



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**‘Efecto de la matriz del paisaje, sobre el control biológico de *Eriosoma lanigerum*
H. en huertos de manzano (*Malus domestica*) de la zona mediterránea’**

MEMORIA DE TÍTULO

CAMILO MARCELO SALGADO GUTIERREZ

TALCA, CHILE

2021

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, 2021

APROBACIÓN:



Profesor Guía:

Ing. Agrónomo Ph. Dr. Blas Lavandero Icaza
Profesor del Instituto de Ciencias Biológicas
Universidad de Talca



Profesor Informante:

Ing. Agrónomo Ph. Dr. Gustavo Lobos Prats
Profesor Escuela Agronomía
Facultad Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Fecha presentación defensa de memoria: 30 de septiembre del 2021

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer enormemente a mis padres por sus enseñanzas que han calado en lo más profundo de mis huesos. Le doy gracias a la vida por ser su hijo.

También me gustaría agradecer a todas las personas lindas que conocí en mi paso por la Universidad, lo pasamos bien.

Finalmente me gustaría agradecer al señor Profesor Blas Lavandero por darme la oportunidad de realizar mi memoria con su gran equipo. Como también al proyecto ANID / PIA / ACT192027 project: “Ecological Intensification: Integrating knowledge of ecosystem services to promote sustainable agriculture in Chile”, por financiar la investigación.

RESUMEN

Actualmente existe una amplia evidencia con respecto a cómo la cantidad de área natural y seminatural circundante a los agroecosistemas tiene un efecto positivo sobre la diversidad de enemigos naturales de plagas en agroecosistemas, sin embargo, no es muy claro el efecto directo sobre el control biológico que estos ejercen. Para entender de mejor manera el servicio de control biológico, se hace necesario la comprensión de cómo afectan las áreas naturales de un paisaje agrícola sobre las dinámicas de plagas y enemigos naturales.

En esta memoria, las incidencias del pulgón lanígero del manzano [*Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802)] (Hemiptera: Aphididae) junto con su principal agente de control biológico *Aphelinus mali* (Haldeman, 1851) (Hymenoptera: Aphelinidae) fueron evaluadas durante Diciembre y Marzo a lo largo de una gradiente en la complejidad del paisaje. Los organismos fueron evaluados en 13 campos de manzanos rodeados por diferentes proporciones de áreas naturales y seminaturales en el valle central chileno. En el ensayo se presentaron diferencias en la cantidad de campos para cada tratamiento, y esto tuvo repercusiones en los resultados obtenidos. Durante todo el ensayo las incidencias de áfidos y parasitoides fueron variables, sin embargo, en campos con una mayor complejidad de paisaje tanto el áfido como su parasitoide tuvieron mayor presencia en los campos. Aunque no queda muy claro el efecto del paisaje debido a la falta de robusticidad de los datos. Sugiriendo que también puede haber otros factores que influyan en las interacciones ecológicas de los campos de manzano.

La presente memoria indica que hay una menor presencia de *E. lanigerum* en paisajes cuyos campos estaban rodeados por una menor cantidad de áreas naturales y sugiere que otros factores, como los diferentes portainjertos utilizados o uso de pesticidas hayan podido afectar su presencia. En cuanto a *A. mali*, los resultados también son contrarios a la hipótesis planteada, probablemente debido a la falta de diferentes fuentes de hospederos para establecer sus poblaciones. Las posibles variables que podrían agregar futuras investigaciones, debieran ser una mayor gama de biocontroladores, analizar la configuración del paisaje y también observar los manejos de cada campo.

ABSTRACT

Currently there is ample evidence regarding how the amount of natural and semi-natural area surrounding agroecosystems has a positive effect on the diversity of natural enemies of pests in agroecosystems, however, the direct effect on the biological control they exert is not very clear. To better understand the biological control service, it is necessary to understand how natural areas of an agricultural landscape affect pest and natural enemy dynamics.

In this report, incidences of the apple woolly aphid [*Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802)] (Hemiptera: Aphididae) along with its main biological control agent *Aphelinus mali* (Haldeman, 1851) (Hymenoptera: Aphelinidae) were evaluated during December and March along a gradient in landscape complexity. The organisms were evaluated in thirteen apple orchards surrounded by different proportions of natural and semi-natural areas in the central valley of Chile. In the trial, there were differences in the number of fields for each treatment, and this had repercussions on the results obtained. Throughout the trial the incidences of aphids and parasitoids were variable, however, in fields with greater landscape complexity both the aphid and its parasitoid had a greater presence in the fields. Although the effect of landscape is not very clear due to the lack of robustness of the data. Suggesting that there may also be other factors influencing ecological interactions in apple orchards.

The present report indicates that there is a lower presence of *E. lanigerum* in landscapes whose fields were surrounded by a smaller amount of natural areas and suggests that other factors, such as the different rootstocks used or use of pesticides may have affected its presence. As for *A. mali*, the results are also contrary to the hypothesis, probably due to the lack of different host sources to establish its populations. The possible variables that could be added in future research should be a wider range of biocontrollers, analysis of the landscape configuration and the management of each field.

INDICE

1.INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis	2
1.2 Objetivo General	3
1.3 Objetivos específicos	3
2. ESTADO DEL ARTE	4
2.2.1 Áfidos (Hemiptera: Aphididae)	5
2.2.2 Áfidos en manzanos	7
2.3 Pulgón lanígero (<i>Eriosoma lanigerum</i>)	7
2.3.1 Ciclo de reproducción	8
2.3.2 Daño en manzanos	8
2.4 Enemigos naturales de <i>E. lanigerum</i>	9
2.4.1 Parasitoides	9
2.4.2 Depredadores	10
2.5 Manejo integrado de plagas	11
2.5.1 Control químico	12
2.5.2 Control cultural	12
2.6 Control Biológico	12
2.6.1 Control biológico de conservación	13
2.7 Paisajes	13
2.7.1 Efecto de los paisajes en control biológico de conservación	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Ubicación del ensayo	15
3.2 Metodología	16
3.2.1 Determinación de la configuración y composición del paisaje alrededor de los campos seleccionados y asignación de categorías	16
3.2.2 Incidencia de <i>Eriosoma lanigerum</i>	17
3.2.3 Incidencia de <i>Aphelinus mali</i>	18
3.2.4 Análisis estadístico	18
4. RESULTADOS	19
4.1 Incidencia <i>Eriosoma lanigerum</i>	19

4.2 Incidencia del parasitismo por <i>Aphelinus mali</i>	21
5. DISCUSIÓN	25
6. BIBLIOGRAFÍA	30

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 3.1	Campos evaluados durante Diciembre y Marzo	16-17
Cuadro 4.1	Tabla resumen de proporción de Incidencia de <i>E. lanigerum</i> con respecto a la categoría de porcentaje de área natural y seminatural.	22
Cuadro 4.2	Separación de medias para la variable de proporción de incidencia de <i>E. lanigerum</i> con respecto a la categoría según un test de Tukey.	23
Cuadro 4.3	Tabla GLM para la proporción de brotes con colonias de <i>E. lanigerum</i> con respecto a la categoría.	23
Cuadro 4.4	Tabla resumen de datos de proporción de incidencia de <i>A. mali</i> con respecto a la categoría de porcentaje de área natural y seminatural	25
Cuadro 4.5	Tabla GLM para variable de proporción de brotes con parasitoides, con respecto a la categoría de porcentaje de área natural y seminatural circundante a los campos de manzano.	25
Cuadro 4.6	Separación de medias para la variable de proporción de incidencia de <i>A. mali</i> con respecto a la categoría según el test de Tukey	26

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 4.1	Media y error estándar para la proporción de brotes con presencia de <i>E. lanigerum</i> en huertos de manzano con diferente porcentaje de área natural y seminatural (ASN).	22
Figura 4.2	Media y error estándar para la proporción de brotes con presencia de <i>A. mali</i> en huertos de manzano con diferente porcentaje de área natural y seminatural (ASN).	24

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las especies consideradas plagas del manzano, se encuentran algunas de las plagas primarias más importantes a nivel nacional, que ponen en riesgo la productividad del cultivo (Klein y Waterhouse, 2000). La plaga primaria que más destaca en los huertos chilenos es la polilla de la manzana (*Cydia pomonella* (Linnaeus)) (Lepidoptera: Tortricidae) que necesita control obligatorio. Mientras que en determinadas circunstancias se pueden encontrar al pulgón lanígero (*Eriosoma lanigerum*) (Hemiptera: Aphididae) (Hausmann), entre otras (Beers et al., 1993).

Sin embargo, a pesar de ser una plaga secundaria, el pulgón lanígero puede generar un daño importante en los huertos de manzano a comienzos de la primavera hasta el otoño. Ocasiona ataques en las ramillas absorbiendo la savia del árbol, generando tumores en la madera, que le permiten establecer sus colonias. Mientras que, en invierno habita bajo el suelo en estado de ninfas inmaduras afectando la zona radicular del árbol, debilitándolo (Beers et al., 2010).

Esta plaga se consideraba una de las plagas más importantes para Chile, ya que hacía finales del 1900 no permitía la producción del cultivo. En 1920, el control biológico de esta plaga lo ejecuta principalmente la avispa parasitoide *Aphelinus mali* (Haldeman) (Hymenoptera: Aphelinidae). Esta avispa de origen Norte Americano, fue introducida a Chile en el año 1921 desde Uruguay con el fin de erradicar el daño del pulgón (Rojas, 2005). Respecto al control sobre pulgón lanígero, la avispa parasitoide tiene desventaja en cuanto al número de generaciones que desarrolla por temporada, que pueden alcanzar entre 4-5, mientras que las generaciones de su potencial hospedero varían entre 10 y 11 por año (Mols y Boers, 2001). Otra desventaja que asociada a este parasitoide es la alta mortalidad que presenta cuando existen constantes aplicaciones de plaguicidas en los huertos (Cohen et al. 1996). Además, existen otras especies en Chile capaces de disminuir las poblaciones de pulgones, como por ejemplo individuos de sírfidos como *Syrphus similis* (Blanchard) (Diptera: Syrphidae), depredan activamente esta plaga en su estado de larva. También existen otras especies de sírfidos como *Eriopsis connexa* (Germar), *Adalia deficiens* (Mulsant), e

Hippodamia variegata (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) que en sus estados de larvas y adultos se alimentan de pulgones para completar su ciclo de crecimiento (Blackman y Eastop, 2006). Sin embargo, es escasa la información con respecto a las interacciones entre estos enemigos naturales y el efecto de posibles interacciones negativas en el control de la plaga (Peñalver-Cruz et al., 2019).

La agricultura intensiva, junto con la simplificación del paisaje (Giller et al. 1997), ha tenido como consecuencia la disminución de la biodiversidad en los agroecosistemas (Landis et al. 2000; Tschardt et al. 2005), interfiriendo en la presencia de enemigos naturales y sus respectivos controladores biológicos sobre plagas (Letourneau et al. 2015). Estudios han revelado que mientras se aumenta la diversidad de plantas dentro y fuera de los cultivos, se proporciona estabilidad y resiliencia al sistema agroecológico, debido al desarrollo de interacciones biológicas entre plagas y enemigos naturales (Landis et al. 2000; Tschardt et al. 2005). La complejidad del paisaje tiene una relación positiva entre diversidad y abundancia de enemigos naturales, pero no siempre al aumentar la abundancia y diversidad de enemigos naturales se aumenta el control de las plagas (Chaplin-Kramer et al., 2011).

El enfoque de este estudio será observar cómo impactan los diferentes porcentajes de áreas naturales y seminaturales alrededor de huertos de manzano de la zona mediterránea sobre el control biológico del pulgón lanígero (*E. lanigerum*), estudiado en gradientes (de más complejo a más simple) de paisaje donde se encuentren cultivos de manzanos en la zona central de Chile.

1.1. Hipótesis

Una mayor proporción de hábitats naturales en los paisajes de un cultivo de manzanos tiene un efecto positivo en el servicio de control biológico del pulgón lanígero (*E. lanigerum*).

1.2. Objetivo General

Determinar el efecto que tiene una gradiente de complejidad en el paisaje sobre las poblaciones de pulgón lanígero (*E. lanigerum*) en manzanos de la zona central de Chile.

1.3. Objetivos específicos

Determinar la incidencia de las poblaciones de pulgón lanígero (*E. lanigerum*) en huertos de manzano que presenten una gradiente de complejidad del paisaje en la zona central de Chile

Determinar la tasa de parasitismo realizada por *A. mali* en huertos de manzano que presenten una gradiente de complejidad del paisaje de la zona central de Chile.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Generalidades del manzano

Las frutas de pomo como la manzana (*Malus domestica*) pertenecen al orden Rosales de la familia de las Rosáceas. La manzana ha ido perfeccionando y desarrollando su precocidad y rendimiento, como también su morfología, contenido nutricional y resistencia a plagas y enfermedades a través de la cruce con varios cultivares durante los años 90, con preferencias para los distintos mercados internacionales. Así también, el rendimiento del cultivar depende en gran medida de las condiciones climáticas en que se encuentre. Uno de los cultivares más plantado a nivel mundial es ‘Red Delicious’ siendo Chile uno de sus mayores productores (Jackson, 2003).

Actualmente el mercado de frutas es un pilar importante en la economía chilena. Según ASOEX (2018), la industria frutícola representa un 38,7% del PIB silvoagropecuario y el 1,3% del PIB nacional. Chile es un potencial productor de manzanas, ya que el 12,7% de la superficie frutícola es usada por este cultivo (ODEPA, 2011). De acuerdo con datos de ODEPA (2013), Chile se ubica en el quinto lugar de los mayores exportadores de manzana con volúmenes de 760 mil toneladas. Siendo el principal exportador de manzanas en el hemisferio sur. Es así como la manzana en el año 2017 se posiciona como la segunda especie frutal más exportada del país (ASOEX, 2018). Según ODEPA (2017) la manzana roja representa el 8,6 % de la superficie utilizada en frutales. Principalmente este cultivo se expande en las regiones de la zona central de Chile, específicamente en las regiones del Maule y O’Higgins, que concentran el 87% de la superficie plantada, con un 60,3% y 26,8 respectivamente (Odepa, 2013).

De acuerdo con Sepúlveda et al (2019) la zona de central de Chile presenta un clima templado cálido, con lluvias invernales y estación seca prolongada en verano, y es donde se concentra la producción de frutales de clima templado. Esto corresponde al área comprendida entre Valparaíso y El Bío Bío, en donde las precipitaciones aumentan a mayor latitud. Zonas que proporcionan características edafoclimáticas ideales para la producción de manzanas.

2.2. Plagas del manzano

Las principales plagas que atacan el cultivo de manzano son de varios grupos de insectos. Dentro de las plagas de polilla están: *Proeulia auraria*, *Cydia molesta* y *Cydia pomonella*. Dentro de las plagas de ácaros, se encuentran a *Tetranychus urticae* y *Panonychus ulmi*. También se pueden observar a plagas picadoras chupadoras como *Edwardsiana crataegi* y *Diaspidiotus perniciosus*, y dentro del grupo de los áfidos están las especies: *Aphis pomi*, *Eriosoma lanigerum*, entre otras (González, 1984). Actualmente en el cultivo de manzanas de exportación, el manejo de plagas está orientado a controlar con el uso de químicos a *Cydia pomonella* (Reyes et al., 2015) ya que está es la principal plaga del cultivo en Chile. (Fuentes-Contreras et al., 2008).

Según un boletín técnico de la Universidad de Talca (2017), el manejo de plagas de primarias y secundarias como lo son; escamas, polillas de la fruta, chanchitos blancos, arañitas y pulgón lanífero, son controladas eficazmente mediante el uso de insecticidas de varios grupos químicos, los cuales han sido desarrollados recientemente. A pesar de esto, nuevas plagas han sido introducidas al cultivo de manzanas, como es el caso de la polilla del álamo *Leucoptera sinuella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) que ha sido detectada desde el 2015 en estado de pupa sobre manzanas, causando rechazos cuarentenarios a distintos mercados de exportación. Otra plaga que ha sido observada atacando severamente los huertos de manzanas es el gusano del tebo *Chilecomadia valdiviana* (Lepidoptera: Cossidae) presente desde la VI a VIII región. Que deberían ser incluidas en los futuros programas contra plagas.

2.2.1 Áfidos (Hemiptera: Aphididae)

En el mundo hay alrededor de 5.000 especies de áfidos (Remaudière and Remaudière, 1997), de los cuales 450 se asocian a plantas de cultivos, sin embargo, solo 100 de estos han logrado disminuir el rendimiento de los cultivos agrícolas hasta el punto de considerarse como plagas de una significativa importancia económica (Blackman y Eastop, 2000). La subfamilia Aphididae es la que constantemente amenaza a la agricultura a nivel mundial. Esto se debe a dos razones, la

primera es que es la subfamilia más grande de los Hemípteros y la otra se debe a que el hábito alimenticio de una alta proporción de áfidos se basa en el consumo de plantas herbáceas (Blackman y Eastop, 2006).

Esos insectos se caracterizan por atacar directamente los cultivos penetrando en el floema y alimentándose de la savia de las plantas, siendo denominados fitófagos. También un daño indirecto de algunos áfidos es que tienen la capacidad de ser vectores de virus y transmitírselos a sus hospederos (Artigas 1994).

La reproducción que presentan los áfidos los diferencian de otras especies de Hemípteros. Esta puede ser partenogénica cíclica, en donde hay una alternancia en sus generaciones, durante invierno, van a su hospedero primario a realizar reproducciones sexuales y asexuales, y en verano, van a su hospedero secundario donde realizan únicamente partenogénesis. Y también puede ser exclusivamente por partenogénesis. La migración entre los hospederos primarios y secundarios generalmente se consigue con áfidos alados. Donde los áfidos que no poseen alas (ápteros) tienen un ciclo de vida más rápido que los alados, ya que se preocupan solamente de reproducirse (partenogénesis) y colonizar sus hospederos estableciendo altas densidades en poco tiempo (Blackman y Eastop, 2000, 2017; Alford, 2007).

Según Alford (2007) la mayoría de los áfidos tienen antenas largas de cinco o seis segmentos, tarsos de dos segmentos de distinto tamaño y una cola para excretar gotas de mielecilla por el ano. Estas características han sido modificadas, pérdidas o reducidas entre las especies de áfidos. Los adultos y las ninfas tienen hábitos similares y a menudo viven juntos en densas colonias. Las formas de áfidos que se pueden encontrar en las colonias son; huevo, ninfas, adultos.

Actualmente en Chile, hay cerca de 135 especies de áfidos, de las cuales 104 son exóticas al territorio nacional, donde la mayoría son de relevancia económica para el desarrollo de cultivos agrícolas (Fuentes-Contreras et al., 1997).

2.2.2 Áfidos en manzanos

Cuando nos referimos a los áfidos más importantes que pueden colonizar a las manzanas, se puede mencionar a los pulgones rosados de la manzana (*Dysaphis plantaginea* Pass) (Brown y Mathews, 2007), al pulgón verde de la manzana (*Aphis pomi*) y al pulgón lanígero del manzano (*Eriosoma lanigerum*) (Hemiptera: Eriosomatidae) (Alford, 2007). Las especies de pulgón verde y rosado se encuentran actualmente ausentes en el territorio chileno (SAG, 2007).

2.3 Pulgón lanígero (*Eriosoma lanigerum*)

El pulgón lanígero del manzano (PLM) *Eriosoma lanigerum* H. (Hemiptera: Eriosomatidae) es una especie de áfido con origen norteamericano, que hospeda en plantas como *Crataegus pyracantha*, *Cotoneaster buxifolia* y *C. microphylla*, *Pyrus communis* y principalmente *Malus domestica* (Barbagallo et al., 1998). El PLM pertenece al orden Hemíptera, que se caracterizan por el aparato bucal que comparten, que corresponde a picador-chupador, que les permite consumir fluidos de las plantas. (Schuh y Slater, 1995).

Se pueden encontrar poblaciones de PLM desde la I a la XI Región (Artigas, 1994). Así esta plaga se considera como una de las más importantes para la zona central de Chile (Klein y Waterhouse, 2000).

La hembra áptera es de cuerpo ovalado, con coloraciones rojas oscuras a marrones. En la zona dorsal del abdomen del pulgón se encuentran estructuras filamentosas de cera, que son de color blanco, las que provienen de glándulas céricas cubriendo el color del pulgón, su longitud va desde 1,5 a 2,5 mm. Mientras que la hembra alada tiene la cabeza y tórax de color negro brillante con abdomen entre pardo y rojizo, su longitud es de 1,6 a 2,3 mm (Barbagallo et al., 1998).

2.3.1 Ciclo de reproducción

La reproducción del PLM es asexual por partenogénesis, es decir, no hay presencia de ejemplares machos, donde la hembra desarrolla generaciones idénticas a ella (Velasco, 1990). Cuando se encuentran en un clima mediterráneo este pulgón puede alcanzar hasta 18 generaciones por temporada, según un estudio realizado por Damavandian y Pringle (2007).

Este áfido inverna en los manzanos como ninfas (crawlers) sin su capa de cera y se refugian en grietas del tronco o raíces (Alford, 2007). Durante los meses de septiembre y octubre, las ninfas y adultos que pasaron el invierno ya sea en la zona radicular del manzano o grietas de la corteza, emergen hacia el tronco para empezar el ciclo de ovipostura, colonizando desde la copa del árbol, desde heridas foliares hasta en zonas donde se aplicaron podas (Brown et al., 1994), aunque también puede colonizar brotes sin daños que sean del año (Pringle y Heunis, 2001; Beers et al., 2010). En los meses de diciembre y enero, los individuos presentes corresponden principalmente a adultos, donde se pueden observar colonias conformadas de un gran número de ejemplares que van desde 10 a 1000 pulgones (Asante et al., 1993). Ya en otoño la plaga comienza a emigrar a zonas protegidas de las condiciones bióticas, como lo son la presencia de lluvias y temperaturas que van en descenso (Bhardway et al., 1995).

2.3.2 Daño en manzanos

La densidad poblacional del PLM se relaciona directamente con el aumento de la temperatura en los meses de noviembre en adelante (González, 1989). Su ataque es dirigido hacia zonas con heridas, en la axila de la hoja y raíces (Mueller et al., 1992). El daño que ocasiona el PLM tiene relación con la succión de savia, generando un debilitamiento en la planta, como también mal formaciones en ramillas, hojas y frutos, que son ocasionados por la poca disponibilidad de nutrientes esenciales en los tejidos vegetales (Weber et al., 1998). También, su ataque genera neoplasia en tejidos de la planta, facilitando el ataque de hongos fitopatógenos y a la formación de agallas en la zona radicular (Asante, 1994). Estos daños tienen una importancia significativa en el

árbol, ya que disminuye su rendimiento para años posteriores, bloqueando el desarrollo de la planta (Brown et al., 1994).

Su ataque es fácilmente reconocible, ya que las densas colonias presentan una alta lanosidad cubierta de cera, que luego se traduce en fumagina posándose sobre el follaje y causando problemas sobre los frutos (Asante, 1994; Barbagallo et al., 1998). El daño que se produce a gran escala tiene efectos adversos en la cantidad y calidad de frutos, como en el follaje, disminuyendo el rendimiento (Brown et al., 1995).

2.4 Enemigos naturales de *E. lanigerum*

Enemigo natural se refiere a cualquier organismo que ejerce un control en la población de otro organismo. En Chile, los enemigos naturales que tiene el PLM son depredadores y un parasitoide específico. El insecto especializado en parasitar este pulgón es *Aphelinus mali* (Hymenoptera: Aphelinidae) mientras que por el lado de los depredadores se encuentran tijeretas (*Forficula auricularia*) (Dermaptera: Forficulidae), sírfidos (Diptera: Syrphidae), especies de mariquitas o chinitas (Coleoptera: Coccinellidae), algunos crisópidos (Neuroptera: Chrysopidae) y arañas (Araneae) (Gontijo et al., 2012).

2.4.1 Parasitoides

Los insectos parasitoides son un tipo de enemigo natural muy común en el manejo de plagas introducidas. Los parasitoides se diferencian de los parásitos, en que los primeros matan a sus hospederos alimentándose hasta completar su fase de su desarrollo. Se pueden clasificar por el estado en que está su presa cuando la parasitan, por ejemplo, avispas de *Trichogramma* atacan huevos y se denominan parasitoides de huevo, también están los parasitoides de larvas, pupas y de individuos adultos (Godfray, 1993).

Están también clasificaciones de la manera en que se desarrolla un parasitoide. Los parasitoides pueden desarrollarse dentro (endoparasitoides) o externamente (ectoparasitoides) de sus presas. Si

el parasitoide permite que el hospedero siga desarrollándose después de atacarlo, se denominan Koinobiontes. Estos atacan preferentemente a larvas o ninfas, dejando su cuerpo momificado luego que se desarrolla el parasitoide. A diferencia de estos, los Idiobiontes no permiten a su hospedero que siga creciendo, se alimentan de este instantáneamente (Van Driesche, et al. 2008).

En Chile se puede encontrar al parasitoide *A. mali* que fue introducido con el fin de controlar el ataque de PLM en 1920 (Rojas, 2005), teniendo un gran éxito hasta la introducción de insecticidas organofosforados dirigidos al control de la polilla de la mazana (*Cydia pomonella*) (Isla, 1959).

2.4.2 Depredadores

Dentro de los depredadores del PLM la tijereta (*Forficula spp.*) es considerado un organismo típico que se alimenta de este áfido. En conjunto con *A. mali* en Estados Unidos se ha demostrado que pueden mantener al pulgón bajo el umbral de daño económico (Nicholas et al., 2005). Sin embargo, en Chile según estudios recientes no se ha presentado una relación potencial entre las abundancias de este y la disminución de las poblaciones de PLM en campo (Peñalver-Cruz, et al. 2019).

También se pueden considerar los escarabajos coccinélidos que son comunes en el consumo de pulgones (Beers, et al. 1993). En Chile, muchas especies de coccinélidos son consideradas enemigos naturales de pulgones. Entre las cuales se puede mencionar a la especie nativa *Eriopsis chilensis* o la recientemente introducida *Harmonia axyridis* en un estudio realizado en Chile por Peñalver-Cruz et al. (2019). Las especies de chinitas que se pueden encontrar depredando áfidos, son principalmente *Hippodamia convergens*, *Hippodamia variegata*, *Eriopsis connexa* y *Adalia angulifera* (Villegas et al. 2013).

Dentro de otro grupo que depreda a *E. lanigerum*, están los sírfidos, que se han encontrado abundando elementos como bordes compuestos por flores como el caso de cercos vivos (Peñalver-Cruz, et al. 2019).

2.5 Manejo integrado de plagas

Desde los años 80' las sociedades empezaron a tener más conciencia sobre los residuos de insecticidas en su vida. Por ejemplo, hubo más preocupación acerca de si los alimentos estaban con estos residuos, o el efecto que tiene sobre la contaminación del ambiente o también la exposición que los agricultores sufrían cuando se estaba en contacto con los cultivos.

Factores como la disminución de insecticidas disponibles, la poca tecnología asociada al desarrollo de nuevos productos y la creciente resistencia que estaban generando las plagas debido uso indiscriminado de los registros existentes, hizo que el Manejo Integrado de Plagas (MIP) se hiciera más popular en los cultivos y tuviera mayor aceptación por parte de los agricultores (Beers, et al. 1993).

El MIP corresponde a un proceso que evalúa las diferentes medidas disponibles y consolidadas dentro de un programa de manejo que busca mantener a las plagas por debajo de los umbrales de daño económico, teniendo además el menor impacto posible en el ambiente. Las decisiones de acción se basan principalmente en el monitoreo y seguimiento de las poblaciones tanto de plagas como de enemigos naturales, cuando estas ocurren bajos los umbrales de daño económico (Gray, 2009).

Las herramientas con las que cuenta un programa de MIP son; prácticas culturales dirigidas a reducir el desarrollo de las plagas, como la eliminación de hospederos para su establecimiento. También se usa control químico cuando ya la plaga supone una amenaza económica para el huerto. Otro importante componente es la utilización de control biológico, donde se usan los enemigos naturales de las plagas para mantener sus densidades bajo los niveles de daño. También se pueden encontrar otras tácticas como controles mecánicos y físicos, la utilización de insectos estériles o cultivos resistentes a enfermedades o plagas (Beers, et al. 1993).

2.5.1. Control químico

En el control de plagas del manzano (*M. domestica*) se basa principalmente en la erradicación de (*Cydia pomonella*), lo que lleva a los agricultores a aplicar una gran cantidad de pesticidas durante comienzos de primavera. Estas aplicaciones tienen efectos adversos en las poblaciones de enemigos naturales que controlan las plagas en este sistema, entre los cuales están enemigos naturales del PLM. (Devotto, 2012).

2.5.2. Control cultural

Para el control cultural, se hacen prácticas en las que no intervienen insumos químicos o biológicos. Un ejemplo para el caso del PLM, es la utilización de porta-injertos capaces de resistir a su ataque. Entre estos, los que usan son las series MM101, MM106, MM111 y los portainjertos KA 313 y Pi80 (Jackson, 2003).

2.6 Control Biológico

El control biológico se basa en la actividad de enemigos naturales (parasitoides y depredadores) para mantener por debajo de los umbrales de daño económico a las plagas de los cultivos. El éxito del control biológico se puede deber a especies nativas dentro de un agroecosistema como también de especies introducidas para el control de plagas (Beers, et al. 1993). Se pueden identificar 3 tipos de control biológico; clásico, aumentativo, inundativo y de conservación (Waage y Mills, 1992).

El control biológico clásico, es cuando se introduce un enemigo natural (EN) a un área geográfica donde no es recurrente observarlo, pero si en el hábitat de procedencia de la plaga, generalmente la plaga como el EN son introducidos (Beers, et al. 1993; Van Driesche y Bellows, 1996).

Está también el control biológico aumentativo, que consiste en la crianza en forma masiva de enemigos naturales nativos, que se liberan periódicamente al agroecosistema. Esto es debido a que

los EN no ocurren en grandes cantidades o en el momento deseado (Beers, et al. 1993; Van Driesche y Bellows, 1996).

Finalmente está el control biológico de conservación (CBC), el cual incluye el manejo del hábitat y sus áreas naturales para favorecer el desarrollo de los agentes de control biológico (Beers, et al. 1993).

2.6.1 Control biológico de conservación

Dentro de los aspectos relevantes en el MIP, está la conservación y el manejo de los hábitats de los agroecosistemas, donde se busca aumentar la abundancia de EN nativos o introducidos, mediante la regulación de las interacciones de los componentes que hay en los cultivos, para mejorar su capacidad de control biológico y mantener los umbrales de daño económico bajos. En general, la conservación de un ambiente favorable para el buen desempeño de los insectos y ácaros biocontroladores se basa en reducir factores que resulten adversos para su presencia en los cultivos, como también, proporcionar recursos que requieren en sus hábitats. Para aumentar la eficiencia de EN, se requiere un manejo del hábitat donde se les entregue alternativas para hospedar y refugiarse, como también fuentes de alimento como polen y néctar (Van Driesche, et al. 2008).

En las prácticas culturales convencionales, hay factores que influyen negativamente en la presencia de EN, como es el caso de la destrucción de restos del cultivo, la eliminación de vegetación que puede servir de refugio durante el invierno o la fragmentación del paisaje agrícola (Van Driesche, et al. 2008).

2.7 Paisajes

El paisaje es un sistema donde los elementos presentes en el interactúan permanentemente, y se caracteriza por su heterogeneidad temporal y espacial. Así su configuración y composición pueden influir directamente en los organismos presentes en él. La composición del paisaje nos habla de los tipos de parches que coexisten en un sistema, mientras que la configuración nos dice sobre la forma y disposición que tienen los parches en un paisaje. Un paisaje tendrá una complejidad determinada,

dependiendo del grado en que estén intervenidos tanto su configuración como la composición de este (Fahrig, L., et al. 2011). Así, podemos denominar un paisaje complejo o simple observando que tan intervenidas son las áreas naturales dentro de este. Tenemos que un paisaje simple, no está presente con mucha superficie natural, o está intervenida en gran parte por el hombre con fines agrícolas (Farina, 2008). Mientras que un paisaje con mayor complejidad, se refiere a una superficie con mayor cantidad de áreas naturales heterogéneas, que están casi nada intervenidas por el hombre (Tschardt et al. 2005).

2.7.1 Efecto de los paisajes en control biológico de conservación

El efecto que tiene la agricultura en los paisajes es una fragmentación de las áreas naturales presentes en el, y esto tiene efectos positivos y negativos para ciertos organismos. Para las plagas, la eliminación de áreas naturales favorece su abundancia ya que no tienen agentes controladores que regulen sus poblaciones, de manera que se afecta negativamente a los EN (Letourneau et al. 2015).

Dentro del CBC se promueven prácticas como plantaciones de corredores vegetales para que funcionen como refugio y alimento para los insectos y ácaros benéficos para el control de plagas con el fin de potenciar la dinámica de los insectos benéficos que se encuentran en el agroecosistema (Bianchi et al. 2006).

En Chile se han estudiado los efectos que tienen arbustos como *Pyracantha coccinea* (Rosaceae) que están adyacentes a cultivos de manzanos, sobre el control biológico del PLM (Peñalver-Cruz et al. 2019). Evidenciando que esta planta puede servir como refugio de parasitoides, para que se establezcan temprano en la temporada, y posteriormente parasiten a los pulgones presentes en huertos de manzanos. Sin embargo, no se observó mucha relación con depredadores. Por lo que hacen falta más estudios dirigidos a cultivos específicos y ver como es la relación que hay con el paisaje y el control biológico.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo

Los 13 campos seleccionados se encontraban ubicados por cuadrantes entre las regiones del Libertador Bernardo O'Higgins y del Maule. Se generaron tres cuadrantes que corresponden a las comunas de Codegua, Chimbarongo y Molina respectivamente, ver cuadro 3.1. Esta zona mediterránea se caracteriza por abarcar la mayor cantidad de superficie destinada a la producción de frutales mayores (ODEPA, 2017). El clima mediterráneo presente en estas regiones ofrece características agroclimáticas para el desarrollo frutícola, donde se concentra gran parte de la producción de manzanas (Sepúlveda 2019). Cabe mencionar, que la cantidad de campos para los cuadrantes no fue equitativa, ya que se presentaron dificultades para el ingreso, debido a la pandemia. Quedando el primer cuadrante (A1) con seis campos, el segundo cuadrante (A2) con cinco campos y el tercer cuadrante (A3) con dos campos (ver tabla 3.1).

Cuadro 3.1. Campos evaluados durante diciembre y marzo, en las siguientes comunas y cuadrantes (A): A1 Codegua., A2 Chimbarongo y A3 Molina. Las categorías efectuadas se rigen por el porcentaje de área natural y seminatural (ASN) alrededor de los campos 1 corresponde al 0-35% ASN, 2 corresponde al 35-70% ASN y 3 corresponde al 70-100% ASN.

Cuadrante	Categoría	Producción	Campo
A1	1	Convencional	Claudio Salgado
A1	1	Convencional	Cristian Osorio
A1	2	Convencional	El Carrizal
A1	2	Convencional	Manuel Mella
A1	3	Orgánico	Casas Montecillos
A2	1	Convencional	Santa Bárbara
A2	1	Convencional	San Jorge

A2	2	Convencional	El Peumal
A2	2	Convencional	Santa María
A2	3	Convencional	Callejón Ortúzar
A3	1	Convencional	FrutaSol Cielito
A3	2	Convencional	FrutaSol Shangri-La
A3	2	Convencional	Rafael Godoy

3.2 Metodología

Para realizar el estudio de cómo afectan los componentes del paisaje sobre la presencia de *E. lanigerum* y sus enemigos naturales, los campos evaluados fueron visitados por dos semanas (3 días cada semana) durante diciembre del 2020 y marzo del 2021. El orden de visita a los campos para hacer los ensayos fueron los del cuadrante A1 el primer día, A2 al segundo y por último los campos de A3.

3.2.1 Determinación de la configuración y composición del paisaje alrededor de los campos seleccionados y asignación de categorías

Para definir la complejidad del paisaje, en cada campo se fijó un punto de coordenadas con GPS y desde ahí se establecieron buffers de 1 km de diámetro. Se identificaron parches de cultivos anuales o permanentes, presencia de ambientes naturales y elementos de construcción que tienen influencia en el paisaje que rodeaba a los huertos (Gagic et al. 2012).

Para estudiar los buffers de 500m de radio, se usaron mapas de Google Earth, en adición con las visitas de terreno. Posteriormente, se clasificaron los parches y la matriz del paisaje con las siguientes categorías:

a. Permanente (Seminatural): a toda aquella área que presentaba frutales, cultivos permanentes, praderas naturales, bosques, bordes, ríos, cerros y áreas sin cultivar.

b. Anual (Cultivos anuales): a todas aquellas áreas con cultivos anuales, que generalmente pertenecían a trigo, papa y leguminosas.

c. Construcción: Toda aquella área que presentaba alguna estructura artificial, como casas, galpones, edificios, etc.

Esto, con el fin de generar clasificaciones para los campos seleccionados. La asignación de categorías buffer para los campos fue de la siguiente manera:

Categoría 1: corresponde al 0-35 % de área natural y seminatural (ASN)

Categoría 2: corresponde al 35-70 % ASN

Categoría 3: corresponde al 70-100 % ASN

3.2.2 Incidencia de *Eriosoma lanigerum*

Según Orpet et al (2020) no hay una manera singular para medir la presencia de *E. lanigerum*, y se puede hacer de distintas formas, como observar colonias por minuto (Beers et al., 2010), colonias por árbol (Bergh y Stallings, 2016), o medir por brotes como en Orpet et al (2020) . Para esta memoria se seleccionaron 10 árboles por campo, a los cuales en 10 brotes se buscó presencia de colonias de *E. lanigerum*. Estos datos fueron registrados en planillas, donde se anotó si hubo o no colonias. Además, los árboles que presentaban colonias en sus brotes fueron marcados para posteriormente evaluar la incidencia de *A. mali*.

3.2.3 Incidencia de *Aphelinus mali*

De los 10 árboles observados previamente para ver la presencia de *E. lanigerum*, se marcaron los que presentaron colonias de *E. lanigerum* y se procedió a observar la incidencia del parasitoide *A. mali*. En estos árboles se seleccionaron 10 brotes que presentaban colonias e indicios del parasitoide. Las muestras que tenían colonias se llevaron al laboratorio de Control Biológico de la Universidad de Talca para colocar los brotes en tubos Eppendorf con un algodón humedecido y mantener viva la ramilla. Luego este tubo fue colocado en cajas de plástico previamente modificadas con el fin de observar la presencia del parasitoide. Las cajas permitían el acceso de aire al interior de esta, pero no dejaban escapar a las avispas parasitoides. Al cabo de 10 días de incubación, las cajas fueron analizadas para estimar las tasas de parasitismo. Esto se realizó de manera visual, contando los parasitoides emergidos, o bien observando las ramillas encima de placas petri con una lupa de marca Olympus SZ61 para detectar si había momias de pulgones.

3.2.4 Análisis estadístico

Con el fin de comparar la incidencia del pulgón lanífero y de *A. mali* entre los campos con diferentes paisajes (simples y complejos), se procedió a usar un Modelo Lineal Generalizado (GLM, siglas en inglés) con una distribución de probabilidad cuasi-binomial, debido a problemas de sobre dispersión, que fue revisada para ambos análisis. En estos modelos, para cada análisis de incidencia, se utilizó como factor explicativo la categoría. Mientras que las variables para el caso de *E. lanigerum*, fueron el número de brotes con colonias sobre el número total de brotes evaluados, y para la incidencia de *A. mali* las variables fueron brotes con parasitoides dividido en brotes sin parasitoides, considerando en el cálculo sólo aquellos brotes que tenían pulgones. En ambos análisis se juntaron los datos obtenidos en diciembre y marzo, debido a la baja disponibilidad de campos y sus respectivos datos. Todo el análisis estadístico se realizó con el programa R commander v4.0 (R Core Team, 2013).

4. RESULTADOS

4.1 Incidencia *Eriosoma lanigerum*

En total, junto con las dos fechas evaluadas, se encontraron 447 brotes con colonias de *E. lanigerum*. Los resultados obtenidos en el ensayo muestran que la incidencia de *E. lanigerum* varía notablemente cuando la proporción de áreas naturales y seminaturales (ASN) alrededor de los campos de manzano aumenta, alcanzando valores más altos cuando el porcentaje de ASN era de 35-70% (ver figura 4.1). La variabilidad de los datos fue baja en la categoría 1 y a medida que se aumentaba en la categoría, también lo hacía la variabilidad. En el cuadro 4.1 se puede observar la diferencia de datos que se obtuvo para medir la incidencia de *E. lanigerum*. Junto a esto, debido a la sobre dispersión de los datos, el ANOVA con respecto al modelo lineal generalizado (Valor-p = <0,001), indica que hay diferencias significativas entre las categorías en cuanto a la proporción de brotes con pulgones. En el cuadro 4.2 se muestra la diferencia entre las medias de cada tratamiento, indicando que las letras diferentes corresponden a diferencias significativas según la prueba de Tukey, bajo un 95 % de confianza y un N=3.

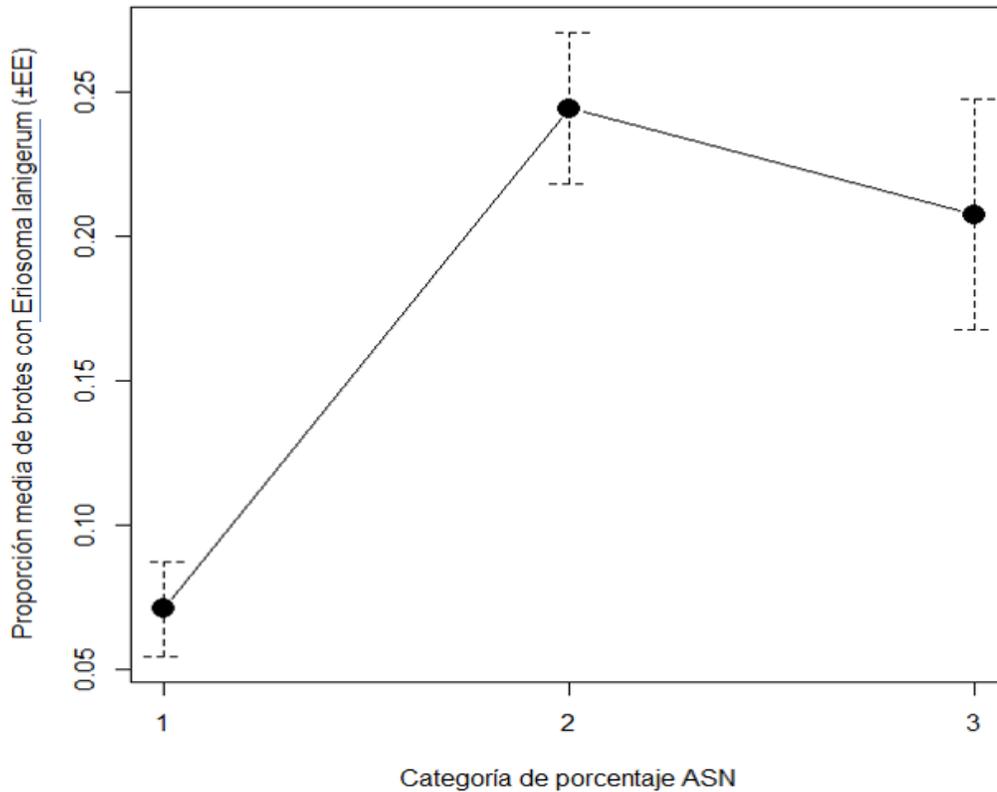


Figura 4.1. Media y error estándar para la proporción de brotes con presencia de *E. lanigerum* en huertos de manzano con diferente porcentaje de área natural y seminatural (ASN). Categoría 1, 2 y 3 corresponden a los porcentajes: 0-35, 35-70 y 70-100 %, respectivamente.

Cuadro 4.1. Tabla resumen de proporción de Incidencia de *E. lanigerum*. Categoría 1, 2 y 3 corresponden al porcentaje de área natural y seminatural alrededor de los campos de manzano. Los porcentajes son: 0-35, 35-70 y 70-100 %, respectivamente.

Categoría	Media	EE	Número de brotes analizados
1	0.071	0.164	100
2	0.244	0.288	120
3	0.207	0.252	40

Cuadro 4.2. Separación de medias para la variable de proporción de incidencia de *E. lanigerum* con respecto a la categoría según un test de Tukey. Categoría 1, 2 y 3 corresponden al porcentaje de área natural y seminatural alrededor de los campos de manzano. Los porcentajes son: 0-35, 35-70 y 70-100 %, respectivamente. Letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas entre medias $p < 0.005$

Tratamiento	Media de la proporción de <i>E. lanigerum</i>	Valor $p = 0.05$
Categoría 1	0.07	a
Categoría 2	0.24	b
Categoría 3	0.21	b

Cuadro 4.3. Tabla GLM para la proporción de brotes con colonias de *E. lanigerum* con respecto a la categoría. *** denota diferencias estadísticamente significativas entre medias ($p < 0.001$)

	LR Chisq	GL	Valor-p
Categoría	30.978	2	0.000001***

4.2 Incidencia del parasitismo por *Aphelinus mali*

Para la incidencia de *A. mali*, en cuanto a la proporción de brotes con parasitoides, los valores más altos se encuentran entre la categoría 1 y 3 (ver Figura 4.2). En el cuadro 4.4 se puede observar la cantidad de datos que se obtuvieron para cada categoría, donde se indica que hubo una mayor presencia de brotes con pulgones en la categoría 2 con respecto a las otras categorías. Ya que los datos presentan bastante sobre dispersión, no se generó un ANOVA para este set de datos, por lo tanto, se procedió a generar un GLM (ver cuadro 4.5) que entrega un valor- $p < 0,05$, indicando que

hay diferencias significativas entre las categorías de porcentaje de ASN con respecto a la incidencia de *A. mali* en los brotes.

Según la prueba de Tukey (cuadro 4.6), la tasa de parasitismo de *A. mali* indica que hay diferencias significativas (valor-p < 0.05) entre las categorías 2 y 3. Mientras que entre las categorías 1 y 2 no hay diferencias significativas.

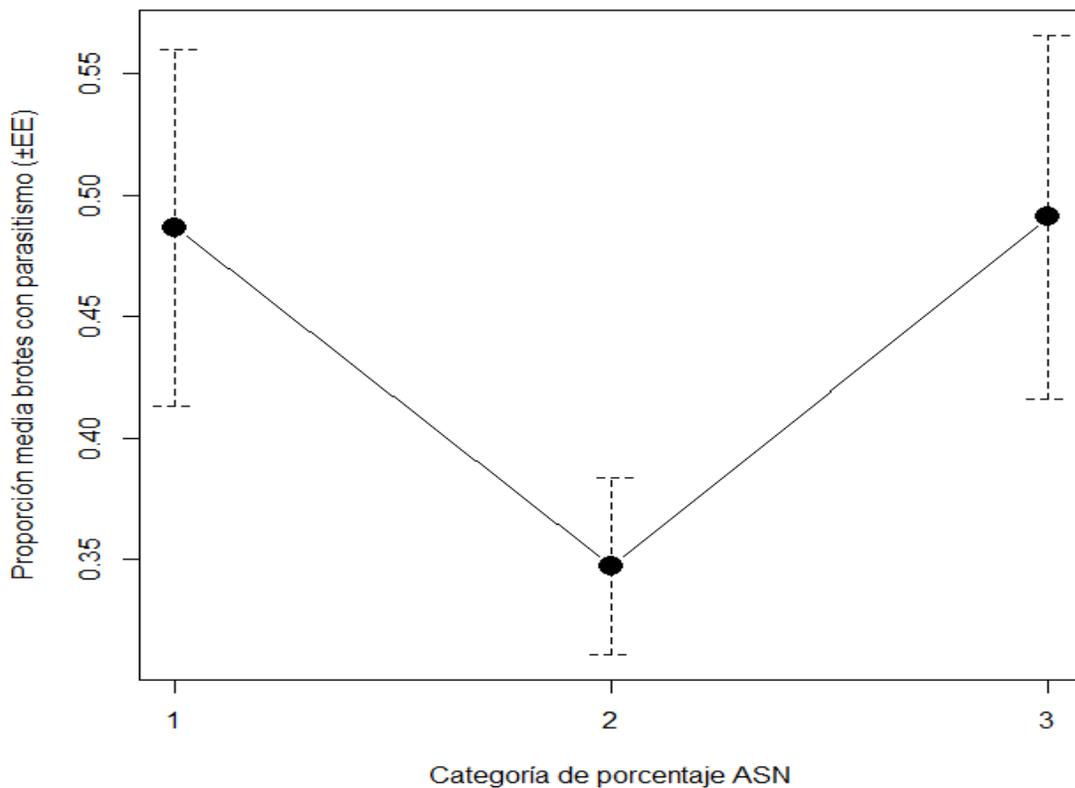


Figura 4.2. Media y error estándar para la proporción de brotes con presencia de *A. mali* en huertos de manzano con diferente porcentaje de área natural y seminatural (ASN). Categoría 1, 2 y 3 corresponden a los porcentajes: 0-35, 35-70 y 70-100 %, respectivamente.

Cuadro 4.4 Tabla resumen de datos de proporción de incidencia de *A. mali* con respecto a la categoría de porcentaje de área natural y seminatural. Categoría 1, 2 y 3 corresponden al porcentaje de área natural y seminatural alrededor de los campos de manzano. Los porcentajes son: 0-35, 35-70 y 70-100 %, respectivamente.

Categoría	Media	Desviación estándar	Número brotes con áfidos	Número de brotes sin áfidos
1	0.4866883	0.3434359	22	78
2	0.3474462	0.2870432	62	58
3	0.4909722	0.3663694	24	16

Cuadro 4.5. Tabla GLM para variable de proporción de brotes con parasitoides, con respecto a la categoría de porcentaje de área natural y seminatural circundante a los campos de manzano. * denota diferencias estadísticamente significativas $p < 0.05$.

	LR Chisq	GL	Pr
Categoría	7.5286	2	0.02318*

Cuadro 4.6. Separación de medias para la variable de proporción de incidencia de *A. mali* con respecto a la categoría según el test de Tukey. Categoría 1, 2 y 3 corresponden al porcentaje de área natural y seminatural alrededor de los campos de manzano. Los porcentajes son: 0-35, 35-70 y 70-100 %, respectivamente Letras diferentes denotan diferencias estadísticamente significativas entre medias $p < 0.005$. Asterisco indica diferencias significativas entre los tratamientos $p < 0.005$.

	Error Estándar del modelo	Valor z	Valor p= 0.05
Cat 2 - Cat 1	-1.31	0.38	ab
Cat 3 - Cat 1	0.32	0.6	a
Cat 3 – Cat 2	2.65	0.0212 *	b

5. DISCUSIÓN

El objetivo de esta memoria fue evaluar como la matriz del paisaje, en cuanto a la cantidad de área natural y seminatural alrededor de campos de manzano (*Malus domestica*) de la zona central mediterránea, impacta sobre la capacidad de control biológico de *Eriosoma lanigerum*. Esto resulta interesante de abordar, ya que en términos de cómo afecta el paisaje sobre interacciones biológicas que ocurren en sistemas productivos, como la producción de frutales, podría ser una ventaja poder entender este factor en cuanto a facilitaciones de servicios para disminuir las nocivas liberaciones de productos químicos al ecosistema (Landis 2017; Tschirntake et al., 2016).

Con respecto a la incidencia de *E. lanigerum*, los resultados son contrarios a la hipótesis planteada, ya que se encontró más colonias de pulgón en campos con mayor porcentaje de área natural y seminatural. En el caso de la categoría 1 (hasta 35 % de área seminatural), la presencia de *E. lanigerum* fue bastante baja, incluso no encontrando colonias en tres de los cinco campos muestreados para esta categoría en las fechas de muestreo, lo que se podría atribuir a un posible efecto de los pesticidas utilizados. Por ejemplo, hubo campos de categoría 1 que se regían por sistemas productivos de exportación, en que avisaron que se habían aplicado periódicamente pesticidas, así que era esperable encontrar brotes sin áfidos. Según Markó et al., (2017) encontró que cuando se aumenta la toxicidad de pesticidas disminuyen las abundancias de áfidos que se alimentan de manzanos. Además, Nicholas et al., (2003) encontraron que Imidacloprid (Confidor® SC, Bayer CropSciences) controla eficazmente las colonias del suelo hasta por 4 temporadas. Para la categoría 2 (entre 35 y 70 % de área seminatural) la incidencia de pulgón lanígero tampoco fue tan alta, y esto se puede deber a un posible efecto de enemigos naturales que estén depredando activamente la plaga (Beers et al., 2016). En cuanto a los campos de categoría 3, no se puede sugerir de manera consistente que ocurrió realmente, ya que la cantidad de campos no fue la necesaria para tener una mejor visión de las dinámicas poblacionales de *E. lanigerum*.

Las distintas categorías tienen valores muy diferentes en cuanto a la proporción de brotes con colonias, lo cual también está asociado al manejo de los campos, variable que no fue incluida en

este análisis. Sin embargo, dentro de los manejos de los campos de categoría 1, se repetía un mismo patrón de no tener cultivos o malezas entre hileras. Mientras que en campos de categoría 2, si se presentaban grupos de malezas entre las hileras. Además, se puede decir que los campos parecían no ser muy prolijos en cuanto al cuidado del huerto. Por ejemplo, en al menos cuatro campos de esta categoría se dejaba la fruta de raleo esparcida en el campo, sin manejo. Situación que no se presentaba en campos de otras categorías. Para campos de categoría 3, se puede decir que el manejo no parecía ser tan intenso como en campos de categoría 1, ya que por ejemplo presentaban una mayor cantidad de árboles enfermos.

La variabilidad de los resultados fue alta, por ejemplo, en campos de categoría 2 se obtuvieron campos con nula presencia de colonias hasta campos con casi el 50 % de los brotes con pulgón. Esto da para pensar que puede que otros factores, como el manejo, la variedad de manzana, el portainjerto y la historia de cada huerto en cuanto a la incidencia de pulgón lanígero podrían modular los resultados encontrados acá, lo cual expliquen la variabilidad en los huertos (Rojas, 2005).

En cuanto a la incidencia de parasitismo los resultados también son contrarios a la hipótesis propuesta. Donde la categoría 1 fue la que obtuvo mayor proporción de brotes con parasitoides. Esto podría indicar que debido a que la tasa de parasitismo fue alta en campos de categoría 1, explicaría la baja incidencia de *E. lanigerum* en sus huertos. Pero también hay que tener en cuenta, que la categoría 1 presenta la menor cantidad de árboles donde se pudo obtener colonias de *E. lanigerum*, que fueron 22 árboles, mientras que en la categoría 2 los árboles que tenían presencia de *E. lanigerum* fueron 62. Ello también podría estar relacionado al uso de pesticidas, como se mencionó antes, los campos de categoría 1 en general tenían un manejo agrícola más intenso. La baja presencia de colonias de *E. lanigerum*, otro factor como los portainjertos resistentes también afectaría la disponibilidad de pulgones para parasitar. De esta manera entonces, si se tienen más árboles con colonias, se podría comparar de mejor manera qué sucede con diferentes proporciones de áreas naturales alrededor de los campos. En el caso de la categoría 2, que presenta la menor tasa de incidencia de *A. mali* junto con la mayor incidencia de *E. lanigerum* se podría pensar que están ocurriendo interacciones antagonistas relacionadas con otros enemigos naturales de *E. lanigerum*. Como por ejemplo la depredación intra-gremio. Esta relación puede verse afectada por el aumento en la diversidad de enemigos naturales, donde *A. mali* se pueda estar desarrollando sobre pulgones,

y que estos sean consumidos por otros enemigos generalistas, afectando negativamente las poblaciones y consecuentes tasas de ataque de este parasitoide (Gontijo et al., 2012).

En la evaluación de los campos se notaron las primeras diferencias con respecto a la cantidad de campos disponibles para cada categoría. Por ejemplo, es importante mencionar que para la categoría 3 sólo hubo dos campos durante todo el ensayo. Su alta variabilidad se debe principalmente a que faltaron campos para tener una base de datos más robusta y que fuera más comparable con las demás categorías. Esto se podría atribuir a efectos de la pandemia, ya que las empresas tenían más restricciones para dejar ingresar a gentes externas. Incluso hubo casos donde se nos prohibió la entrada, aun cuando ya se habían acordado las visitas pertinentes. Aunque también pudo influir la baja disponibilidad de campos con una proporción de área natural y seminatural mayor al 70 %. Es decir, que hay factores como la producción de bosques, o expansión agrícola que han convertido los paisajes con áreas naturales en sistemas productivos, alterando la función y servicios del ecosistema (Landis et al., 2000; Foley et al., 2005). Según Ginocchio et al., (2019) la actividad agrícola se concentra principalmente en los valles interiores de la zona mediterránea, donde la mayoría de las zonas planas fueron convertidas para la agricultura, y posteriormente para la urbanización. Sin embargo, agrega que la intensificación de tecnologías en la agricultura ha permitido desplazarse hacia los sectores más precordilleranos, transformando el paisaje original. En cuanto a las categorías 1 y 2, fueron más similares con respecto al número de campos visitados. Cabe mencionar que los datos de la categoría 3 no son comparables ya que solo hubo 2 campos y presenta menos datos en comparación a los campos de las otras categorías. Peñalver-Cruz et al., (2020) encontró evidencia de que los parasitoides provienen mayoritariamente de otros campos con pulgones, por lo tanto, en un ambiente con más manzana alrededor podría ser beneficioso para el control biológico de *E. lanigerum*. Entonces, podría ser que, en este caso particular, las tasas de parasitismo son mayores cuando lo que hay alrededor son más campos de manzanos, junto con el efecto que tienen los productos químicos, ya que en los campos que no se encontraron brotes con *E. lanigerum* no fue efecto de *A. mali* por sí solo, sino que se tuvo que intervenir con algún producto para eliminar las colonias. Que puede ser el caso que hayan sido directamente sobre *E. lanigerum*, o bien, para controlar a la polilla de la manzana (*Cydia pomonella* (Linnaeus)) (Lepidoptera: Tortricidae) (Beers et al., 2016).

Se ha reconocido a los hábitats no cultivables que estén próximos a huertos que funcionan como alimento alternativo y refugio para que enemigos naturales puedan desplazarse frente a las perturbaciones que ocurren en los agroecosistemas (Landis et al., 2000). De esta manera, los enemigos naturales pueden trasladarse desde estos sitios protegidos hacia los campos donde pueden forrajear a sus presas a inicios de las temporadas (Raymond et al., 2015). Alrededor de los campos se encontraban franjas florales, cultivos anuales, plantaciones de bosques, praderas y otros componentes que podrían estar afectando la dispersión y diversidad de los enemigos naturales (Bianchi et al., 2006). Aunque este aspecto no fue medido en el presente trabajo, se puede dar la posibilidad de que exista una complementariedad de nicho con respecto a la presa de *E. lanigerum* (Gontijo et al., 2015).

Futuros estudios acerca de la influencia del paisaje sobre el control biológico de plagas debieran incluir mediciones de más grupos de enemigos naturales junto con ensayos de pesticidas para ver cómo se relaciona el comportamiento de los agentes de control frente a perturbaciones en los huertos. Con el fin de lograr una producción agrícola más sustentable, es clave la conservación de los enemigos naturales presentes (Pretty, 2008).

6. CONCLUSIONES

En conclusión, con la evidencia obtenida se puede decir que el aumento en el porcentaje de área natural y seminatural alrededor de campos de manzano, afecta positivamente la incidencia de *E. lanigerum*. Además, se evidenció que *A. mali* puede ser afectado por los componentes que rodean a los huertos de manzano, ya que disminuyó su presencia cuando se aumentaba la cantidad de área natural y seminatural, lo cual puede estar directamente ligado a que estos campos tienen menos hábitat alrededor con hospederos susceptibles (manzanos) como fuente de adultos de parasitoides.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alford, D. (2007). Pests of Fruit Crops A Colour Handbook. First edition. Manson Publishing Ltd. London, England. 461 p.

Artigas, J. N. (1994). Entomología económica: Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (Nativos, introducidos y susceptibles de ser introducidos). Ediciones Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 1126 pp.

Asante, S. y W. Danthanarayana. (1993). Sex ratios in natural populations of *Aphelinus mali* (Hymenóptera: Aphelinidae) in relation to host size and host density. *Entomophaga* 38(3): 391-403 p.

Asante, S. y W. Danthanarayana. (1994). Susceptibility of apple varieties to attacks by the woolly aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Homóptera:Aphididae). *Plant Proteccion Quarterly* 9(4): 126-130 p.

Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. (ASOEX. Propuestas para Avanzar en una Fruticultura de Exportación Sustentable. Expediente Exportador N°14. Marzo de 2018. Recuperado en: <https://www.asoex.cl/publicaciones/expediente-exportador.html> Consultado el 10 de junio 2020.

Barbagallo, S., Cravedi, P., y Pasqualini, E. Patti. (1998). Pulgones de los principales cultivos frutales. Mundi-Prensa. Madrid, España. 121p.

Bastidas Guevara, W. A. (2008). Revisión bibliográfica para el análisis de riesgo de plagas para la importación de fruta fresca de manzana (*Malus domestica* B.) procedente de Chile. Quito-Ecuador 2008.

Beers, E.H., J. Brunner, J.F., Willet, M. J. y Warner, G.M. (1993). Orchard Pest Management. Good Fruit Grower. Yakima, Washington, USA. 276 p.

Beers, E.H., Cockfield, S.D. and Gontijo, L.M. (2010). Seasonal phenology of woolly apple aphid (Hemiptera: Aphididae) in Central Washington. *Environmental Entomology* 39, 286–294.

Beers, E. H., Horton, D. R., & Miliczky, E. (2016). Pesticides used against *Cydia pomonella* disrupt biological control of secondary pests of apple. *Biological Control*, 102, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.05.009>

Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H., & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. In *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* (Vol. 273, Issue 1595, pp. 1715–1727). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>

Bhardway, S., R. Chander y S. Bhardway. (1995). Movement of woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum*) Homóptera: Pemphigidae) on apple (*Malus pumila*) Plant in relation to weather parameters. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 65 (2): 217 - 222 p.

Blackman, R.L. y Eastop, V.F. (2000). *Aphids on the World's Crops: An Identification and Information Guide*, 2nd edn. Wiley, Chichester, UK, 466 pp.

Blackman, R.L. y Eastop, V.F. (2006) *Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs*. Wiley, Chichester, UK (2 vols) 1,439 pp.

Blackman, R.L. y Eastop, V.F. (2017). Page 1 in: *Aphids as crop pests*. Edited by van Emden, H. F. and Harrington, R. Second edition. CABI. Wallingford, Oxfordshire, UK; Boston, MA.

Bommarco, R., Kleijn, D., & Potts, S. G. (2013). Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution*, 28(4), 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.012>

Brown, M. y Schmitt, J. (1994). Population dynamics of woolly Apple aphid (Homóptera: Aphididae) in West Virginia apple orchards. *Environmental Entomology* 23(5): 1182-1184 p

Brown, M., J. Schmitt, S. Ranger, H. Hogmire. (1995). Yield reduction in apple by edaphic woolly apple aphid (Homóptera: Aphididae) populations. *Environmental Entomology* 88(1): 127-133p.

Brown, M.W. y Mathews, C. R. (2007) Conservation biological control of rosy apple aphid, *Dysaphis plantaginea* (Passerini), in eastern North America. *Environmental Entomology* 36, 1131–1139.

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A., MacE, G. M., Tilman, D., Wardle, D. A., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S., y Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>

Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J., Kremen, C., (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecol. Lett.* 14, 922–932.

Cohen H, Horowitz A. R., Nestel D, Rosen D (1996) Susceptibility of the woolly apple aphid parasitoid, *Aphelinus mali* (Hym.: Aphelinidae), to common pesticides used in apple orchards in Israel. *Entomophaga* 41:225–233.

Damavandian, M. R., y Pringle, K. L. (2007). The field biology of subterranean populations of the woolly apple aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae), in South African apple orchards. *African Entomology*, 15(2), 287-294

Debach, P. y D. Rosen. 1991. *Biological Control by Natural Enemies*, 2nd Edition. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

Devotto, L. (2012). Página 37 en: Producción hortofrutícola orgánica. Boletín INIA N° 232. Ed. Céspedes, C. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile p 192.

Evenson, R. y Gollin, D., 2003. Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300(5620), 758-762.

Farina, A. (2008). *Principles and Methods in Landscape Ecology: Towards a Science of the Landscape* (Vol. 3). Springer Sciences & Business Media.

Fuentes-Contreras, E., J. L. Espinoza, B. Lavandero, and C. C. Ramírez. (2008). Population genetic structure of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) from apple orchards in central Chile. *J. Econ. Entomol.* 101:190 - 198.

Fuentes-Contreras, E., R. Muñoz, y H. M. Niemeyer. (1997). Diversidad de áridos (Hemiptera: Aphidoidea) en Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 70: 531–542.

Giller K. E., Beare M.H., Lavelle P et al. (1997). Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Appl Soil Ecol* 6:3–16.

Ginocchio, R., Melo, O., Pliscoff, P., Camus, P., & Arellano, E. C. (2019). Conflicto entre la intensificación de la agricultura y la conservación de la biodiversidad en Chile: alternativas para la conciliación. 24.

Godfray, H. C. J. (1993). *Parasitoids Behavioral and evolutionary ecology*. Princeton University Press. Cambridge, United Kingdom. 488 p.

Gontijo, L. M., Cockfield, S. D., Beers, E. H., Gontijo, L. M., Cockfield, S. D., & Beers, E. H. (2012). Natural Enemies of Woolly Apple Aphid (Hemiptera: Aphididae) in Washington State Natural Enemies of Woolly Apple Aphid (Hemiptera: Aphididae) in, *41*(6), 1364–1371.

Gontijo, L.M., Beers, E.H., Snyder, W.E., (2015). Complementary suppression of aphids by predators and parasitoids. *Biol. Control* 90, 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.06.002>

González, R. H. (1984). Desarrollo estacional de insectos y ácaros del manzano 1982–1984. *Revista Frutícola*, 5(1), 3-9.

Gray, M. E., et al. 2009. Page 1 in: *Integrated Pest Management: concepts, tactics, strategies & case studies*. Edited by Radcliffe, E. B. Hutchison, W. D. and Cancelado, R. E. First edition. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom.

IFOAM. (2008). Definition of organic agriculture. International Federation of Organic Agriculture Movements. Disponible en: <https://www.ifoam.bio/why-organic/organic-landmarks/definition-organic>

Isla, R. 1959. Nota sobre la lucha biológica contra las plagas agrícolas en Chile. *Bol. Fitos. FAO* 8 (3): 3-7.

Jackson, J. E. 2003. *Biology of apples and pears*. First edition. Published in the United States by Cambridge University Press, New York.

Karp D.S., Chaplin-Kramer R., Meehan T.D. et al. (2018). Crop pests and predators exhibit inconsistent responses to surrounding landscape composition. *Proc Natl Acad Sci*.

Landis D.A, Wratten S.D., Gurr G.M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu Rev Entomol* 45:175–201.

Landis, D. A. (2017). Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic and Applied Ecology*, 18, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2016.07.005>

Letourneau D.K., Allen S.G.B., Kula R.R. et al. (2015). Habitat eradication and cropland intensification may reduce parasitoid diversity and natural pest control services in annual crop fields. *Elem Sci Anth* 3:000069

Mols P. J. M. y Boers J. M. (2001). Comparison of a Canadian and a Dutch strain of the parasitoid *Aphelinus mali* (Hald) (Hym., Aphelinidae) for control of woolly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hom., Aphididae) in the Netherlands: a simulation approach. *J Appl Entomol* 125:255–262.

Mueller, T. F., Blommers, L. H. M., y Mols, P. J. M. (1992). Woolly apple aphid (*Eriosoma lanigerum* Hausm., Hom., Aphidae) parasitism by *Aphelinus mali* Hal. (Hym., Aphelinidae) in relation to host stage and host colony size, shape and location. *Journal of Applied Entomology*, 114(1-5), 143-154.

Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B. y Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853–858.

Nicholas, A. H., Spooner-Hart, R. N., & Vickers, R. A. (2003). Control of woolly aphid, *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Pemphigidae) on mature apple trees using insecticide soil-root drenches. *Austral Entomology*, 42(1), 6-11.

Nicholas, A. H., Spooner-Hart, R. N., y Vickers, R. A. (2005). Abundance and natural control of the woolly aphid *Eriosoma lanigerum* in an Australian apple orchard IPM program. *BioControl*, 50(2), 271–291.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2011). Mercado de la manzana. Recuperado en: <http://www.odepa.gob.cl> Consultado el 10 de junio 2020.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2013). Manzanas: una temporada de alto valor de exportaciones. Recuperado en: <http://www.odepa.gob.cl> Consultado el 10 de junio 2020.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2017. Panorama de la agricultura chilena. Santiago: Odepa.

Orpet, R. J., Jones, V. P., Beers, E. H., Reganold, J. P., Goldberger, J. R., & Crowder, D. W. (2020). Perceptions and outcomes of conventional vs. organic apple orchard management. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 289(March 2019), 106723. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106723>

Ortiz-Martínez, S., Staudacher, K., Baumgartner, V., Traugott, M. y Lavandero, B. (2019). Intraguild predation is independent of landscape context and doesnot affect the temporal dynamics of aphids in cereal fields. *Journal of Pest Science*. 10.1007/s10340-019-01142-4

Peñalver Cruz, A., Alvarez, D. y Lavandero, B. (2019). Do hedgerows influence the natural biological control of woolly apple aphids in orchards? *Journal of Pest Science*. 10.1007/s10340-019-01153-1

Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence in *Philosophical Transactions of The Royal Society B. Biological Sciences* 363(1491), 447-65.

Pringle, K.L. y Heunis, J.M. (2001) Woolly apple aphid in South Africa: biology, seasonal cycles, damage and control. *Deciduous Fruit Grower* 51, 22–23, 36.

R Core Team. (2013). *R. A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.

Remaudière, G. y Remaudière, M. (1997) *Catalogue des Aphididae du Monde*. INRA, Paris, 473 pp

Reyes, M., Barros-Parada, W., Ramírez, C. C., y Fuentes-Contreras, E. (2015). Organophosphate resistance and its main mechanism in populations of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) from central Chile. *Journal of economic entomology*, 108(1), 277-285.

Rojas, S. (2005). *Control biológico de plagas en Chile. Historia y Avances*. INIA. Colección Libros INIA-N° 12. Centro regional de investigación La Cruz. Valparaiso, Chile. 123p.

SAG. Resolución plagas ausentes en Chile. (2007). Consultado el 12 de julio. En: [www.sag.gob.cl > content > modifica-resolucion-ndeg3...](http://www.sag.gob.cl/content/modifica-resolucion-ndeg3...)

Sepúlveda, A., Arenas, L. y Yuri, J.A. (2019). *Clima y calidad de fruta en manzanas: Guía para enfrentar la incertidumbre climática*. Editorial Universidad de Talca. 90 p.

Simon S, Bouvier JC, Debras JF, y Sauphanor B. (2010). Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agron Sustain Dev* 30:139–152.

Tscharntke, T., Karp, D. S., Chaplin-Kramer, R., Batáry, P., DeClerck, F., Gratton, C., Zhang, W. (2016). When natural habitat fails to enhance biological pest control – Five hypotheses. *Biological Conservation*, 204, 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.001>

Tscharntke T, Klein AM, Kruess A et al. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity: ecosystem service management. *Ecol Lett* 8:857–874.

Universidad de Talca. (2017). Situación actual y manejo de plagas en manzano. Boletín Técnico Pomáceas. Volumen 17 (Nº2). 2 - 4p.

Upadhyay, S.N., et al. (2013). Instructional Manual on Biological Control of Crop Pests and Weeds. Department of Entomology. Gwalior, India.

Van Driesche, R.G. and Bellows, T.S. (1996). Biological Control. Chapman and Hall. New York. USA. 539 pp.

Van Driesche, R., Hoddle, M. and Center, T. (2008). Control of pests and weeds by natural enemies: an introduction to biological control. 1st Edition. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK. 502 p.

Vásquez, C. (2002). Manejo Integrado de la Conchuela negra del Olivo, *Saissetia oleae* (Olivier) (Homóptera: Coccidae). Seminario (Ingeniería en Ejecución Agrícola, mención en Agricultura de Zonas Áridas). Iquique, Chile. Universidad Arturo Prat, Departamento de Agricultura del Desierto.48p.

Velasco Rivas, H. 1990. Ciclo biológico y control químico del pulgón lanígero del manzano (*Erisoma lanigerum* Haussman). Cochabamba (Bolivia). UMSS.1990.140 p.

Villegas, C. M., J. A. Verdugo, A. A. Grez, J. Tapia, y B. Lavandero. 2013. Movement between crops and weeds: temporal refuges for aphidophagous insects in Central Chile. Science Investig. Agrar. 40: 317–326.

Waage, J.K. and N.J. Mills. 1992. Page 412. In: Natural Enemies: The Population Biology of Predators, Parasites, and Diseases. Edited by Crawley, M.J. Blackwell Scientific Publications, Oxford, USA. 576 p.

Weber, D. C. y M.W. Brown. 1998. Impact of woolly Apple aphid (*Eriosoma lanigerum*) (Homóptera: Aphididae) on the growth of potted apple trees. Journal of Economic Entomology 91: 1170-1177 p.