recomendada por el fabricante (10, 25, 50 y 100%) y agua destilada como control, medidos a las 24 y 48 horas.	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ciclo de vida del chanchito blanco de la vid (<i>Pseudococcus viburni</i>)	5
Figura 2.2.3.1 y 2.2.3.2. Individuo adulto de <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> y larva alimentándose de chanchito blanco respectivamente.	12
Figura 2.2.3.1.1 Ciclo de vida de <i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	14
Figura 2.2.3.2 y 2.2.3.3. A la izquierda adulto y a la derecha larva de <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> .	14
Figura 2.3.2 Respuesta funcional, número de presas consumidas (N_a) en función del número de presas ofrecidas (N) al depredador	16
Figura 4.1 Número de ninfas de <i>Pseudococcus viburni</i> depredadas por larvas del depredador <i>Cryptolaemus montrouzieri</i> ante 4 densidades de la presa, con la aplicación residual del insecticida acetamiprid. Barras indican error estándar y * muestra diferencias significativas	21

ABSTRACT

A study was carried out in order to determine the possible sublethal effects of the neonicotinoid insecticide acetamiprid on *Cryptolaemus montrouzieri*, predator of the obscure mealybug, *Pseudococcus viburni*. An acute toxicity test was performed on predator larvae spraying 10, 25, 50 and 100% of the recommended concentration of acetamiprid (Hurricane® 70 WP) plus a control of distilled water. The treatments were sprayed on discs of apple leaves, where the larvae of the predator had contact with the residues of the insecticide for 24 and 48 hours. The treatment of 10% of the commercial concentration did not present differences in the mortality of predator larvae compared to the control treatment. Therefore, this sublethal concentration was selected to evaluate the functional response of *C. montrouzieri* larvae against different densities of *P. viburni*. Plastic cups were prepared with apple discs of leaves exposed to the sublethal concentration of 10% of acetamiprid and the control treatment. After 24 hours each larva was placed on a petri dish plate provided with densities of 4, 6, 8 and 12 individuals of the obscure mealybug. These results indicate that there is no significant difference in the number of prey consumed by the predator between the sublethal concentration (10%) and the control for densities 4, 8 and 12 mealybugs, therefore, no effect was detected on the sublethal concentration evaluated in the functional response of the predator. Although, a lower consumption of prey was found at the density of 6 mealybugs, which is possibly attributed to differences in the size or variability of the larvae batch of predators used in one of the three replicate performed.

RESUMEN

Se realizó un estudio con el fin de determinar los posibles efectos subletales del insecticida neonicotinoide acetamiprid sobre el depredador *Cryptolaemus montrouzieri* del chanchito blanco de la vid *Pseudococcus viburni*. Se llevó a cabo una prueba de toxicidad aguda sobre larvas del depredador, aplicando 10, 25, 50 y 100% de la concentración recomendada de acetamiprid (Hurricane® 70 WP) más un control de agua destilada. Los tratamientos fueron asperjados sobre discos de hojas de manzano, donde las larvas del depredador tuvieron contacto con los residuos del insecticida por 24 y 48 horas. El tratamiento de 10% de la concentración comercial no presentó diferencias en la mortalidad de larvas del depredador en comparación con el tratamiento control. Por lo tanto, se seleccionó esta concentración subletal para evaluar la respuesta funcional de las larvas del depredador frente a distintas densidades de chanchito blanco. Se prepararon placas con discos de hojas de manzano expuestas a la concentración subletal del 10% y el tratamiento control, donde se pusieron las larvas del depredador en contacto con los residuos del insecticida. Luego de 24 horas las larvas se pusieron en otra placa provista con densidades de 4, 6, 8 y 12 individuos de chanchito blanco. Los resultados indican que no hay diferencia significativa en el número de presas consumidas por el depredador entre la concentración subletal de 10% y el tratamiento control para las densidades de 4, 8 y 12 chanchitos blancos, por lo que no se detecta un efecto significativo de la concentración subletal evaluada en la respuesta funcional del depredador. Sí se encontró un menor consumo de presas en la densidad correspondiente a 6 chanchitos blancos, lo que se atribuye posiblemente, a diferencias en el tamaño o variabilidad del lote de larvas de depredadores utilizados para una de las tres réplicas realizadas.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, el chanchito blanco de la vid, *Pseudococcus viburni* (Signoret) es uno de los insectos de mayor importancia agrícola debido a su carácter de plaga cuarentenaria en países donde se exporta fruta como México, Colombia, Corea del Sur, Nueva Zelanda, Panamá y Japón (SAG, 2009). Esta plaga fue definida como una de las de mayor importancia en Chile (Rojas, 2005). En nuestro país, se ha encontrado en hospederos como arándano, vid, manzano, peral, nectarino, palto, pepino dulce, lenteja, malezas y plantas ornamentales (Salazar et al., 2010). La importancia de la plaga radica en el alto nivel de participación en rechazos fitosanitarios de frutales de exportación, donde el género *Pseudococcus* representa un 45% del total de rechazos de la temporada 2011-2012 (SAG, 2012). Éstos últimos se deben principalmente a la presencia de individuos de chanchito blanco en lotes que se dirigen a muestreo, aunque en otros casos, la presencia de un solo individuo vivo en una partida es causal de rechazo, como en el caso del mercado mexicano. En estos casos, se realizan aplicaciones de fosfina o tratamientos de frío a 0°C en cámaras de almacenaje, según los requerimientos del mercado y la rentabilidad económica de estos métodos de control (SAG, 2009).

Los chanchitos blancos son insectos picadores-chupadores que afectan a muchos hospederos, atacando frutos, hojas, troncos y raíces dependiendo del estado fenológico del cultivo y de las condiciones medioambientales. Su principal daño es debido a la succión de savia, pero también puede ser vector de patógenos causantes de enfermedades. Algunos también inyectan toxinas y generan daño cosmético por la mielecilla producida. El efecto negativo es amplificado cuando el chanchito se encuentra en grandes poblaciones (Salazar et al., 2010). El chanchito blanco de la vid hiberna bajo el ritidoma, lo que vuelve muy complicado su control. A medida que mejoran las condiciones climáticas, se van desplazando a zonas aéreas de la planta, llegando a brotes y posteriormente a los racimos en el caso de la vid (González, 1989). En frutales templados, como manzanas, peras y caquis, las ninfas y hembras adultas de *P. viburni* se desarrollan en hojas, troncos y frutas, y también en el cáliz y debajo de los sépalos (Pacheco et al. 2017). En Sudáfrica se ha observado que el chanchito blanco en cultivos de manzano prefiere lugares ocultos bajo la corteza y tallos viejos, migrando a las hojas y frutos a fines de temporada (Mudavanhu, 2009).

En la agricultura, hay disponibles variadas formas para el control de plagas, unas más efectivas que otras, pero sin duda la más usada es el control químico. Sin embargo, los movimientos ambientalistas en Estados Unidos y luego en todo el mundo han obligado a las autoridades a legislar sobre el uso indiscriminado de los plaguicidas. Posteriormente, se desarrolló la estrategia conocida como manejo integrado de plagas (MIP) (PROMECAFE, 2009), el cual combina los tres tipos de control más utilizados -químico, cultural y biológico- siendo este último el más importante debido a su menor impacto al agroecosistema. De esta

forma en la actualidad no se busca solamente la efectividad contra la plaga, sino que también la selectividad ante los enemigos naturales (Araya et al., 2004).

Es importante destacar que cuando se trabaja con control biológico se busca disminuir las densidades de los insectos plaga hasta el nivel o umbral de daño económico y con esto, facilitar el trabajo de los biocontroladores, ya que es prácticamente imposible eliminar por completo las plagas mediante este tipo de control. En relación al control biológico de *P. viburni* se pueden encontrar parasitoides y depredadores a nivel comercial. Uno de los enemigos naturales más estudiados es *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant), depredador perteneciente a la familia coccinélidae, quien en sus estados larvales y adulto se alimenta de chanchitos blancos, transformándose en un insecto benéfico en cultivos que son hospederos de *P. viburni*.

Los enemigos naturales como los depredadores y parasitoides se caracterizan por buscar activamente su alimento, por lo que están en constante movimiento a lo largo de las diferentes estructuras de la planta, quedando expuestos fuertemente al contacto con los productos químicos. Estos residuos de plaguicidas pueden generar efectos negativos en la biología y disminuir la actividad de los insectos benéficos (González, 1983). Un aspecto importante es que las etiquetas de los productos químicos detallan muy bien a qué plagas va dirigida su acción, pero informan en forma muy resumida si producen efectos negativos en los insectos benéficos, en relación con su desarrollo y/o en su comportamiento. Uno de los grupos químicos más utilizados para el control de plagas en frutales son los insecticidas neonicotinoides, los cuales afectan el sistema nervioso central de los insectos. Estos insecticidas se caracterizan por ser solubles en agua y ser aplicados foliarmente o vía riego, controlando eficientemente diversas plagas picadoras-chupadoras en forma translaminar y sistémica (Jeschke et al., 2006.). En particular, insecticidas como imidacloprid, tiametoxam y acetamiprid se recomiendan en diversas formulaciones para el control de chanchitos blancos (Salazar et al., 2010). Sin embargo, estos insecticidas también producen mortalidad sobre artrópodos benéficos, tales como los enemigos naturales de insectos picadores chupadores (Gómez-Cadenas y Jacas, 2002). En el caso de los chanchitos blancos, el depredador *C. montrouzieri* es afectado por la dosis comercial de los neonicotinoides como dinotefuran, tiametoxam y acetamiprid que causan 100% de mortalidad en adultos al cabo de 48 horas en condiciones de laboratorio (Cloyd y Dickinson, 2006).

Para la implementación del manejo integrado de plagas, complementando el uso de enemigos naturales con insecticidas sintéticos, en los casos en que la plaga sea difícil de controlar, es necesario estudiar los efectos letales y subletales que pueden generar este tipo de insecticidas sobre los enemigos naturales, evaluando las concentraciones en que podrían ser letales para el depredador o al menos causar efectos negativos en su desarrollo (Araya et al., 2004).

Los insecticidas pueden influir negativamente en los efectos que pueden generar los enemigos naturales frente a las poblaciones de plagas, disminuyendo la capacidad de generar depredación o parasitismo. Un concepto ampliamente utilizado es el de respuesta funcional, el cual describe la relación entre el número de presas que consume un insecto en función de la densidad de la plaga, en un intervalo de tiempo y espacio determinado (Fernández–Arhex y Corley, 2004).

A continuación se plantea la hipótesis y objetivos del presente estudio.

1.1 Hipótesis

El insecticida neonicotinoide acetamiprid, disminuye la respuesta funcional de *Cryptolaemus montrouzieri* cuando se aplica una concentración subletal bajo condiciones de laboratorio.

1.2 Objetivo general

Determinar la respuesta funcional de larvas de *Cryptolaemus montrouzieri* bajo una concentración subletal de acetamiprid frente a densidades crecientes de *Pseudococcus viburni*.

1.3 Objetivos específicos

Determinar la toxicidad aguda de acetamiprid sobre larvas del depredador *Cryptolaemus montrouzieri*.

Determinar los efectos de una concentración subletal de acetamiprid sobre la depredación de larvas de *Cryptolaemus montrouzieri* frente a densidades crecientes de *Pseudococcus viburni*.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidades del chanchito blanco de la vid *P. viburni*

El chanchito blanco de la vid afecta a casi todo el territorio frutícola del país, desde la región de Arica y Parinacota hasta la región del Biobío. De las especies de pseudocóccidos reportadas en Chile, la mayoría son de importancia económica y se encuentran principalmente asociadas a frutales, tales como arándano, manzano, vid, peral, nectarino, palto, cerezo, entre otros. En las últimas temporadas, ha aumentado la cantidad de rechazos por presencia de *P. viburni*, en la temporada 2011-2012 el porcentaje de rechazos de fruta de exportación a causa del coccinélido alcanzó un 45% (SAG, 2012).

En un año la especie puede presentar hasta tres generaciones; entre los periodos de enero a marzo se desarrolla la mayor población de los individuos (Salazar et al, 2010). Las colonias de chanchitos blancos pueden encontrarse en frutos, hojas, troncos y raíces, en forma simultánea o avanzando de acuerdo con el desarrollo fenológico de la planta y a las condiciones ambientales (Salazar et al, 2010). Infestaciones muy densas de la plaga pueden producir debilitamiento a plantas jóvenes y terminar generando madurez heterogénea en frutos de pomáceas. Las secreciones de cera, los sacos de huevos, la presencia de individuos vivos y muertos y la producción de mielecilla provocan daños económicamente importantes generando condiciones en la fruta clasificándola como no comercializable (Mudavanhu, 2009).

El primer estadio de desarrollo de *P. viburni* es el de huevo, los que presentan visualmente una coloración amarilla. Su ciclo de desarrollo continua con tres estadios ninfales para la hembra y dos para el macho, aunque este último presenta estados de prepupa y pupa. Posteriormente *P. viburni* completa su ciclo de desarrollo como adulto, las hembras adultas se caracterizan por poseer un cuerpo blando, ovalado y con su zona abdominal algo aplanada. Miden en promedio 3-4 mm y visualmente expresan un color blanco debido a la presencia de secreciones cerosas blancas pulverulentas e hidrófobas. El macho presenta un cuerpo pequeño, alado y con dos o más filamentos caudales largos. Éste se caracteriza por tener una longevidad reducida, cuya principal función es fecundar a la hembra (Carpio, 2013; Calquín, 2007; Rojas, 2005; Ripa y Rodríguez, 1999; Araya et al., 2008).

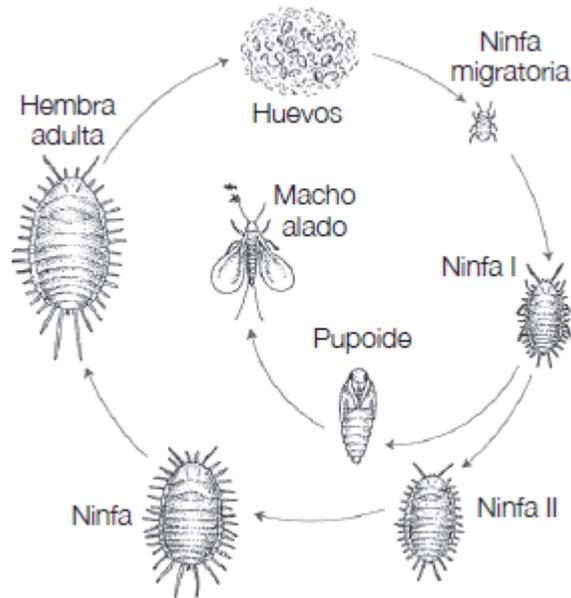


Figura 2.1 Ciclo de vida del chanchito blanco de la vid (*Pseudococcus viburni*). Tomado de Quiroz, 2014.

2.2 Manejo de *P. viburni*

El control químico del chanchito blanco de la vid es de difícil implementación, por lo que se deben realizar diferentes tipos de manejos para lograr contener las poblaciones. El método más efectivo y recomendado es el manejo integrado de plagas (MIP), concepto que agrupa control químico, biológico y cultural, entre otros (Koplow, 2004). El primer paso para determinar el momento preciso para su control se debe establecer mediante monitoreos. Ésta es la herramienta más importante para tener éxito en la implementación del MIP. Una precaria o nula ejecución de monitoreos puede provocar controles deficientes y/o uso excesivo de insecticidas. La importancia de esta práctica radica en determinar si la especie plaga se encuentra en densidades que generen daño económico. En este aspecto nos encontramos con dos conceptos importantes para el control de plagas y enfermedades: umbral de daño económico y umbral de acción, este último implica el momento en que se debe implementar medidas de control para evitar que la especie alcance el nivel en el que genera daño económico (López y Bermúdez, 2007) y el umbral de daño es la densidad mínima de la plaga que genera daño económico (Caicedo, 2014). Otro punto importante por el que se hace muy necesaria esta etapa es para tener conocimiento de qué enemigos naturales están presentes en el predio, los cuales pueden verse afectados por la excesiva utilización de productos químicos. Se pueden implementar tres tipos de monitoreo; métodos absolutos, métodos relativos y de índices poblacionales. Los métodos absolutos entregan una medida de la población por unidad de área, estos son poco utilizados en frutales, en cambio los métodos relativos y de índices son más corrientes. El método relativo se explica cuando evaluamos el

número de insectos atrapados en una trampa, mientras que el de índice poblacional mide el efecto de una determinada población, por ejemplo el porcentaje de daño generado en un fruto (Núñez y Scatoni, 2013).

Antes de recurrir al manejo químico es primordial utilizar otras formas de control disponibles, así se utilizan menores dosis de plaguicidas causando un menor daño al medioambiente y aportando con la reducción en la utilización de estos (Coto y Saunders, 2004). Dentro del control biológico de chanchito blanco de la vid, destacan existen parasitoides y depredadores, tales como *Acerophagus flavidulus* y *Cryptolaemus montrouzieri*, respectivamente (Mondaca, 2017).

2.2.1 Control químico de *P. viburni*

El control químico de plagas se basa en la eliminación de las poblaciones o su reducción mediante la utilización de sustancias químicas. El uso de plaguicidas sintéticos se incrementa fuertemente con la ocurrencia de la segunda guerra mundial, momento en el que la industria de los productos químicos se desarrolla intensamente, posicionándose como la principal estrategia de control de insectos plaga para los cultivos. Su utilización está básicamente concentrada en la agricultura y en la horticultura, como también en la salud pública para combatir vectores, en la industria forestal y de producción animal. Los plaguicidas se clasifican según los organismos que controlan, su concentración, su modo de acción, su composición química, según las presentaciones de sus fórmulas comerciales y según el uso al que se destinan. La forma en que actúan los plaguicidas consiste en interferir o modificar procesos o mecanismos fisiológicos de los insectos (Karam et al., 2004), dependiendo del grupo al que pertenece el insecticida ejerce su poder ante el insecto plaga. Los del grupo de los neonicotenoideos ejercen su poder sobre el sistema nervioso central mediante su ingestión y contacto (Calquín, 2007).

Todos los organismos provistos de un sistema neuronal están expuestos a ser afectados por los insecticidas convencionales. Esto representa una desventaja para el uso de los productos sintéticos en la agricultura convencional y orgánica (Rocha-Estrada y García-Carreño, 2008). Para determinar el nivel de daño que generan al ambiente como también a distintos componentes biológicos, se realizan experimentos analizando el daño que presentan organismos blanco. Para esto se utilizan algunos parámetros de toxicidad aguda que corresponden a concentración se realizan bioensayos para determinar el daño que generan los plaguicidas a los enemigos naturales de las plagas hortofrutícolas, utilizando en este caso, el tiempo letal medio (TL₅₀) evaluándose la tasa de mortalidad ante una dosis determinada a través del tiempo (Iannacone y Alvarino, 2002). Estos ensayos son de gran utilidad en la actualidad para los productores que comienzan a cambiar a una agricultura más sustentable utilizando controladores biológicos, requiriendo de insecticidas que presenten alta

selectividad por el agente plaga y a su vez sean eficientes en bajas concentraciones, lo que se podría lograr estudiando nuevos productos (Silva y Hepp, 2003).

En la planificación para el control químico de *P. viburni* se debe considerar el mejor momento en el que se deben realizar los monitoreos y posteriores aplicaciones. Según Sazo et al. (2008) y Casco (2012) éste sería el estado de ninfas expuestas, el que se describe como el período de mayor susceptibilidad ya que están en constante movimiento y no presentan aún esas características secreciones cerosas en sus cuerpos, aunque se debe analizar también el estado fenológico de la planta, para evitar posibles problemas con los residuos. En el cultivo del manzano, se recomiendan dos momentos críticos para el control de *P. viburni* que también coincide con la aparición de ninfas migratorias: el primero desde botón rosado hasta cuaja (agosto-octubre) seguida de otra aplicación entre diciembre y enero (Casco, 2012). Para el monitoreo de chanchitos blancos se usan trampas de cartón corrugado, las cuales se instalan con su sección corrugada hacia el tronco del cultivo, y deben ser monitoreadas una vez por semana durante todo el año. La fecha de instalación de las trampas es a fines de invierno (Castro da Costa, 2010).

Cuadro 2.2 Insecticidas para el control de chanchitos blancos de la vid y su efectividad relativa. Adaptado de Ripa et al., 2010.

Oportunidades de control	Comportamiento de la plaga	Ingrediente activo	Efectividad relativa
brotación a inicio de floración	dispersión de ninfas migratorias	Buprofezin	+++
		Clorpirifos	+++
		Diazinon	++
		Metomilo	++
		Profenofos	+++
		Dimetoato	++
cuaja a cierre de racimo	infestación y alimentación en racimos	Imidacloprid	+++
		Thiametoxam	+++
		Acetamiprid	+++
Pre-cosecha	alimentación y ovipostura en el racimo	Imidacloprid	++
		Metomilo	++
		Carbarilo	++

2.2.1.1 Insecticidas neonicotinoides

El grupo de insecticidas sintéticos clasificado como neonicotinoides se desarrolló después de que otros grupos presentaran baja eficacia frente a plagas, entrando al mercado como una nueva opción frente a la resistencia creada por insectos a grupos como piretroides, fosforados y carbamatos. Los neonicotinoides presentan un modo de acción completamente diferente al de otros grupos químicos, llegando al insecto vía contacto e ingestión y atacando el sistema nervioso central, específicamente bloqueando el receptor de acetilcolina nicotínico post-sináptico (nAChR) de las especies plaga. Los neonicotinoides generan parálisis y posterior

muerte de los individuos al cabo de pocas horas. Estos insecticidas son derivados de la nicotina, la que también ha sido utilizada como insecticida, pero con un efecto residual demasiado corto. Los neonicotinoides se caracterizan por poseer un periodo más amplio de efecto residual y por su alta eficacia en bajas concentraciones, lo que ha llevado a que sea utilizado en semillas, suelos y aplicaciones foliares en cultivos como cereales, leguminosas, algodón, papas y arroz (Fuentes-Contreras et al., 2005; Hernández, 2014; Scotta, 2006; Barranco et al., 2015; INTA, 2015; Casida, 2018).

Los insecticidas pertenecientes a este grupo son selectivos para insectos ya que bloquean una ruta neuronal específica que es mucho menos abundante en mamíferos de sangre caliente (Hernández, 2014).

Generalmente para controlar *P. viburni* se utilizan insecticidas organofosforados, pero con la aparición en el mercado de los neonicotinoides, éstos han ganado terreno y se han posicionado como una buena fuente para el control de las plagas. Según resultados de Carpio (2013) quien realizó aplicaciones de distintos insecticidas sobre ninfas de chanchito blanco en condiciones de laboratorio utilizando una torre de Potter, el ingrediente activo imidacloprid presenta un 98% de mortalidad en las ninfas 24 horas post aplicación. Así mismo según resultados de Calquín (2007) los insecticidas imidacloprid, acetamiprid y tiametoxam presentan alta eficacia para controlar tanto ninfas como adultos de *P. viburni*, alcanzando niveles de 1,5% de racimos infectados contra 18% del control.

2.2.1.2 Efectos subletales de insecticidas

Los insecticidas generan distintos efectos en los organismos que los reciben ya sea por contacto o por ingestión, generando toxicidad, la que se expresa como la muerte del individuo o población y también causando efectos subletales, concepto que hace mención a los daños que se producen en el insecto modificando su normal desarrollo y/o comportamiento. Dentro de estos efectos se pueden mencionar la reducción del tiempo de vida, variaciones en las tasas de desarrollo, fertilidad, fecundidad, proporción de sexos y comportamiento, como depredación, parasitismo, entre otros (Devine et al., 2008).

La utilización de insecticidas entonces genera distintos daños, no sólo al insecto plaga sino también al ambiente completo, provocando también toxicidad u otros efectos en organismos que no son su objetivo, como recicladores de nutrientes del suelo, polinizadores de plantas y depredadores de plagas. Es por esto que el uso de insecticidas se describe como una de las herramientas agrícolas que más daño ambiental provocan (Devine et al., 2008).

Para corroborar el efecto que generan los insecticidas sobre individuos ya sea plaga o no es conveniente realizar ensayos en condiciones de laboratorio y campo (Vargas y Ubillo,

2001) considerando el estadio fisiológico del insecto, el cual es un factor determinante en la resistencia o susceptibilidad que puede tener este frente a una aplicación de plaguicida (Parra, 2016). En un estudio realizado por Francesena (2015) se concluye que aplicaciones de insecticidas acetamiprid, azadiractina, cipermetrina y piriproxifén presentan diferencias estadísticas frente al tratamiento testigo en la longevidad de adultos provenientes de pupas del parasitoides *Eretmocerus mundus*, que previamente fueron tratadas con una dosis determinada del producto. También se presentan cambios físicos en los individuos: con acetamiprid y cipermetrina se observan diferencias en tamaño y color de sus ojos compuestos. Piriproxifen produjo interrupción del desarrollo de las antenas y por último, todos los tratamientos con excepción de spirotetramat redujeron la emergencia de adultos con relación al testigo.

Para determinar el efecto que genera un insecticida sobre los enemigos naturales y su labor como controladores biológicos, éste debe ser estudiado no sólo de acuerdo a su toxicidad, sino también a los efectos subletales que puede producir y que pueden afectar la eficiencia de los biocontroladores, lo cual es, considerado un factor relevante para la ecotoxicología moderna (Francesena, 2015). Ail-Catzim (2015) estudió el efecto que generan los insecticidas imidacloprid, abamectina, endosulfan, profenofos y bifentrina en la depredación de *Chrysoperla carnea* sobre *Bactericera cockerelli* cuando se utilizaba la dosis CL₅₀ sobre la larva de *C. carnea*. El autor concluyó que los individuos con aplicaciones del neonicotinoide imidacloprid y el organofosforado profenofos consumían un 40% menos con respecto al tratamiento testigo.

Se vuelve indispensable entonces evaluar previamente los insecticidas (ingrediente activo y formulación) a utilizar en el cultivo, determinando los efectos positivos y negativos que se han reportado en ensayos realizados en condiciones de campo o laboratorio. De este modo, se podrá disminuir el daño a enemigos naturales que pueden apoyar el control de las plagas y más aún la sobrevivencia de insectos que se alimentan del néctar como por ejemplo las abejas, quienes en Europa durante 1994 se reportó que se vieron fuertemente afectadas por la introducción de los insecticidas neonicotenoideos, lo que provocó daños a los apicultores debido a que las abejas no volvían a sus colmenas, respuesta que posteriormente se relacionó a cambios en los impulsos nerviosos de estos insectos generados por insecticidas presentes en las flores de girasoles que eran tratados con imidacloprid, ejemplo del daño que se podría generar ante una mala precaución en el uso de estos productos (Cruces, 2016).

2.2.2 Control biológico

El concepto de control biológico hace referencia a la utilización de un insecto benéfico para disminuir la densidad poblacional de uno o más organismos plaga ya sea de manera temporal o permanente, transformándose en una herramienta sustentable y ecológica que bien

utilizada evita los desequilibrios biológicos que ocurren a causa del mal uso y manejo de plaguicidas. Los enemigos naturales se clasifican en dos grupos, entomófagos que se componen de depredadores y parasitoides y entomopatógenos que se componen de hongos, bacterias, virus, nemátodos y protozoarios (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013). El primer caso de control biológico en el mundo ocurre en el año 1873 cuando se envía desde Estados Unidos a Francia un ácaro depredador de la filoxera en vid *Dactylosphaera vitifoliae* (González y Rojas, 1966).

Chile se posiciona como uno de los países con mayor trabajo en el área del control biológico a nivel mundial (Rojas, 2005). La primera importación se realizó desde California, Estados Unidos, en los años 1903, donde se trajeron dos especies de coccinélidos, depredadores de conchuelas y pulgones (González y Rojas, 1966).

El grupo de los entomófagos son los más utilizados para controlar plagas. Los depredadores son básicamente insectos que se alimentan y a la vez matan a su presa de dos formas: un grupo lo hace masticando y posteriormente devorando a su presa, y otros lo hacen simplemente succionando los fluidos de sus presas, inyectando una sustancia tóxica que inmoviliza al insecto plaga (Basoalto, 2001). En el caso de los parasitoides, éstos colocan un huevo dentro del cuerpo de la plaga, el que posteriormente se alimentará para avanzar en su desarrollo y emerger, provocando la muerte del hospedero (Corvalán, 2017). Durante este proceso, el insecto parasitado cambia de forma y se denomina “momia”, la que en su interior contiene larvas o pupas del parasitoide (Hidalgo, 2014).

Principalmente se diferencian tres clases de control biológico, el primero es el clásico, este consiste en la introducción de una especie benéfica que es importada con la finalidad de regular la población del insecto plaga y mantenerla bajo los umbrales de daño económico. El control biológico aumentativo e inundativo se basan en la liberación constante de los insectos benéficos para mantener poblaciones estables pero no permanentes en el ecosistema, manteniendo las plagas bajo el umbral de daño económico, en estos casos los encargados de controlar la plaga son las especies que se introducen y no se espera que lo hagan generaciones descendientes (Basoalto, 2001).

2.2.2.1 Control biológico de *P. viburni*

El método de control biológico para *P. viburni* se comenzó a utilizar en Chile sólo cuando en países con condiciones similares se evidenció éxito. En nuestro país, existen diez especies endémicas o nativas de enemigos naturales y once especies introducidas controladoras de *P. viburni* (Vergara, 2006).

El control biológico del chanchito blanco de la vid se vuelve difícil debido a la presencia y relación que genera el coccinélido con las hormigas. Éstas los protegen de los enemigos naturales a cambio de la mielecilla excretada, la que es fuente de alimentación para ellas (Corvalán, 2017). El retiro meticuloso de la mielecilla por parte de la hormiga mejoraría las condiciones en que éste se desarrolla, contribuyendo al aumento de la población (Salazar et al, 2010). Se ha comprobado que en condiciones de baja densidad de la especie plaga, el parasitoide *Acerophagus flavidulus* ha mostrado un control efectivo de *P. viburni*. Cuando se realizan liberaciones es de especial importancia controlar simultáneamente la hormiga argentina *Linepithema humile* (Salazar et al., 2010), acción que aumentaría considerablemente las tasas de parasitismo y depredación, mejorando la eficiencia del método (Koplow, 2004).

2.2.2.2 Enemigos naturales de *P. viburni*

Muchas especies de enemigos naturales utilizadas son nativas, otras han sido introducidas al país y han logrado establecerse, adaptándose a las condiciones climáticas. Existen también, especies criadas y liberadas masivamente en los huertos, constituyendo con el resto, una herramienta eficaz en el control biológico de la plaga (Saá, 2004).

Dentro de los enemigos naturales utilizados en vid en Chile para chanchito blanco encontramos los parasitoides *Acerophagus flavidulus* (Brethes), *Pseudaphycus nr angelicus* y *Leptomastix epona* Noyse, mientras que para el caso de los depredadores encontramos los dípteros *Leucopis sp* y *Oyptamus confusus*, los coccinélidos *Cryptolaemus montrouzieri* e *Hyperaspis. funesta* y los neurópteros *Sympherobius maculipennis* y *Chrysoperla spp* (Hidalgo, 2014; Ripa y Rodríguez, 1999). Los chanchitos blancos compiten entre sí y con diferentes herbívoros por los recursos vegetales y una amplia gama de depredadores y parasitoides compiten por los chanchitos blancos como presas u hospederos. Como resultado, la mayoría de los chachitos blancos, donde quiera que se encuentren, son atacados por algún grupo de enemigos naturales, cada uno explotando diferentes etapas de la vida o nichos ecológicos ofrecidos por la ecología del herbívoro, con diferentes niveles de éxito (Corvalán, 2017).

2.2.3 Depredadores

Los insectos depredadores se caracterizan por buscar activamente su alimento, el que se denomina presa. Éstos generalmente son más grandes que los organismos que consumen, requieren de matar y consumir varios organismos durante su ciclo de vida, diferenciándose en ese aspecto de los parasitoides En la mayoría de los insectos benéficos son las larvas y adultos los que buscan y se alimentan de las plagas (Badii y Abreu, 2006; Gutiérrez-Ramírez et al., 2013). Los depredadores pueden tener igual y distinta afinidad por la fuente de

alimentación en sus distintas etapas de desarrollo. Así, en dípteros los adultos podrían tener fuentes de alimentación diferentes a las de los estados inmaduros (Sánchez-Ruiz et al., 1997).

Se han identificado más de 30 familias de insectos depredadores, de las cuales Anthocoridae, Nabidae, Reduviidae, Geocoridae, Carabidae, Coccinellidae, Nitidulidae, Staphylinidae, Chrysopidae, Formicidae, Cecidomyiidae y Syrphidae son las más importantes en el control de plagas a nivel internacional (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013).

La efectividad de la acción controladora es dependiente no sólo de la especie introducida sino también de factores como la competencia con organismos nativos, prácticas culturales, falta de sincronización con el insecto plaga, distribución en el campo del depredador, entre otras (Salas-Araiza y Salazar-Solís, 2003).

Los depredadores pueden clasificarse en función de la alimentación como: polívoros, aquellos que están adaptados para consumir un amplio rango de especies plaga y oligóvoros, los que se alimentan de un rango más estrecho. Por otra parte, aquellos que son altamente específicos en su alimentación se clasifican como monóvoros (Gutiérrez-Ramírez et al., 2013).

Uno de los depredadores más conocidos, estudiados y utilizados para el control biológico de *Pseudococcus viburni* es el coccinélido *Cryptolaemus montrouzieri*.



Figura 2.2.3.1 y 2.2.3.2. Individuo adulto de *C. montrouzieri* y larva alimentándose de chanchito blanco respectivamente. Tomado de Mani y Shivaraju (2016) y Salazar et al (2010).

2.2.3.1 El depredador coccinélido de chanchitos blancos *C. montrouzieri*

Cryptolaemus montrouzieri es un efectivo depredador de chanchito blanco nativo de Australia (Li et al., 2016), el cual ha sido introducido dentro de programas de control biológico en al menos 64 países desde su internación a California, EE. UU en 1891 (Xie et al., 2016; Xie et al., 2015; Maes et al., 2015).

Este depredador fue uno de los primeros coccinélidos benéficos que presentó buenos resultados de control biológico en nuestro país, aunque presenta problemas para adaptarse a las zonas centro y sur en periodos invernales, principalmente debido a que las crianzas iniciales provenían de poblaciones obtenidas desde regiones más cálidas. Esto ha ido mejorando, al reproducir en crianza poblaciones de climas más templados, los que se asemejan de mejor manera a las condiciones de las regiones con inviernos más fríos y lluviosos (Ripa y Rodríguez, 1999).

Las investigaciones en torno a *C. montrouzieri* se basan principalmente en su capacidad depredadora sobre chanchitos blancos, pero también se ha informado que se alimenta de una amplia gama de insectos, entre ellos áfidos, escamas y moscas blancas (Maes et al., 2015).

Según Rosas-García et al. (2009) el depredador busca activamente a su presa, tiene un amplio rango de hospederos y reporta que se alimenta de todas las etapas de desarrollo de pseudocócidos, trabajando adecuadamente con temperaturas entre 20 a 25°C.

Según Persad y Khan (2002) a temperatura ambiente (27 ± 3 °C) la hembra depredadora ovipone 118.68 ± 1.82 huevos durante su ciclo de vida. Éstos presentan una coloración blanquecina con una duración según Babu y Azam (1987) de 6,2 días a 20°C constantes. Cuando la temperatura se acerca a los 30°C, la duración del estado de huevo disminuye a 3 días promedio. Las hembras adultas oviponen en las masas algodonosas de huevos de chanchito en especial, en hojarasca seca y ramas del tronco. El estado de larva está dividido en 4 estadios. En todos ellos su cuerpo se encuentra cubierto de penachos de cera blanca, lo que le confiere características visuales similares a las del chanchito blanco, aunque el depredador es de mayor tamaño, pudiendo alcanzar una longitud de hasta 1,3 cm y presentando un desplazamiento más rápido (Salazar et al., 2010; Moreira y Villalba, 2010). La duración completa del estado larval es de 17,7 días a 20°C constantes (Babu y Azam 1987). Posteriormente el coccinélido presenta un estado de pupa previo a su estado de adulto, el que en las mismas condiciones antes mencionadas tiene una duración de 14 días. El adulto de *C. montrouzieri* tiene los élitros de color negro con una franja anaranjada en el borde posterior, cabeza y protórax rojizo, mide entre 2,5 y 3 milímetros. La duración de este estado puede alcanzar los 4 meses (Salazar et al., 2010; Moreira y Villalba, 2010).

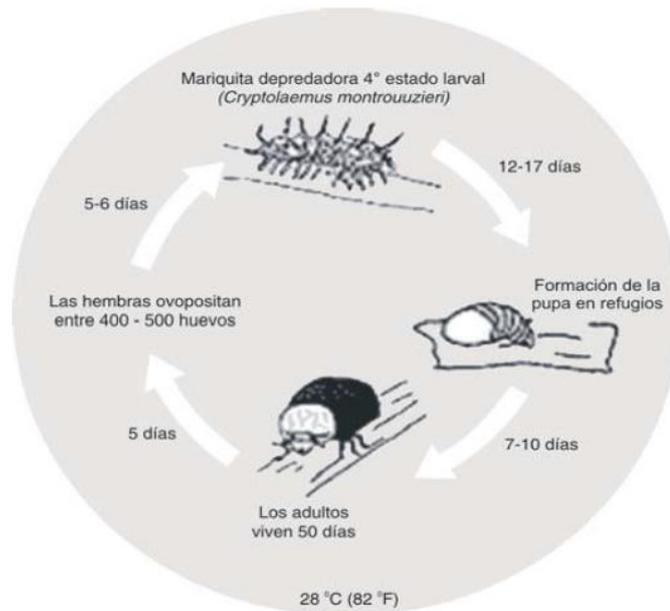


Figura 2.2.3.1.1 Ciclo de vida de *C. montrouzieri*. Adaptado de Mondaca (2017).

Según algunos autores, una sola larva del depredador podría llegar a consumir hasta 220 individuos pequeños de chanchito blanco (Moreira y Villalba, 2010). En estado de larva, sólo detectan a la plaga por contacto (Mondaca, 2017), mientras que los adultos son capaces de detectarlas por estímulos visuales y olfatorios (Rosas-García et al., 2009).



Figura 2.2.3.2 y 2.2.3.3. A la izquierda adulto y a la derecha larva de *C. montrouzieri*.

2.3 Estudios de toxicidad de insecticidas sobre *C. montrouzieri*.

La familia Coccinellidae es una de las más importantes en los programas de control biológico. Según Alvandy et al. (2013) *C. montrouzieri* ha presentado alta sensibilidad a insecticidas utilizados en los cultivos de cítricos, frutales y algodón, por lo tanto en estos

estudios, se evalúan parámetros que se ven afectados a causa de los productos químicos, con el fin de mejorar las condiciones en las que se utiliza este coccinélido.

Según la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC), la clasificación de insecticidas de acuerdo a su nivel de toxicidad se agrupa en cuatro niveles: los que deben presentar una mortalidad menor que un 30% son considerados inocuos; entre 30-79%, son catalogados como ligeramente tóxicos, entre un 80-99% de mortalidad corresponden a moderadamente tóxico y finalmente son tóxicos cuando la mortalidad supera el 99% (Boller et al., 2005).

Dumaniya et al. (2015) realizaron evaluaciones sobre el efecto de toxicidad aguda de monocrotofos, malation, endosulfan, profenofos, acefato, clorpirifos más cipermetrina, acetamiprid, tiametoxam e imidacloprid sobre estados de larva y adulto de *C. montrouzieri*. Los resultados del estudio permitieron ordenar los insecticidas según su nivel de toxicidad en adultos y larvas de *C. montrouzieri*: monocrotofos \geq acefato \geq malation \geq endosulfan \geq profenofos (\geq 98% de mortalidad en adultos y en larvas de tercer estadio). Posterior a los ya mencionados, para el caso de adultos, acetamiprid presentó 63,5%, clorpirifos más cipermetrina 39,8%, tiametoxam 36% y finalmente con el menor efecto imidacloprid 33,2%. En el caso de las larvas, los menos tóxicos resultaron ser tiametoxam (60,1%), imidacloprid (46,6%) y la mezcla de clorpirifos más cipermetrina (43,2%). Es decir, los menos tóxicos a nivel de laboratorio resultaron ser los grupos neonicotinoides y organofosforados mezclados con piretroides. En este estudio, según la clasificación de la IOBC y los resultados obtenidos no existe ningún insecticida en el nivel de inocuo, siendo la mayoría moderadamente tóxicos y tóxicos.

Cloyd y Dickinson (2006), evaluaron en condiciones de laboratorio efectos directos e indirecto de los insecticidas buprofezin, piriproxifen, flonicamid, acetamiprid, dinotefuran y clotianidin, sobre adultos de *C. montrouzieri* y el parasitoide *Leptomastix dactylopii*, ambos enemigos naturales de *Planococcus citri*. Estos artrópodos fueron expuestos a residuos de los insecticidas anteriormente mencionados y se evaluó la mortalidad directa después de 24, 48 y 72 horas, respectivamente. Los resultados muestran que, al cabo de 48 horas, acetamiprid, dinotefuran y clotianidin fueron tóxicos para adultos de *C. montrouzieri* provocando un 100% de mortalidad. Sin embargo, buprofezin, piriproxifen y flonicamid demostraron efectos perjudiciales mínimos sobre el depredador (10-20% de mortalidad) adulto después de 48 horas.

2.3.1 Respuesta funcional

Según Vergara-Soto et al. (2010) el concepto de respuesta funcional hace referencia a las condiciones a corto plazo, donde las tasas de ingestión generalmente aumentan con el

aumento de la densidad de presas. Éste es uno de los aspectos más importantes de la dinámica de una relación depredador-presa, y es un componente clave de los modelos de dinámicas de densidad de población (Chacón-Hernández et al., 2017).

Para respuesta funcional se describen tres tipos: el primero se describe en depredadores pasivos como las arañas, aquí la cantidad de moscas atrapadas en la red es proporcional a la densidad de moscas y la mortalidad de estas por depredación es constante. Para el caso del segundo tipo, la tasa de búsqueda es constante y la mortalidad de presas disminuye con la densidad de éstas y en el tercer tipo los depredadores aumentan su búsqueda y actividad con el aumento de la densidad de las presas y la mortalidad de éstas aumenta con el aumento de su densidad (Atif et al., 2011). Además, la respuesta funcional depende de algunos factores, como la capacidad del depredador para encontrar a su presa, que se define como tiempo de búsqueda y el tiempo que éste demora en atrapar, matar y consumir a su presa el que se denomina tiempo de manipulación (Jiménez, 2012). Aunque los tres tipos de respuesta funcional han sido medidos en relación con la tasa de depredación y la densidad de la presa, el mismo autor señala que la curva tipo II o ecuación de Holling es la más usada para interpretar la respuesta de los invertebrados depredadores.

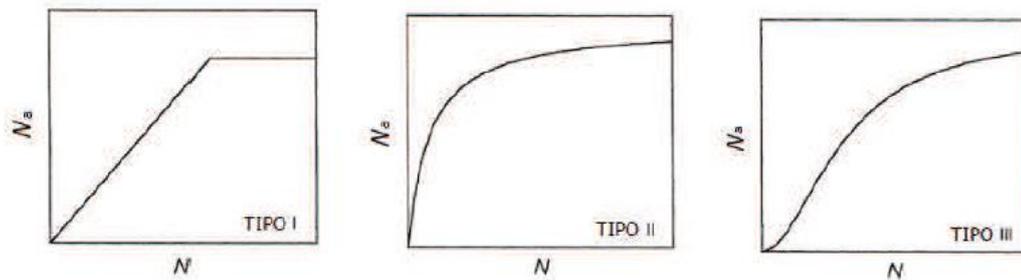


Figura 2.3.2 Respuesta funcional, número de presas consumidas (N_a) en función del número de presas ofrecidas (N) al depredador. Tomado de Jiménez (2012).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del estudio

El ensayo se realiza en el laboratorio de Sanidad Vegetal, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Talca, encontrándose éste dentro del campus Talca de dicha institución. El laboratorio se encuentra equipado para llevar a cabo este tipo de experimentos con equipos de alta calidad y tecnología.

3.2 Obtención de los coccinélidos *C. montrouzieri*.

Los individuos del depredador *C. montrouzieri*, se obtienen de la empresa Xilema SpA, filial de Anasac, perteneciente a ésta desde 2011. Xilema es la sección que involucra el control biológico de plagas. Ésta envía las larvas directamente al Laboratorio de Sanidad Vegetal donde se realizan los ensayos, bajo condiciones que favorezcan la subsistencia hasta su llegada. Los depredadores son utilizados dentro del mismo día en el que son recibidos, para así disminuir los factores externos que pueden provocar errores en los resultados.

3.3 Multiplicación de *P. viburni* en condiciones de laboratorio

Los ejemplares de *P. viburni* se obtienen de la misma empresa antes mencionada, estos son enviados en condiciones similares a las especificadas para el caso del depredador, llegan en sus diferentes estados de desarrollo, aunque se solicitan principalmente como masas de huevos o como ninfas de diferentes estadios y adultos. Los chanchitos se traspasan a zapallos tipo “cacho” los cuales una vez inoculados se almacenan en cámara de crecimiento bajo condiciones controladas a temperatura promedio de 25 °C y humedad relativa entre 50 y 60 %, las que son controladas con aire acondicionado y humidificador respectivamente. Los zapallos cumplen la función de soporte y alimentación que son necesarios para que los pseudocóccidos lleven a cabo su desarrollo y multiplicación. Al momento de realizar los bioensayos, se extraen los chanchos desde los zapallos, seleccionándolos de acuerdo con su estado de desarrollo, lo que depende de las características del experimento que se realiza.

3.4 Toxicidad aguda

Se utiliza el insecticida recomendado para control de chanchitos blancos, cuyo nombre comercial es Hurricane® 70 WP (ANASAC), el cual tiene un modo de acción sistémico y por ingestión, cuyo ingrediente activo es acetamiprid, perteneciente al grupo de los neonicotinoides y su presentación es en polvo mojable.

En primer lugar, se realiza un ensayo de toxicidad aguda del insecticida sobre larvas de *C. montrouzieri*, con el fin de definir una concentración subletal para llevar a cabo los ensayos posteriores. De este modo, se utilizan distintas concentraciones del insecticida a partir de la

concentración mínima recomendada por el fabricante (etiqueta). El tratamiento control es agua destilada, mientras que las concentraciones evaluadas corresponden al 10%, 25%, 50% y 100% de la concentración mínima recomendada (0,84 g/L de ingrediente activo, correspondientes a 12 g/HL de producto comercial). Los tratamientos se evalúan sobre los depredadores en estado de larva, clasificándolos como L1-L2 (primeros estadios larvales) y L3-L4 (últimos estadios larvales). La aplicación del insecticida se lleva a cabo mediante aspersión utilizando una torre de precisión de Potter (BURKARD, UK). Se aplican 2 mL por unidad experimental, sobre un disco de hoja de manzano (*Malus domestica*) de origen orgánico, debajo del cual se incorpora algodón húmedo, ambos se encuentran dentro de contenedores plásticos de 30 mL de capacidad y sellados con una tapa de plástico que contiene orificios para su ventilación, los cuales están sellados con cinta respirable MICROPORE (3M), además a la tapa se le añade una dosis de 125 ul de dieta artificial preparada en el laboratorio para que las larvas se alimenten durante la duración del ensayo de toxicidad aguda. En cada contenedor, se coloca una larva del coccinélido generando contacto con el insecticida de forma residual durante 24 y 48 horas. Al cabo de dicho tiempo, se evalúa la mortalidad de cada larva. El ensayo se replica tres veces.

Con los resultados de este bioensayo, se determina qué concentración es igual estadísticamente al tratamiento control (agua destilada) y con dicha concentración, se realiza el ensayo de respuesta funcional.

3.5 Respuesta funcional de *C. montrouzieri* frente a una concentración subletal de Hurricane® 70 WP.

Para evaluar la conducta de depredación de *C. montrouzieri* se utiliza un diseño completamente al azar, donde a cada larva del coccinélido se le ofrecen distintas densidades de chanchitos blancos: 4, 6, 8 y 12 con 18 repeticiones para cada caso, considerando tratamiento control (agua destilada) y concentración subletal de insecticida. Las larvas del depredador utilizadas corresponden a las de primer y segundo estadio.

En este caso, la concentración subletal utilizada es la correspondiente al 10% de la concentración indicada por el fabricante en la etiqueta del producto, según los ensayos de toxicidad aguda anteriores.

Al igual que para el caso de toxicidad aguda, los tratamientos (control e insecticida se aplican mediante la torre de precisión de Potter en los mismos contenedores plásticos en los cuales se introduce un disco de hoja de manzano. Se aplica el insecticida acetamiprid (10%) y se espera aproximadamente una hora antes de traspasar los individuos de *C. montrouzieri*, para que éstos entren en contacto con el insecticida de manera residual. Una vez puestos los depredadores en cada uno de los contenedores sellados, se mantienen por 24 horas. Al cabo

de dicho tiempo, se traspasa cada individuo a placa Petri de 90 mm con las distintas densidades de individuos de *P. viburni* (4, 6, 8 y 12), quienes previamente fueron extraídos desde los zapallos inoculados de la cámara de crecimiento, los cuales fueron seleccionados según tamaño. Cada placa con larva del depredador y chanchitos blancos es sellada con Parafilm para evitar que los chanchitos escapen. Las placas se almacenan en la cámara de crecimiento CONVIRON, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad relativa durante 24 horas. Pasado este tiempo, se evalúa la depredación de cada larva frente a cada densidad de pseudocóccidos, realizando un conteo de los individuos que hay en cada placa, tanto para el tratamiento control como para la concentración subletal del insecticida acetamiprid.

3.6 Análisis de resultados

Una vez realizadas las mediciones de toxicidad aguda, se realiza el análisis de la mortalidad de las larvas con una prueba de χ^2 . Los datos de respuesta funcional se analizaron utilizando un modelo lineal generalizado (GLM) utilizando el software R y su paquete Rcmdr.

4 RESULTADOS

4.1 Toxicidad aguda

Cuadro 4.1 Mortalidad de larvas de *Cryptolaemus montrouzieri* en cuatro concentraciones de acetamiprid (Hurricane®) a partir de la concentración mínima recomendada por el fabricante (10, 25, 50 y 100%) y agua destilada como control, medidos a las 24 y 48 horas.

Tratamiento	Acetamiprid			
	L1-L2		L3-L4	
	24 h	48 h	24 h	48 h
Control	13 a	23 a	1 a	1 a
10%	11 a	21 a	1 a	5 a
25%	19 a	39 b	8 b	17 b
50%	33 b	52 b	8 b	23 b
100%	28 b	45 b	10 b	40 c
X²	21,635	36,25	14,296	74,875
Valor P	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Las larvas de primer y segundo estadio presentan significativamente mayor mortalidad que el control cuando estuvieron en contacto con el insecticida acetamiprid en concentraciones de 50 y 100% de la concentración comercial para las 24 horas y en concentraciones de 25, 50 y 100% de la concentración comercial para las 48 horas desde el contacto residual. Para las larvas de primer y segundo estadio, sólo la concentración de 10% resultó estadísticamente igual al control a las 24 y 48 horas. Las larvas de tercer y cuarto estadio presentan significativamente mayor mortalidad que el control cuando estuvieron en contacto con el insecticida acetamiprid en concentraciones de 25, 50 y 100% de la concentración comercial para las 24 y 48 horas. Para el caso de larvas de tercer y cuarto estadio, nuevamente sólo la concentración de 10% de la concentración comercial presenta una mortalidad estadísticamente igual al control a las 24 y 48 horas, respectivamente.

4.2 Depredación de *Cryptolaemus montrouzieri* frente a *Pseudococcus viburni*.

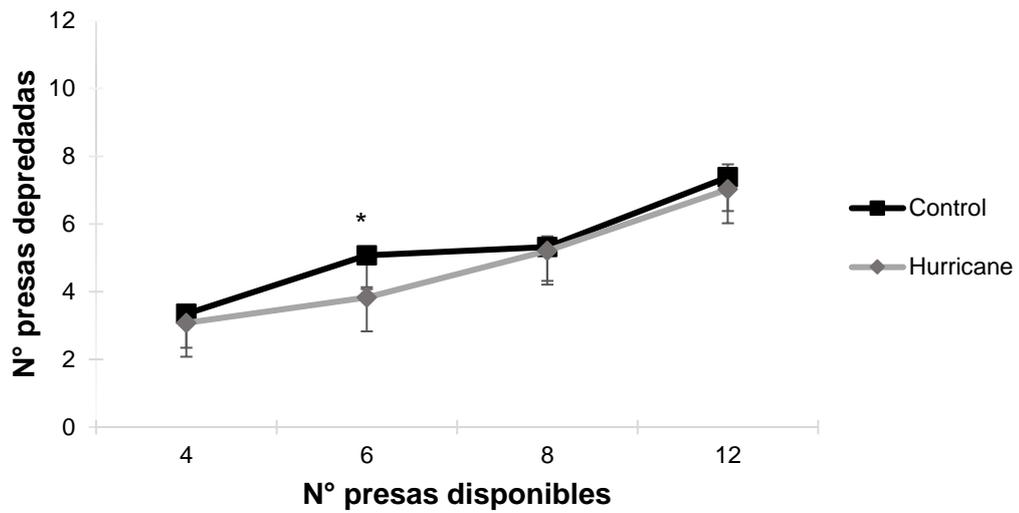


Figura 4.1 Número de ninfas de *Pseudococcus viburni* depredadas por larvas del depredador *Cryptolaemus montrouzieri* ante cuatro densidades de la presa con la aplicación residual de insecticida acetamiprid. Barras indican error estándar y * muestra diferencias significativas.

Los resultados de respuesta funcional indican que se observa una disminución significativa en la depredación de las larvas de *Cryptolaemus montrouzieri* para una densidad de 6 chanchitos blancos, pero no para densidades de 4, 8 y 12 chanchitos blancos.

5 DISCUSIÓN

Cuando se quiere aplicar el concepto de manejo integrado de plagas (MIP) se presenta el problema de que generalmente los insecticidas son dañinos para los controladores biológicos, por lo que realizar mezclas de ambos tipos de control en la práctica se vuelve una tarea difícil (Luna-Cruz et al., 2011). Es importante entonces, evaluar cómo interactúan distintos insecticidas en diferentes condiciones ambientales, distintas etapas fenológicas de los cultivos y etapas de desarrollo, tanto de plagas como de insectos benéficos, ya que todos estos factores influyen en los efectos que los productos químicos generan (Bielza, 2007) sobre ellos.

Algunos estudios han demostrado que diversos insecticidas generan distintos niveles de daño sobre una misma especie de controlador biológico (Vargas y Ubillo, 2001). Por lo que es relevante seleccionar productos químicos que generen el menor daño posible a los artrópodos benéficos.

Los insectos benéficos pueden ser afectados rápidamente al cabo de 24 horas desde el inicio del contacto residual con insecticida acetamiprid, observándose altos niveles de mortalidad en concentraciones de 100 y 50% de la concentración comercial. En concentración 10 y 25% del insecticida acetamiprid la mortalidad es similar a cuando los individuos se encuentran en contacto con agua destilada (tratamiento control). Se desprende entonces que acetamiprid genera mortalidad a las 24 horas, tal como se ha presenciado en otro ensayo de Dumaniya (2015), donde a una concentración de 0,8 g/L de acetamiprid 20 SP se produce una mortalidad cercana al 48% en larvas de *C. montrouzieri* y una mortalidad de 53% a las 48 horas, aunque no indica el tamaño de las larvas tratadas, factor que también puede generar diferencias en los resultados.

C. montrouzieri puede ser un controlador biológico que permita realizar excelentes controles de *P. viburni* cuando se busca este tipo de controles fitosanitarios, pero se debe considerar las distintas etapas de desarrollo en que se utiliza, ya que podría tener diferencias en cuanto al número de chanchitos que consume, tal como se observó en un ensayo realizado por Rosas-García et al (2009), en el que se evaluó su capacidad depredadora en distintas etapas de desarrollo observándose diferencias entre ellas. Además, se debe considerar el tamaño de la presa, factor que también influye en el número de individuos que el depredador va a consumir.

6 CONCLUSIONES

En el estudio de toxicidad aguda del insecticida acetamiprid no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamiento control (T0) y 10 y 25% de concentración comercial a las 24 horas desde el contacto con el insecticida, mientras que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamiento control (T0) y 10% concentración comercial a las 48 horas de contacto con insecticida, provocando estas concentraciones una mortalidad de larvas de *Cryptolaemus montrouzieri* similar al efecto que genera el agua destilada.

En el contexto de respuesta funcional, se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el número de chanchitos blancos depredados por larvas del controlador biológico en contacto con agua destilada (T0) y 10% de concentración comercial de insecticida Hurricane®. Esta diferencia se obtuvo sólo en la densidad de 6 presas, mientras que en las densidades 4, 8 y 12 no se encontraron diferencias en el número de presas consumidas por el depredador. Por lo tanto, según los resultados, acetamiprid afecta la depredación de *Cryptolaemus montrouzieri* al cabo de 48 horas desde contacto residual con el producto, pero sólo en una densidad intermedia, lo que se atribuye principalmente a diferencias en el tamaño de larvas del depredador utilizadas para cada réplica.

El estudio de los potenciales efectos de concentraciones subletales de insecticidas sobre controladores biológicos sería de gran utilidad, ya que potencialmente se podría replicar en otros artrópodos benéficos y plagas de importancia económica. En este caso en particular, acetamiprid podría ser utilizado en conjunto con el depredador *C. montrouzieri* cuando los residuos en hojas de manzano llegasen al 10% de la concentración comercial recomendada por el fabricante.

7 BIBLIOGRAFÍA

Ail-Catzim, C., Cerna-Chávez, E., Landeros-Flores, J., Ochoa-Fuentes, Y., García-López, Y. y Rodríguez, R. 2015. Efecto de insecticidas sobre la mortalidad y depredación de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Southwestern Entomologist*, 40(3):565-574.

Alvandy, S., Aghabaglou, S., Goldasteh, S. y Rafiei, Z. 2013. Study on side effects of diazinon and imidacloprid on *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions in indirect method in first and second generation (prey treated with insecticide). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 1 (5): 78-80.

Araya, M., Araya, J. y Guerrero, M. 2004. Efectos de algunos insecticidas en dosis subletales sobre adultos de *Aphidus ervi* Haliday (Hymenoptera: Aphidiidae). *Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas*, 30: 247-254.

Atif, J., Naser, K., Elsherif, M. y Al-Humiari, A. 2011. Functional response of the adult predator of *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant), reared on the third nymphal instar of *Planococcus citri* (Risso). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 21(2): 267-270

Basoalto, E. 2001. Diversidad de enemigos naturales de áfidos asociados al tabaco y evaluación de su potencial en programas de control biológico (tesis de pregrado). Universidad de Talca, Talca, Chile.

Babu, T. y Azam, K. 1987. Biology of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coccinellidae: Coleoptera) in relation with temperature. *Entomophaga* 32 (4): 381-386.

Badii, M. y Abreu, J. 2006. Control biológico una forma sustentable de control de plagas. *International Journal of Good Conscience* 1(1): 82-89.

Barranco, M., Vergara, C. y Mora, A. 2015. Conocimiento actual del efecto de los insecticidas derivados de la nicotina (neonicotinoides) en las poblaciones de abejas polinizadoras. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*. 2. 10.26423/rctu.v2i3.66.

Bielza, P. 2007. Compatibilidad activa de plaguicidas y fauna auxiliar. *Horticultura* N°200, págs. 28-35

Boller, E., Vogt, H., Ternes, P. y Malavolta, C. 2005. Working document on selectivity of pesticides. IOBC-WPRS Commission on IP Guidelines and Endorsement, IOBC-WPRS Working Group on Pesticides and Beneficial Organisms.

Caicedo, L. 2014. Estimación de umbrales de acción para la mosca blanca *Paraleyrodes Quaintance pos. bondari*. (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) en aguacate (*Persea americana* MILL) Hass y Lorena en el Fresno, Tolima, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de master. Bogotá D.C, Colombia.

Calquín, Y. 2007. Efectividad de neonicotinoides contra chanchitos blancos *Pseudococcus viburni* (Signoret) en uva de mesa (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Carpio, C. 2013. Bases para el manejo integrado del chanchito blanco (*Pseudococcus viburni*) en granado (*Punica granatum*): Evaluación de métodos de seguimiento y control (tesis de magister). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Casco, M. 2012. *Pseudococcus sp.* próximo a *sociabilis* (Hemiptera: Pseudococcidae): Desarrollo estacional y determinación de momentos más apropiados para el control en manzanos y perales (tesis de magister). Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

Casida, J. 2018. Neonicotinoids and other insect nicotinic receptor competitive modulators: progress and prospects. *Annual Review of Entomology* 63:125–44.

Castro da Costa, D. 2010. Guía de elementos básicos para el monitoreo y la detección de chanchitos blancos (*Pseudococcus viburni*) para implementar MIP acorde a los requerimientos BPA. Innova Corfo Chile y Fundación para el Desarrollo Frutícola. 13p.

Corvalán, T. 2017. Efectos de piriproxifem sobre el parasitismo de *Acerophagus flavidulus* (Brethés) sobre el chanchito blanco de la vid, *Pseudococcus viburni* (Signoret) (tesis de pregrado). Universidad de Talca, Talca, Chile.

Coto, D. y Saunders, J. 2004. Insectos plagas de cultivos perennes con énfasis en frutales en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. Manual técnico n°52.

Chacón–Hernández, J., Cerna–Chávez, E., Reyes–Zepeda, F., Gaona–García, G., Roncadio–Rodríguez, M. y Landeros–Flores, J. 2017. Respuesta Funcional de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot sobre cuatro estados de desarrollo de *Tetranychus urticae* Koch sobre discos de rosal. *Southwestern Entomologist* 42 (2): 485-492.

Cloyd, R. y Dickinson, A. 2006. Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural

enemies of citrus mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Economic Entomology* 99: 1596-1604.

Cruces, E. 2016. Los neonicotinoides y su uso seguro en la agricultura (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Devine, G., Eza, D., Ogusuku, E. & Furlong, M. 2008. Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* 25(1): 74-100. Recuperado en 06 de junio de 2018, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000100011&lng=es&tlng=es.

Dumaniya, S., Patel, M. y Siddhpara, M. 2015. Toxicity of insecticides to *Cryptolaemus montrouzieri* (Mulsant). *Journal of Cotton Research and Development* 29: 121-124.

Fernández-Arhex, V. y Corley J. 2004. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. Laboratorio de Ecología de Insectos Forestales, INTA EEA - Bariloche, S. C. de Bariloche, Río Negro, Argentina

Francesena, N. 2015. Efectos letales y subletales de insecticidas sobre *Bemisia tabaci* y su principal parasitoida *Eretmocerus mundus* e impacto sobre aspectos comportamentales del mismo (tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Fuentes-Contreras, E. 2003. Los insecticidas en la agricultura del nuevo siglo. Bases para el manejo racional de insecticidas. Silva, G. y Hepp, R. Chillan, Chile. 291-307.

Gómez-Cadenas, A. & Jacas, J. (2002). Efectos de los plaguicidas sobre enemigos naturales de los cítricos. *Vida rural*, N° 147, pags. 42-46.

González, R.H. 1983. El chanchito blanco de la uva de mesa. *Revista Frutícola* (1): 3-7.

González, R.H. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 121-124.

González, R.H. 2011 Pseudococcidos de importancia frutícola en Chile (Hemíptera: *Pseudococcidae*). *Publicaciones en ciencias agrícolas* n°18. Universidad de Chile. 21-91.

González, R.H. y Rojas, S. 1966. Estudio analítico del control biológico de plagas agrícolas en Chile. *Agricultura Técnica* 26: 133-147.

Gutiérrez-Ramírez, A., Robles-Bermúdez, A., Santillán-Ortega, C., Ortiz-Catón, M. y Cambero-Campos, O. 2013. Control biológico como herramienta sustentable en el manejo de plagas y su uso en el estado de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* 2(3): 102-112.

Hernández, D. 2014. Determinación de tiametoxam, clotianidina e imidacloprida y metabolitos en miel (tesis de maestría). Universidad de Valladolid, Valladolid, España.

Hidalgo, G. 2014. Evaluación de la población de falsa araña roja de la vid (*Brevipalpus chilensis* Braker), sus enemigos naturales y chanchito blanco (*Pseudococcus* sp.) en un viñedo manejado sin aplicaciones de azufre para el control de Oídio (tesis de pregrado) Universidad de Talca, Talca, Chile.

Iannacone, J. y Alvarino, L. 2002. Environmental risk assessment of the insecticide Cartap in bioassays with three invertebrates. *Agricultura Técnica* 62: 366-374.

Iannacone, J. y Alvarino, L. 2005. Selectividad del insecticida Cartap empleando bioensayos con organismos no destinatarios. *Ecological Applications* 4: 91-104.

INTA. 2015. Registro de las capturas de lepidópteros plaga asociados a los cultivos agrícolas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Boletín Entomológico del Sistema de Alerta en Red N°179.

Jeschke, P. y Nauen, R. (2006). 5.3 Neonicotinoid Insecticides. Elsevier Ocean Engineering Series. 53

Jiménez, A. 2012. Respuesta funcional del ácaro depredador *Neoseiulus californicus* (Acarina: Phytoseiidae) sobre la araña roja del palto, *Oligonychus yothersi* (Acarina: Tetranychidae) (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Karam, M., Ramírez, G., Bustamante, L. y Galván, J. 2004. Plaguicidas y salud de la población. CIENCIA número y páginas

Koplow, C. 2004. Monitoreo y control físico de chanchitos blancos (*Pseudococcus viburni* (Signoret)) en vid. Antecedentes para el manejo integrado (tesis de magister). Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Li, H., Pan, C., De Clercq, P., Ślipiński, A. y Pang, H. 2016. Variation in life history traits and transcriptome associated with adaptation to diet shifts in the ladybird *Cryptolaemus montrouzieri*. *BMC Genomics* 17:281.

López, E. y Bermúdez, P. 2007. Las plagas del palto en Chile: Aspectos relevantes de su biología, comportamiento y manejo. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile.

Luna-Cruz, A., Lomeli-Flores, J., Rodríguez-Leyva, E., Ortega-Arenas, L. y Huerta-de la Peña, A. 2011. Toxicidad de cuatro insecticidas sobre *Tamarixia triozae* (Burks) (Hymenoptera: Eulophidae) y su hospedero *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). Acta Zoológica Mexicana vol.27 no.3 Xalapa.

Maes, S., Grégoire, J. y De Clercq, P. 2015. Cold tolerance of the predatory ladybird *Cryptolaemus montrouzieri*. BioControl 60(2): 199-207.

Mani, M. Y Shivaraju, C. 2016. Mealybugs and their Management in Agricultural and Horticultural crops. Indian Institute, Bangalore, India

Mondaca, D. 2017. Respuesta funcional de *Cryptolaemus montrouzieri*, depredador de chanchito blanco (*Pseudococcus viburni*) frente a dosis subletal de insecticida regulador de crecimiento (buprofezin) (tesis de pregrado). Universidad de Talca, Talca, Chile.

Moreira, I. y Villalba, V. 2010. "Establecimiento de los protocolos de colecta, multiplicación y crianza del coleóptero biocontrolador *Cryptolaemus montrouzieri* sobre su hospedante *Dysmicoccus brevipes* en tres cultivos hospedantes bajo condiciones controladas con miras a su producción masiva y liberación en campo". Instituto Tecnológico de Costa Rica Vicerrectoría de Investigación y Extensión Dirección de Proyectos.

Mudavanhu, P. 2009. An investigation into the integrated pest management of the obscure mealybug, *Pseudococcus viburni* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae), in pome fruit orchards in the Western Cape Province, South Africa (tesis de maestría). University of Stellenbosch, Sudáfrica.

Núñez, S. y Scatoni, I. 2013. Tecnología disponible para el manejo de plagas en frutales de hoja caduca. INIA. Serie Técnica N.º 210, Uruguay.

Pacheco, V., Nondillo, A., Weber, E., Silveira, M., y Botton, M. 2017. Effect of host plants on the development, survivorship, and reproduction of *Pseudococcus viburni* (Hemiptera: Pseudococcidae) Florida Entomologist 100 (4), 718-724.

Parra, L. 2016. Efectos subletales de los insecticidas clorpirifos y acetamiprid en sistemas enzimáticos de *Cydia pomonella* (L) (Lepidoptera: Tortricidae) del valle de Rio negro y

Neuquén. Tesis para optar al título de Doctor en Biología. Universidad Nacional del Comahue. Argentina.

Persad, A. y Khan, A. 2002. Comparison of life table parameters for *Maconellicoccus hirsutus*, *Anagyrus kamali*, *Cryptolaemus montrouzieri* and *Scymnus coccivora*. *BioControl* 47: 137–149.

PROMECAFE. 2009. Manejo holístico de plagas: más allá del MIP. (Bol. N° 118)

Quiroz, C. 2014. Chanchitos blancos en uva de mesa en los valles del Norte Chico. INIA Intihuasi. Ficha técnica 10.

Ripa, R. y Rodríguez, F. 1999. Plagas de cítricos, sus enemigos naturales y manejo. INIA. Primera edición. 66-68.

Rocha-Estrada, J. y García-Carreño, F. 2008. Insecticidas clásicos y biopesticidas modernos: avances en el entendimiento de su mecanismo de acción. *Biotecnología*. 12. 50-63.

Rojas, S. 2005. Control biológico de plagas en Chile, historia y avances. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. La Cruz, Chile. 30-33.

Rosas-García, N., Duran-Martínez, E., Luna-Santillana, E. y Villegas-Mendoza, J. 2009. Potencial de depredación de *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant hacia *Planococcus citri* Risso. *Southwestern Entomologist*. 34 :179-188.

Saá, M. 2004. Determinación de especies benéficas asociadas a Pseudococcidos en la comuna de Quillota” (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile.

SAG. 2009. Estatus cuarentenario de Pseudococcidae para mercados de fruta de exportación de Chile. [http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2009/02_chanchitos_pomaceas/descargas/a Claudio Moore sag.pdf](http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2009/02_chanchitos_pomaceas/descargas/a_Claudio_Moore_sag.pdf) (consultado 25 de abril de 2018)

SAG. 2012. Rechazos por Pseudococcidae y su estatus cuarentenario.

Salas-Araiza, M. y Salazar-Solís, E. 2003. Importancia del uso adecuado de agentes de control biológico. *Acta Universitaria* 13 (1): 29-35.

- Salazar, A., Gerding, M., Luppichini, P., Ripa, R., Larrain, P., Zaviezo, T. y Larral, P. 2010. Biología, manejo y control de chanchitos blancos. INIA. (Bol. N° 204)
- Sánchez –Ruiz, M., Fontal–Cazalla, F., Sánchez–Ruiz, A. y López–Colón, J. 1997. El uso de insectos depredadores en el control biológico aplicado. Boletín de la Sociedad Entomológica Argentina 20: 141-149.
- Sazo, L., Araya, J. y de la Cerda, J. 2008. Efecto del coadyuvante siliconado e insecticidas en el control del chanchito blanco de la vid, *Pseudococcus viburni* (Hemiptera: Pseudococcidae). Ciencia e Investigación Agraria 35(2): 215-222.
- Scotta, R., Sánchez, D. y Arregui, C. 2006. Evaluación de neonicotinoides para el control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en cultivos de tomate a campo y en invernadero. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNR 10: 45-50.
- Silva, G. y Hepp, R. 2003. Bases para el manejo racional de insecticidas. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía / Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Chillan, Chile. 310p.
- Torres, F. y Marcano, R. 2015. Respuesta Funcional y numérica de *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) a diferentes densidades de *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae). ENTOMOTROPICA 30(4): 30-42.
- Vargas, R. y Ubillo, A. 2001. Toxicidad de pesticidas sobre enemigos naturales de plagas agrícolas. Agricultura Técnica 61(1): 35-41.
- Vergara, A. 2006. Efecto del control biológico aumentativo sobre la población de *Pseudococcus viburni* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae) en parronales de uva de mesa (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; Valparaíso; Chile.
- Vergara-Soto, O., Calliari, D., Tiselius, P., Escribano, R., González, M. y Soto-Mendoza, S. 2010. Respuesta funcional de *Sagitta setosa* (Chaetognatha) y *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophora) bajo una concentración de alimento variable en el fiordo Gullmar, Suecia. Revista de Biología Marina y Oceanografía 45(1): 35-42.
- Xie, J., De Clercq, P., Pan, C., Li, H., Zhang, Y. y Pang, H. 2015. Physiological effects of compensatory growth during the larval stage of the ladybird, *Cryptolaemus montrouzieri*. Journal of Insect Physiology 83: 37–42

Xie, J., Wu, H., Pang, H. y De Clercq, P. 2016. An artificial diet containing plant pollen for the mealybug predator *Cryptolaemus montrouzieri*. *Pest Management Science* 73: 541-545.

Yudelevich, M. 1950. Control biológico de los Pseudococcus en Chile. Tesis Ing. Agr. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. 126p.

Zaviezo, T. y Romero, A. 2015. Biología de nuevas especies de chanchitos blancos. *Agronomía y Forestal* 52. 28-32.

8 ANEXOS

Cuadro 8.1 Resumen de depredación de *Cryptolaemus montrouzieri* frente a ninfas de *Pseudococcus viburni*. Se muestran las 3 réplicas para las 4 densidades de presas, con datos proporcionales al tamaño de cada densidad y su EE.

		D4	D6	D8	D12
Control	R1	1 (± 0)	0.92 (± 0.04)	0.72 (± 0.08)	0.63 (± 0.05)
Hurricane	R1	0.83 (± 0.07)	0.56 (± 0.05)	0.64 (± 0.05)	0.48 (± 0.05)
Control	R2	0.9 (± 0.04)	0.89 (± 0.03)	0.58 (± 0.07)	0.68 (± 0.06)
Hurricane	R2	0.83 (± 0.07)	0.55 (± 0.04)	0.46 (± 0.06)	0.5 (± 0.04)
Control	R3	0.83 (± 0.01)	0.73 (± 0.07)	0.7 (± 0.06)	0.53 (± 0.05)
Hurricane	R3	0.65 (± 0.1)	0.43 (± 0.07)	0.33 (± 0.08)	0.33 (± 0.04)