



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**DINÁMICA TEMPORAL DE COCCINÉLIDOS AFIDÓFAGOS Y SU  
RELACIÓN CON LA DISPONIBILIDAD DE PRESAS Y  
TEMPERATURA AMBIENTAL EN ALFALFALES DE LA REGIÓN  
METROPOLITANA DE CHILE**

**Romina Isabela Oberti Burgos**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinaria  
Departamento de Cs. Biológicas  
Animales

PROFESORA GUÍA: AUDREY ALEJANDRA GREZ VILLARROEL  
Universidad de Chile

FONDECYT 1180533

SANTIAGO, CHILE  
2020



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS  
ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS

**DINÁMICA TEMPORAL DE COCCINÉLIDOS AFIDÓFAGOS Y SU  
RELACIÓN CON LA DISPONIBILIDAD DE PRESAS Y  
TEMPERATURA AMBIENTAL EN ALFALFALES DE LA REGIÓN  
METROPOLITANA DE CHILE**

**Romina Isabela Oberti Burgos**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Médico Veterinaria  
Departamento de Cs. Biológicas

Nota final .....

Prof. Guía	Audrey Grez	.....
Profesor Corrector	Pedro Cattán	.....
Profesor Corrector	Gabriela Lankin	.....

PROYECTO FONDECYT 1180533  
SANTIAGO, CHILE  
2020

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre Cynthia y a mi hermana Carolina, por su amor y apoyo incondicional, por ser pilar, aquelarre y luz ante toda adversidad. Agradezco al universo ser acompañada por mujeres tan comprometidas y poderosas, les debo todo lo que soy. Agradezco también al resto de mi familia, a mis abuelos Alba y Ricardo por ser siempre hogar, a mi tía Mary y a mi prima Panchita por ser compañeras y cómplices.

Quiero agradecer particularmente a mi profesora guía, Audrey Grez, quien me ayudó no solo con mi tesis, sino a todo un descubrimiento sobre lo que es ser científico y ser una mujer en las ciencias. Gracias por su infinita paciencia al guiarme en este proceso.

Este trabajo tampoco habría visto la luz sin la ayuda de mis buenos compañeros de laboratorio: a Eli, quien me acompañó en mucho más que solo los terrenos; a mi amiga Viole y a mis queridis Rodri y Jorge, quienes siempre estuvieron dispuestos a responder mis dudas y a compartir risas; a las chiquillas que ya se fueron, a las que siguen, por todo lo compartido, y a todos quienes me ayudaron en mis terrenos. Ustedes hicieron de este proceso, que podría haber sido solo una etapa más, en un periodo que atesoro. Los llevo en el corazón.

A todos los amigos, a los que estuvieron en momentos cortos y cruciales, y a los que siguen acompañándome. A todos aquellos que me han ayudado dándome ánimos o leyendo los párrafos que continúan. Agradezco especialmente a mi amiguito Javier, por su infinita entrega. A Ela, por acompañarme en todo momento.

A todos los profesores que han pasado por mi formación. Muchos dejaron una marca eterna en mi corazón, y espero que la sociedad algún día sea capaz de retribuir lo que ustedes entregan.

Agradezco a todos aquellos dueños de alfalfaes que nos permitieron estudiar en sus terrenos y a todos los insectos que entregaron su vida en esta investigación.

Por último, a FONDECYT 1180533 por financiar este proyecto, que fue una hermosa instancia de culminar mi formación como profesional.

## ÍNDICE DE CAPÍTULOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CAPÍTULOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>6</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>6</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>7</b>
Análisis de Datos.....	9
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>10</b>
Dinámica temporal de las especies de coccinélidos afidófagos y áfidos presentes en los cultivos durante la temporada de primavera-verano. ....	10
Variación del tamaño promedio de los ensambles de coccinélidos adultos asociados a alfalfa en la temporada primavera-verano.....	22
Asociación entre el tamaño corporal de especies de coccinélidos y su abundancia con la abundancia de áfidos y la temperatura ambiental a lo largo de la temporada.....	24
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>27</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>35</b>
<b>ANEXO N°1</b> .....	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Abundancia de larvas y adultos recolectados por especie mediante redes entomológicas y trampas Barber durante el periodo de muestreo (agosto 2018 a marzo 2019), ordenadas de manera decreciente respecto a su abundancia total. .... 11

**Tabla 2.** Tamaños corporales descritos de las especies de coccinélidos afidófagos capturados en campos de alfalfa durante el periodo de estudio, ordenados de menor a mayor.....22

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1A y 1B.</b> Dinámica temporal de larvas y adultos de coccinélidos capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	14
<b>Figura 2A y 2B.</b> Dinámica temporal de larvas y adultos de <i>H. variegata</i> capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	15
<b>Figura 3A y 3B.</b> Dinámica temporal de larvas y adultos de <i>E. chilensis</i> capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	16
<b>Figura 4A y B.</b> Dinámica temporal de larvas y adultos de <i>E. eschscholtzii</i> capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	17
<b>Figura 5A y B.</b> Dinámica temporal de larvas y adultos de <i>H. convergens</i> capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	18
<b>Figura 6A y B.</b> Dinámica temporal de larvas y adultos de <i>H. axyridis</i> capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	19
<b>Figura 7A y B.</b> Dinámica temporal de larvas y adultos de <i>H. sphaeridioides</i> capturados en redes entomológicas en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	20
<b>Figura 8.</b> Dinámica temporal de áfidos totales capturados en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	21
<b>Figura 9.</b> Variación temporal en el CWM de los ensambles de coccinélidos adultos capturados en trampas Barber y redes en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. ....	23

**Figura 10.** Asociación entre la media ponderada de la comunidad (CWM) del tamaño corporal y la abundancia de áfidos (10A), la temperatura mínima (10B), y el  $\Delta$  temperatura (10C) en coccinélidos colectados mediante red entomológica. ....25

**Figura 11.** Asociación entre la media ponderada de la comunidad (CWM) del tamaño corporal y la abundancia de áfidos (11A), la temperatura mínima (11B), y el  $\Delta$  temperatura (11C) en coccinélidos colectados mediante trampas Barber. ....26

## RESUMEN

Los coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) son importantes controladores biológicos de plagas de áfidos en alfalfa y, por tanto, su rol en estos cultivos es fundamental. En Chile, existe un ensamble diverso de coccinélidos asociados a alfalfa, incluyendo especies nativas y exóticas, sin embargo, la dinámica de cada una de estas especies en el tiempo es solo parcialmente conocida. Avanzar en este conocimiento permitirá entender de mejor manera el momento en que ellas se presentan en el cultivo y su potencial rol complementario en el control de áfidos. La variación en la composición del ensamble a lo largo del tiempo se puede explicar por distintos factores, como el tamaño corporal y la temperatura ambiental. Se ha postulado que, a comienzos de la temporada, cuando la densidad de áfidos aún es escasa en el cultivo, los ensambles de coccinélidos estarían dominados por especies de menor tamaño corporal, ya que estas requieren menos presas para reproducirse y sobrevivir en comparación con especies más grandes. Así, los ensambles tendrían un tamaño corporal promedio menor al principio de la temporada en comparación con momentos de mayor abundancia de áfidos. Por otra parte, las distintas especies varían en sus requerimientos térmicos, por lo que su presencia en cultivos podría asociarse a la temperatura ambiental, con especies tolerantes a menores temperaturas más abundantes en primavera y otras tolerantes a mayores temperaturas más abundantes en verano. Para analizar la dinámica temporal de coccinélidos, la variación del tamaño corporal de los ensambles y su asociación con la abundancia de áfidos y temperatura ambiental, en este seminario de título se realizaron muestreos mediante trampas Barber y redes entomológicas en 20 alfalfaes del sector Sur de la Región Metropolitana. Los muestreos se realizaron cada  $10 \pm 2$  días, entre agosto de 2018 y marzo de 2019, con un total de 19 fechas de muestreo. En total, se recolectaron 43.322 coccinélidos, larvas y adultos, de 13 especies y 127.956 áfidos de tres especies. Los resultados evidenciaron que las especies de coccinélidos colectadas en ambos tipos de muestreo difieren en sus dinámicas temporales, con algunas especies presentes a lo largo de toda la temporada, y otras más acotadas en el tiempo. Se observó una relación positiva entre el tamaño corporal promedio de adultos del ensamble y la abundancia de áfidos, y negativa con la temperatura mínima.



## **ABSTRACT**

Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) are important agents of biological control of aphid pests in alfalfa, therefore, their role in these crops is essential. In Chile, we find a diverse community of coccinellids associated to alfalfa crops, including native and exotic species. However, the dynamics of each of these species over time is only partially known. Expanding this knowledge will allow us to understand better the timing of their appearance in the crop and their potential complementary role in aphid control. The variation in the composition of the community over time can be explained by different factors, such as body size and ambient temperature. It has been suggested that, early in the season, when aphid density is still low in crops, coccinellid communities are dominated by smaller species, as they require fewer prey to reproduce and survive compared to bigger species. Thus, the community might present a lower average body size at the beginning of the season compared to times of greater aphid abundance. On the other hand, species vary in their thermal requirements, so their presence in crops can be associated with environmental temperature. In that way, species tolerant to lower temperatures would be more abundant in spring, and species tolerant to higher temperatures would be more abundant in summer. In order to analyze the temporal dynamics of coccinellids, the variation in the body size of the community and their association with the abundance of aphids and environmental temperature, samples were carried out using Barber traps and entomological networks in 20 alfalfa crops in the southern sector of the Metropolitan region. The samplings were carried out every  $10 \pm 2$  days, between August 2018 and March 2019, with a total of 19 sampling dates. In total, 43.322 coccinellids, larvae and adults from 13 species, and 127.956 aphids from three species were collected. These results showed that coccinellid species, collected in both types of sampling differ, in their temporal dynamics, with some species present throughout the season, and others more limited in time. A positive relationship was observed between the average body size of the adults of the community and the abundance of aphids, and a negative relationship between this index and the minimum temperature.

## INTRODUCCIÓN

Los coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) son una familia de gran interés agrícola por incluir los agentes de control biológico más eficientes y abundantes de plagas tales como áfidos (Hemiptera: Aphididae) y cóccidos (Hemiptera: Coccidae) (Grez *et al.*, 2010). En Chile existen 119 especies, la mayoría nativas, y son especialmente abundantes y diversas en alfalfa (*Medicago sativa* L.), principalmente durante primavera y verano (González, 2006; Grez *et al.*, 2010). Sin embargo, la abundancia de las distintas especies y de sus estados del ciclo de vida puede variar a lo largo de la temporada, de acuerdo a la disponibilidad de presas o condiciones ambientales, como la temperatura, entre otros factores.

Respecto la disponibilidad de presas, Dixon (2007) propone que, entre los coccinélidos afidófagos (i.e., que consumen áfidos), las especies pequeñas son las primeras en colonizar los cultivos, ya que por su menor tamaño depredan colonias de áfidos cuando éstos están en estados tempranos de su desarrollo, con individuos más pequeños. Además, requieren menos presas para su desarrollo y, por tanto, pueden satisfacer sus necesidades cuando los áfidos son aún escasos.

En relación a la temperatura ambiental, la dinámica temporal de las especies de coccinélidos puede variar dado que, independientemente de su tamaño corporal, ellas varían en sus requerimientos térmicos, respuestas fisiológicas y rasgos de vida, como la duración de las etapas de desarrollo, en función de la temperatura (Nedved y Honek, 2012, Barahona-Segovia *et al.*, 2016). Así, en climas mediterráneos, especies que toleran temperaturas menores deberían aparecer temprano en la primavera y desaparecer en la medida que las temperaturas incrementan, y lo contrario debería suceder con especies que prefieren temperaturas mayores.

Chile central se caracteriza por un clima mediterráneo, con marcadas estaciones que incluyen un invierno frío y lluvioso, veranos cálidos y secos, y primaveras y otoños con condiciones intermedias (Di Castri y Hajek, 1976). El estudio del cambio climático en Chile ha revelado una tendencia al alza de las temperaturas y a la disminución de las precipitaciones a lo largo del territorio nacional, lo cual podría producir un desacople de las actuales dinámicas entre plagas y sus depredadores, afectando el control biológico ejercido por éstas (CEPAL, 2012; Welch y Hardwood, 2014). Es por ello que algunos estudios recomiendan monitorear

periódicamente los cambios estacionales en las comunidades de coccinélidos, para así poder evidenciar cambios a largo plazo (Honek *et al.*, 2015). Asociado a estas condiciones ambientales, las poblaciones de áfidos en cultivos, y específicamente en alfalfa, varían significativamente su abundancia en la temporada, siendo más abundantes en épocas más templadas, en primavera y otoño, que en épocas cálidas en verano (Apablaza y Stevenson, 1995).

En el presente estudio se caracterizó la dinámica temporal y la variación del tamaño corporal de los coccinélidos afidófagos presentes a lo largo de la temporada de primavera y verano en campos de alfalfa en la Región Metropolitana de Chile Central, y se relacionaron estas variables con la disponibilidad de áfidos y la temperatura ambiental.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los coccinélidos, conocidos en Chile coloquialmente como “chinitas”, son una familia dentro del orden Coleoptera, que se caracteriza por un tamaño que fluctúa entre 0,8 a 18 mm (Seago *et al.*, 2011), por su forma redonda u ovalada, y por presentar, en su mayoría, colores rojos o anaranjados en sus élitros. A nivel mundial, cuentan con más de 360 géneros y 6000 especies (Seago *et al.*, 2011). Son de hábitos diurnos, y su actividad se concentra en días cálidos (primavera, verano y principios de otoño) (Ximenez-Embun *et al.*, 2014). La mayoría de ellos, cerca del 90%, muestra preferencia por insectos fitófagos productores de melaza, como áfidos y cóccidos, considerados plagas en numerosos cultivos. Tanto larvas como adultos presentan las mismas preferencias alimentarias (Iperti, 1999).

En Chile, se describen 119 especies, cuyo tamaño fluctúa entre 1 a 8 mm (González, 2006), de las cuales 105 son nativas, con un alto porcentaje de especies endémicas en el país (52%) (González, 2020). De todas ellas, el mayor porcentaje son afidófagas. Dentro de las 14 especies exóticas presentes en el territorio nacional, sólo una de ellas es considerada invasora: la chinita arlequín, *Harmonia axyridis* (Pallas), siendo la especie más grande presente en el país (entre 6,5 y 8 mm).

Los alfalfaes sostienen abundantes poblaciones de áfidos, correspondientes principalmente a tres especies en Chile: *Aphis craccivora* Koch, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) y *Therioaphis trifolii* (Monell) (Grez *et al.*, 2010; Rivera 2015). Éstos atraen a una gran variedad de enemigos naturales, entre los que se encuentran sírfidos (Diptera: Syrphidae), arácnidos (Araneae: Anyphaenidae y Linyphiidae), carábidos (Coleoptera: Carabidae) y, de forma más abundante y diversa, coccinélidos, siendo el sustrato herbáceo con mayor abundancia y diversidad de éstos (Rebolledo *et al.*, 2007; Ximenez-Embun *et al.*, 2014). Los ensambles encontrados en alfalfa son ricos en especies nativas, pero están dominados por poblaciones de especies exóticas: *Hippodamia variegata* (Goeze), representando un 54,5% de la población de coccinélidos, y *H. axyridis*, un 17,4%. La especie nativa más abundante, *Eriopis chilensis* Hofmann, representa sólo un 7,4% del ensamble (Grez *et al.*, 2014a; 2014b). En conjunto, especies nativas y exóticas, pueden alcanzar hasta un 50% de la depredación de áfidos a lo largo de la temporada (Ximenez-Embun *et al.*, 2014), siendo el servicio de control biológico más eficiente en cultivos donde los coccinélidos nativos son más abundantes (Grez

*et al.*, 2014a). Las poblaciones de coccinélidos en alfalfa son más abundantes principalmente durante la primavera y el verano (Grez *et al.*, 2010). Sin embargo, las dinámicas temporales de las abundancias de adultos y larvas de las diferentes especies varían en la temporada y, aunque se han descrito las especies presentes en determinadas estaciones (Segura, 2014; Altamirano, 2016), no se ha realizado un muestreo continuo que permita conocer en detalle cómo varían las poblaciones de coccinélidos a lo largo del tiempo y a qué se asocian estas dinámicas.

Algunas hipótesis proponen que la dinámica temporal de los coccinélidos puede depender de factores tales como el tamaño corporal, la disponibilidad de alimento o la temperatura ambiental. Dixon (2007) predice que las colonias de áfidos son explotadas por depredadores de manera secuencial y de acuerdo a su tamaño, siendo las especies pequeñas de coccinélidos las primeras en aparecer en los cultivos y depredar sobre colonias aún poco numerosas de áfidos, apareciendo más tardíamente en la temporada especies de coccinélidos más grandes. Esto ocurriría porque coccinélidos de pequeño tamaño tendrían requerimientos energéticos más bajos, por lo tanto, podrían sustentarse con una menor cantidad de presas, en comparación con especies de coccinélidos más grandes, que requerirían una mayor abundancia de áfidos. Esta hipótesis fue puesta a prueba en campos de cereal en Praga, donde se observó que, a baja densidad de áfidos pequeñas especies de coccinélidos eran capaces de establecerse y reproducirse en una tasa comparativamente mayor y más tempranamente que especies de mayor tamaño (Honek, 2008).

Otro factor que se propone podría influir en la dinámica temporal es la temperatura ambiental. Es a través de esta variable que los distintos organismos ectotermos, y en particular los coccinélidos, son capaces de sincronizar su aparición con la presencia de su presa para desarrollar la interacción trófica (Papanikolau *et al.*, 2013; Facey *et al.*, 2014). Si bien, en términos generales, los coccinélidos tienen ciertos rangos de temperatura preferenciales u óptimos (Dixon *et al.*, 2005), distintas especies, y durante sus diferentes etapas de vida, varían considerablemente en su sensibilidad a cambios en el ambiente térmico. Bajo condiciones de laboratorio, adultos de especies nativas y exóticas de Chile, demostraron variar diferencialmente en sus respuestas fisiológicas y rasgos de vida según la temperatura ambiental, con *H. axyridis* mostrando preferencia por temperaturas menores que *H. variegata* y *E. chilensis* (Barahona-Segovia *et al.*, 2015). Esto implicaría que especies de gran tamaño,

como *H. axyridis*, pueden aparecer más tempranamente en los cultivos que otras especies de menor tamaño, producto de su preferencia por temperaturas más bajas.

Incrementos en la temperatura producto del cambio climático podrían alterar o cambiar las zonas climáticas (Honek *et al.*, 2017). En Chile se prevén aumentos de hasta 1,5°C y una disminución de las precipitaciones de hasta un -20% para el año 2030 en la región Metropolitana (MMA, 2014). Así, el cambio climático podría afectar la sincronización y duración de las dinámicas de especies presa con sus plantas hospedadoras a un nivel que no pudiera ser alcanzado por los coccinélidos (Honek *et al.*, 2017). Se hipotetiza que un incremento en la temperatura y la alteración de patrones pluviales podrían ser causantes del declive de especies nativas de este grupo de insectos (Honek *et al.*, 2017).

Actualmente, Chile es país signatario de la Convención sobre la Diversidad Biológica (CBD), la cual propone que para el 2020 “las áreas bajo agricultura, acuicultura y silvicultura se manejen de manera sustentable, asegurando la conservación de la biodiversidad” (Perrings *et al.*, 2010; MMA 2020). Bajo este contexto, Chile busca avanzar hacia agroecosistemas más sustentables, que conserven la biodiversidad y los servicios ecológicos presentes en ellos, con políticas tales como el “Protocolo de Agricultura Sustentable” (ODEPA, 2016), donde se entregan principios, criterios y recomendaciones de buenas prácticas en esta materia, entre las que se encuentra el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Éste busca reducir el uso de productos químicos mediante la utilización de otro tipo de controles, como el biológico, categoría en la cual entran los coccinélidos. Fortalecer el conocimiento de las dinámicas y composición del ensamble de coccinélidos no sólo podría ayudar a mejorar la forma en la que se ejerce el MIP mediante el control biológico, sino que también ayudará a la conservación de éstas y otras especies de insectos, y al fortalecimiento del conjunto de conocimientos sobre biología y ecología de esta familia de insectos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la dinámica temporal y la variación del tamaño corporal de los coccinélidos afidófagos presentes a lo largo de la temporada de primavera y verano en campos de alfalfa en la Región Metropolitana de Chile Central, y relacionarlo con la disponibilidad de áfidos y la temperatura ambiental.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Caracterizar la dinámica temporal de las especies de coccinélidos afidófagos y áfidos presentes en los cultivos durante la temporada de primavera-verano.
2. Caracterizar cómo varía el tamaño promedio de estos ensambles en la temporada primavera-verano.
3. Estimar la asociación entre el tamaño corporal de los ensambles de coccinélidos con la abundancia de áfidos y la temperatura ambiental a lo largo de la temporada.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El estudio se realizó durante la primavera y verano, entre agosto del año 2018 y marzo del año 2019, en las comunas de Pirque (33°38'S; 70°33'W) y Calera de Tango (33°37'S; 70°46'W) de la Región Metropolitana (RM) de Santiago. Se seleccionaron 20 alfalfales de entre 1 y 5 hectáreas, con similar manejo, donde se monitoreó periódicamente la abundancia poblacional de coccinélidos afidófagos y áfidos cada  $10 \pm 2$  días en cada alfalfal. Los alfalfales estuvieron separados por al menos 2 km entre ellos para asegurar la independencia de las muestras.

Para caracterizar la abundancia de coccinélidos adultos y larvas presentes en el follaje de la alfalfa, los insectos se recolectaron mediante redes entomológicas que es considerado uno de los métodos más eficientes para estimar la densidad de coccinélidos en sustratos herbáceos (Elliot y Michels, 1997), y que permite tanto el monitoreo de adultos como de larvas. En cada fecha y en cada alfalfal, se pasó la red en cuatro áreas del cultivo, en un número de 50 redadas en cada área. La suma de los coccinélidos recolectados en las 200 redadas constituyó la muestra para ese cultivo en esa fecha.

Para complementar ese método, abarcando una mayor temporalidad de muestreo e incorporando los coccinélidos que forrajean en el suelo, se colocaron trampas Barber, que consistieron en recipientes cilíndricos de 6 cm de diámetro y 8 cm de profundidad, enterrados a nivel de suelo con una solución de agua (85%), alcohol (10%), formalina (2%), glicerina (2%) y detergente (1%). Se instalaron 10 trampas por alfalfal, dispuestas en 2 transectos, con cinco trampas cada uno. Los transectos estuvieron separados por, a lo menos, 10 m, y las trampas por 20 m desde el borde y por 5 m entre ellas. El contenido de estas trampas se retiró luego de  $10 \pm 2$  días, reemplazando el recipiente de inmediato para la próxima colecta, logrando un total de 19 recolecciones (8 a 20 de agosto 2018, 21 de agosto a 3 de septiembre, 4 a 13 de septiembre, 14 a 23 de septiembre, 24 de septiembre a 04 de octubre, 5 a 16 de octubre, 17 a 25 de octubre, 26 de octubre a 5 de noviembre, 6 a 15 de noviembre, 16 a 26 de noviembre, 27 de noviembre a 6 de diciembre, 7 a 17 de diciembre, 18 a 27 de diciembre, 28 de diciembre a 7 de enero de 2019, 8 a 17 de enero, 18 a 29 de enero, 30 de enero a 07 de febrero, 8 a 18 de febrero y 19 de febrero a 4 de marzo). De las trampas instaladas, se contabilizaron y sumaron solo los individuos presentes en cinco de ellas, ya que en general



había trampas secas, perdidas o inundadas. La suma de los coccinélidos recolectados en las cinco trampas constituyó la muestra para ese cultivo en esa fecha.

Las muestras de coccinélidos capturados en trampas Barber y redes entomológicas se identificaron a nivel de especie, según lo descrito por González (2020) y depositados en una colección de referencia en el Laboratorio de Ecología de Ambientes Fragmentados (LEAF) de la Facultad de Ciencias veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile. Con esta información, para cada alfalfal, se caracterizó a lo largo de la temporada de primavera-verano la abundancia total y por especie de coccinélidos.

Para caracterizar la abundancia de áfidos, en cada alfalfal y fecha de muestreo se retiraron tres ramillas de alfalfa de manera aleatoria en 5 puntos distintos a aquellos donde se había pasado la red entomológica; el total de las 15 ramillas corresponden a una muestra. Estas fueron guardadas en bolsas de papel para su posterior conteo en el LEAF. Con esta información, para cada alfalfal, se caracterizó a lo largo de la temporada de primavera-verano la abundancia total de áfidos presentes.

Para estimar el tamaño corporal promedio del ensamble de coccinélidos adultos en cada alfalfal y fecha, se consignó el tamaño corporal descrito para cada especie en González (2006) y Grez *et al.* (2019). Con estos datos y la abundancia de cada especie en cada alfalfal y fecha, y para cada tipo de muestreo (Barber y redes), se calculó el tamaño corporal promedio del ensamble, estimando el Promedio Ponderado de la Comunidad (*Community weighted mean*, CWM de aquí en adelante). Un mayor valor de CWM implica que los ensambles están dominados por coccinélidos de mayor tamaño.

$$CWM = \sum_{i=1}^S W_i X_i$$

S = número de especies

$W_i$  = Abundancia relativa de la especie  $i$

$X_i$  = El valor de rasgo (tamaño) de la especie  $i$

Para todo el periodo de estudio (8 de agosto de 2018 a 4 de marzo de 2019), se obtuvieron los registros de temperatura ambiental (mínima y máxima) desde la página de la Red Agroclimática Nacional (AGROMET). Con estos datos, se calculó: el promedio de temperatura mínima, el promedio de temperatura máxima, la temperatura promedio, el promedio de la diferencia entre la temperatura máxima y mínima (delta de temperatura) y el

promedio de la temperatura de las horas de mayor actividad de coccinélidos (entre 11 y 19 hrs, según lo descrito por Ximenez-Embun *et al.*, 2014) para los  $10 \pm 2$  días entre cada muestreo.

### **Análisis de Datos**

Con estos datos, se obtuvo un valor de abundancia de coccinélidos por alfalfal por fecha y por técnica de muestreo, y de áfidos por alfalfal. A partir de estos datos, se caracterizó la abundancia total y por especie de coccinélidos y de áfidos totales presentes en las 19 fechas de muestreo a lo largo de toda la temporada.

Para caracterizar la variación en la abundancia de coccinélidos (total y por especie, para cada técnica de muestreo) (Objetivo 1) y del CWM (Objetivo 2) en función del tiempo, se hicieron análisis de varianza (ANDEVA) de una vía, con el tiempo como factor. Los datos de abundancia y CWM fueron previamente analizados para ver el cumplimiento de los supuestos del ANDEVA mediante gráficas (QQplot de ajuste a la normalidad y dispersión entre residuos y predichos). Ante su incumplimiento, los datos fueron transformados a log  $(x+1)$ .

Para estimar la asociación entre el tamaño corporal de los ensambles de coccinélidos con la abundancia de áfidos y la temperatura ambiental a lo largo de la temporada (Objetivo 3), se hicieron correlaciones paramétricas (Pearson) entre el CWM de coccinélidos capturados en red y Barber, por separado, y la abundancia de áfidos en cada muestreo, y entre dichos CWM con la temperatura ambiental. Ante el incumplimiento de los supuestos, probados mediante las gráficas anteriormente mencionadas, los datos fueron transformados a log  $(x+1)$ . Para la elección de las variables de temperatura a utilizar en estas correlaciones, se confeccionó una matriz de correlaciones (Anexo n°1) entre las distintas variables de temperatura con el fin de elegir aquellas no autocorrelacionadas. Todos los análisis estadísticos se hicieron en InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## RESULTADOS

En total, considerando redes entomológicas y trampas Barber, se recolectaron 43.322 coccinélidos, entre larvas y adultos (Tabla 1). En redes, se capturaron 21.621 adultos y 5.541 larvas, correspondientes a 13 especies, 7 nativas y 6 exóticas. En trampas Barber, en tanto, se capturaron 5.039 adultos y 11.254 larvas, correspondientes a 11 especies, 5 nativas y 6 exóticas. En ambos métodos, las tres especies más abundantes fueron *Hippodamia variegata*, *Eriopis chilensis* y *Eriopis eschscholtzii* (Tabla 1). En cuanto a los áfidos, en total se capturaron 127.956 individuos en las 19 fechas de muestreo. Ellos no fueron separados por especie por cuanto los coccinélidos son bastante generalistas en su dieta (Hodek y Evans, 2012). A continuación, se presentan los resultados según objetivo:

### **Dinámica temporal de las especies de coccinélidos afidófagos y áfidos presentes en los cultivos durante la temporada de primavera-verano.**

En general, tanto en redes entomológicas como en trampas Barber, las larvas de coccinélidos fueron más abundantes durante la primavera temprana y el verano tardío, con un drástico descenso durante el mes de diciembre (Fig. 1A y B). Por su parte, la abundancia de coccinélidos adultos fue mayor durante la primavera y a finales de verano (Fig. 1A y B), aunque en trampas Barber sus mayores abundancias ocurrieron más un poco más tardíamente en la primavera (Fig. 1B).

Los patrones de abundancia temporal variaron según especie. En *H. variegata*, las larvas en redes y en trampas Barber presentaron dos picos de abundancia, uno en primavera temprana y otra en verano tardío. Los adultos, por su parte, en ambas técnicas de muestreo presentaron una abundancia más constante a lo largo de la temporada en comparación con las larvas, con mayores abundancias durante primavera y verano tardío, un descenso durante verano temprano, para luego volver a subir sus abundancias en otoño (Fig. 2A y B).

**Tabla 1.** Abundancia de larvas y adultos recolectados por especie mediante redes entomológicas y trampas Barber durante el periodo de muestreo (agosto 2018 a marzo 2019), ordenadas de manera decreciente respecto a su abundancia total.

<b>Tipo de trampa</b>	<b>Redes</b>		<b>Barber</b>		<b>Total</b>
<b>Especies</b>	<b>Adultos</b>	<b>Larvas</b>	<b>Adultos</b>	<b>Larvas</b>	
<i>Hippodamia variegata</i> (Goeze)	16243	4415	2755	8124	31537
<i>Eriopis chilensis</i> Hofmann	3425	541	1132	1915	7013
<i>Eriopis eschscholtzi</i> Mulsant	1105	194	944	657	2900
<i>Hippodamia convergens</i> (Guerin-Meneville)	296	324	78	267	965
<i>Harmonia axyridis</i> (Pallas)	409	55	2	68	534
<i>Hyperaspis sphaeridioides</i> (Mulsant)	55	11	42	15	123
<i>Adalia bipunctata</i> (Linnaeus)	1	0	0	87	88
<i>Scymnus loewii</i> (Mulsant)	13	0	68	0	81
<i>Adalia deficiens</i> Mulsant	46	1	1	0	48
<i>Adalia angulifera</i> Mulsant	22	0	1	0	23
<i>Cycloneda sanguínea</i> (Linnaeus)	3	0	0	4	7
<i>Scymnus bicolor</i> (Germain)	2	0	0	0	2
<i>Cycloneda fulvipennis</i> (Mulsant)	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	21621	5541	5023	11137	43322

En *E. chilensis*, los máximos de abundancia en larvas ocurrieron en primavera y a finales de verano, y el mínimo en diciembre, a inicios del verano, tanto en redes como en Barber. Por su parte, los adultos en ambas técnicas de muestreo presentaron su mayor abundancia durante primavera tardía y verano temprano y luego otro máximo en verano tardío (Fig. 3A y B). La dinámica difiere de las otras especies observadas en cuanto a que su máximo se mantiene por largo tiempo en primavera y a inicios del verano.

En *E. eschscholtzii*, en redes y Barber, las larvas presentaron dos máximos en primavera, seguidos por una menor abundancia durante diciembre, y una pequeña reaparición en verano (Fig. 4A y B). Los adultos presentaron un pronunciado pico de abundancia durante la primavera tardía (Fig. 4A y B).

Por su parte, *H. convergens* exhibió una dinámica muy similar en larvas y adultos, con un máximo de abundancia a comienzos de la primavera, y luego un drástico descenso hasta prácticamente desaparecer del ensamble durante la mayor parte de noviembre, diciembre y enero. A fines de verano vuelven a aparecer en el cultivo, pero en baja abundancia (Fig. 5A y B). No se encontraron diferencias significativas en la abundancia de adultos entre fechas de muestreo en trampas Barber.

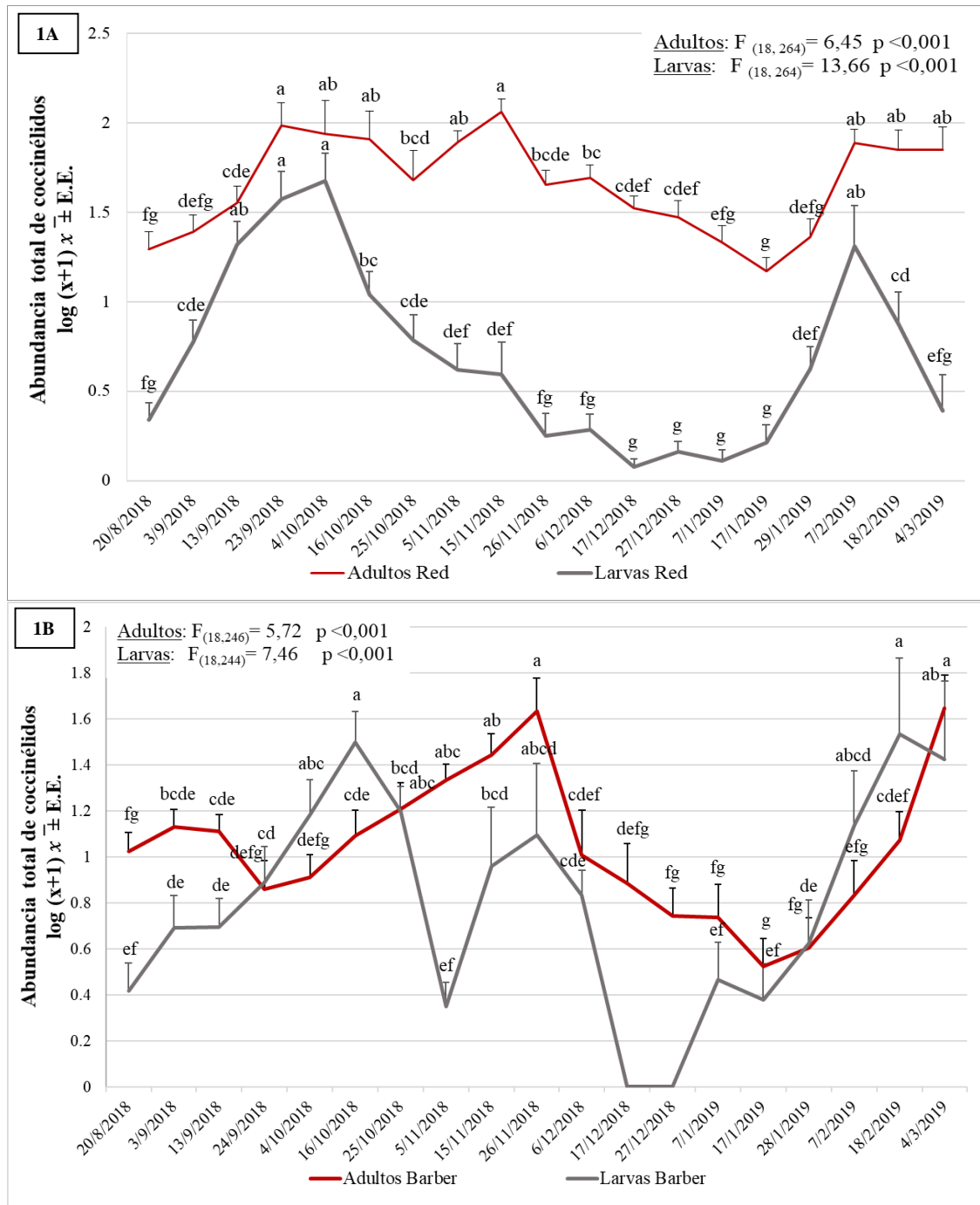
*Harmonia axyridis* presentó un marcado pico de abundancia de adultos en redes en primavera temprana, y una pequeña reaparición en verano tardío, desapareciendo durante la mayor parte de noviembre, diciembre y enero, en cambio las larvas tuvieron una abundancia mayor más tardíamente en primavera y un segundo pico de abundancia a fines de verano (Fig. 6A y B). Los adultos fueron escasamente colectados ( $n = 2$ ) en trampas Barber (Fig. 6B).

En el caso de *H. sphaeridioides*, en redes las larvas estuvieron prácticamente ausentes hasta el verano, con un máximo de abundancia en verano tardío (Fig. 7A). Los adultos se presentaron un corto periodo durante la primavera temprana, encontrándose más abundantes en verano (Fig. 7A). En trampas Barber, las abundancias de larvas y adultos no presentaron diferencias significativas entre fechas (Adultos:  $F_{(18,246)} = 0,89$   $p = 0,59$ ; Larvas:  $F_{(18,244)} = 1,08$   $p = 0,37$ ), sin embargo, presentan un patrón similar al encontrado en redes.

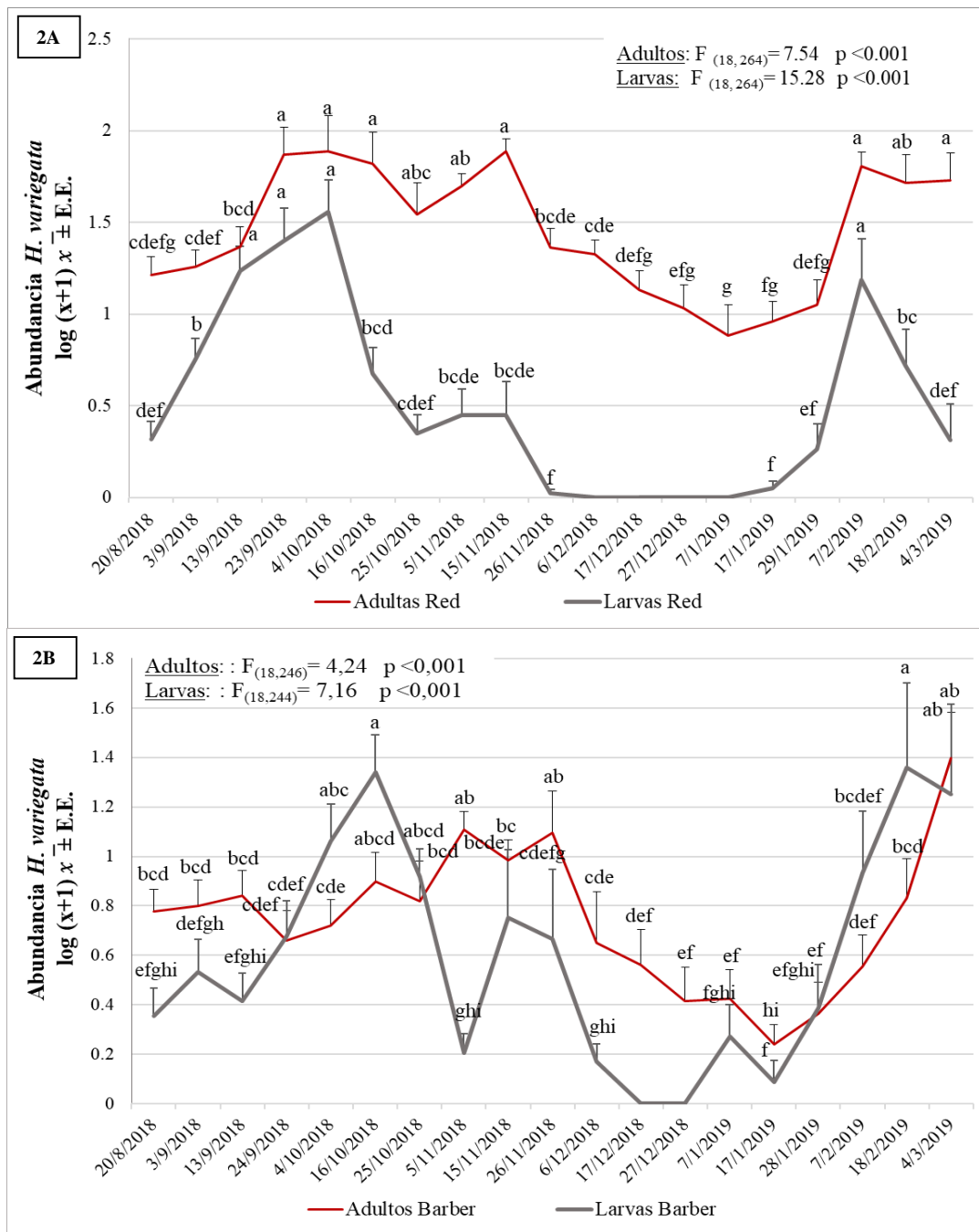
Especies menos abundantes, como *A. bipunctata*, *A. angulifera*, *A. deficiens* y *S. loewii* no presentaron diferencias significativas en su abundancia a lo largo del tiempo ( $p > 0,05$ ), por lo que sus dinámicas temporales no fueron graficadas. Las otras tres especies, *C. sanguinea*,

*S. bicolor* y *C. fulvipennis* fueron encontradas en un número muy bajo como para poder ser analizadas.

En los áfidos totales se incluye a las tres especies presentes en alfalfa en Chile: *A. pissum*, *A. craccivora* y *T. trifolii*, las cuales no fueron separados a nivel de especies. Este total presentó la mayor abundancia a principios de la primavera, con un segundo pico de abundancia menor durante el verano tardío, y una muy baja abundancia durante finales de primavera (Fig. 8).

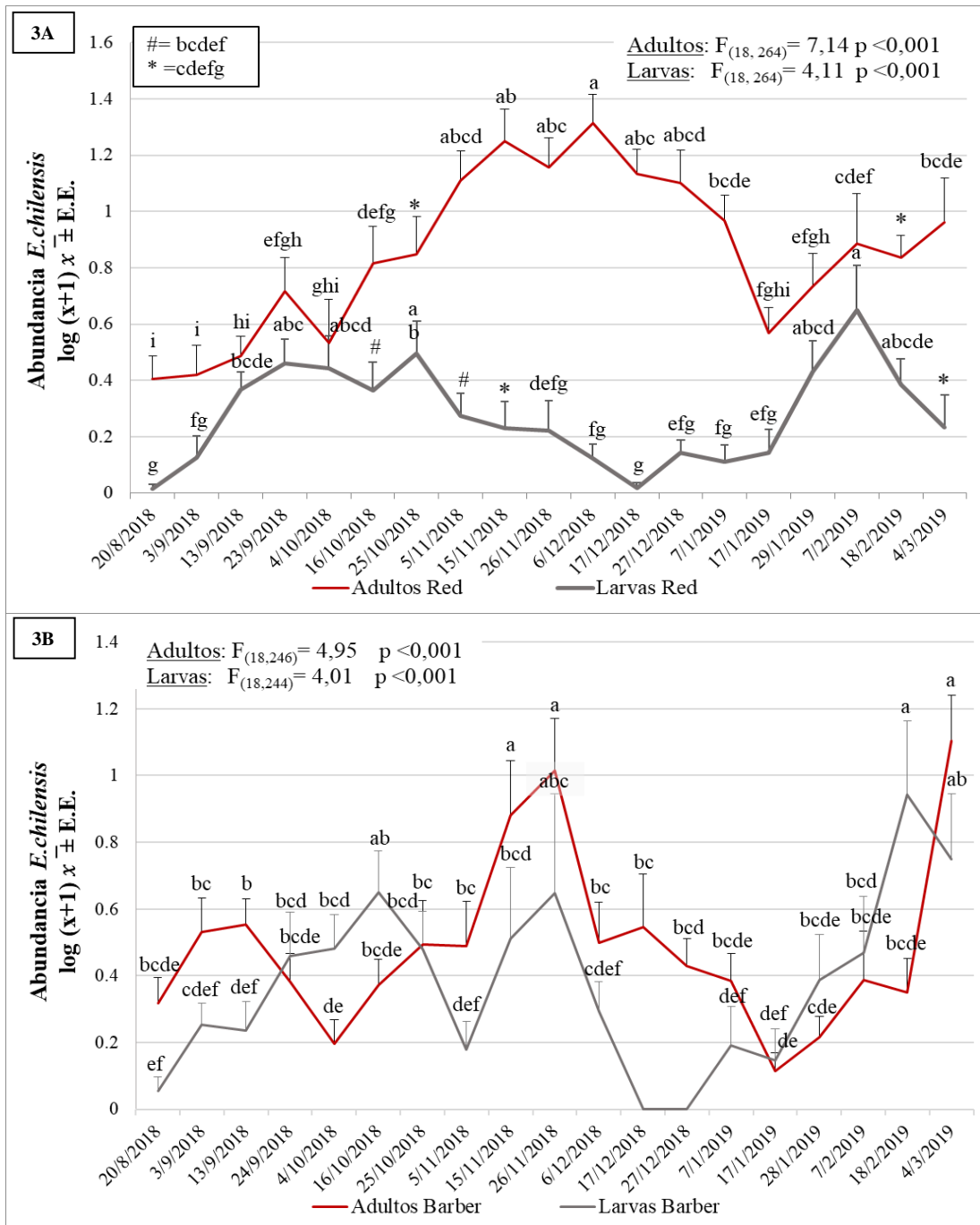


**Figura 1A y 1B.** Dinámica temporal de larvas y adultos de coccinélidos capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfa de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio por alfalfal para cada fecha, en escala de  $\log(x+1) \pm$  error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

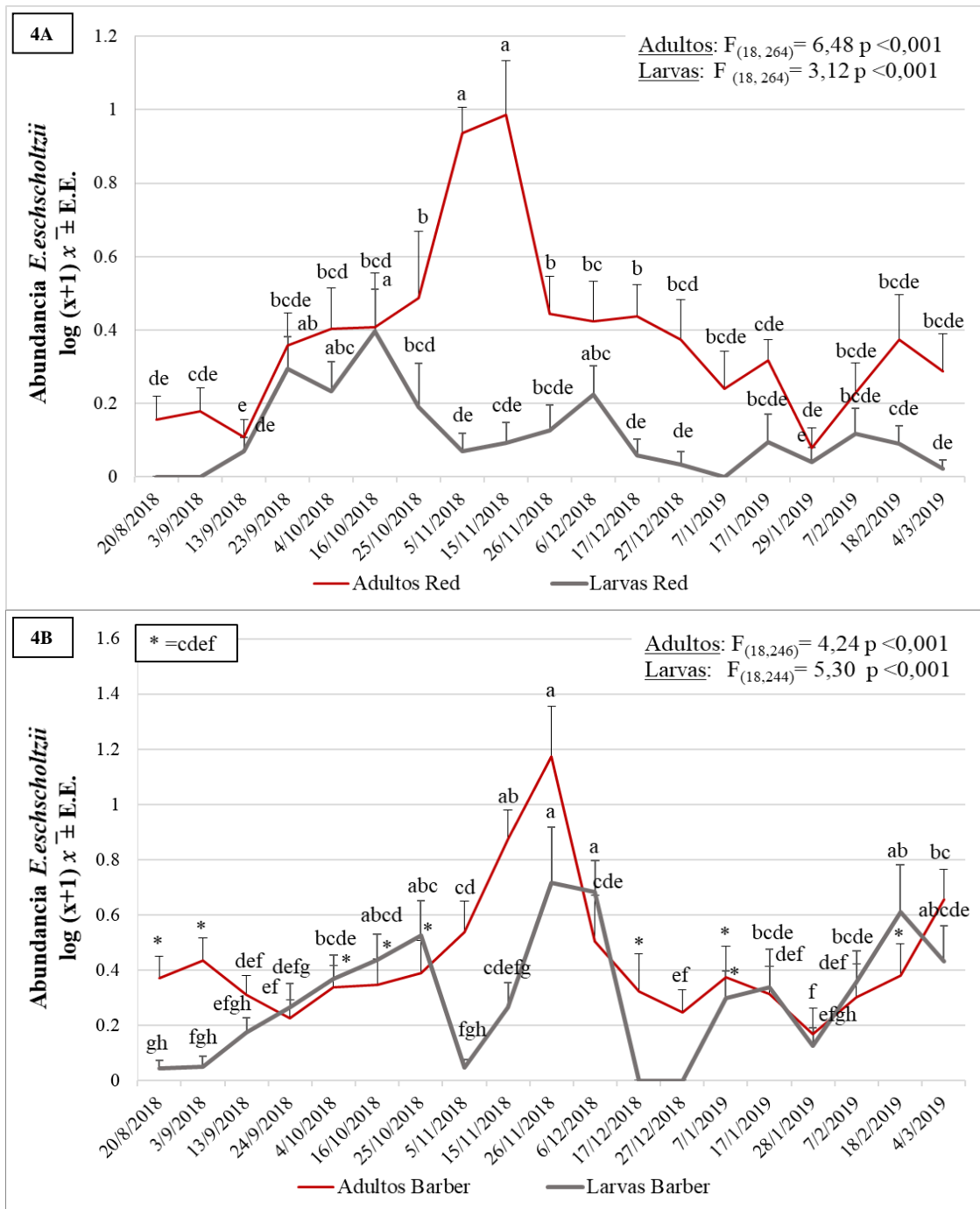


**Figura 2A y 2B.** Dinámica temporal de larvas y adultos de *H. variegata* capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfa de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio para cada fecha en escala de  $\log(x+1)$  con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

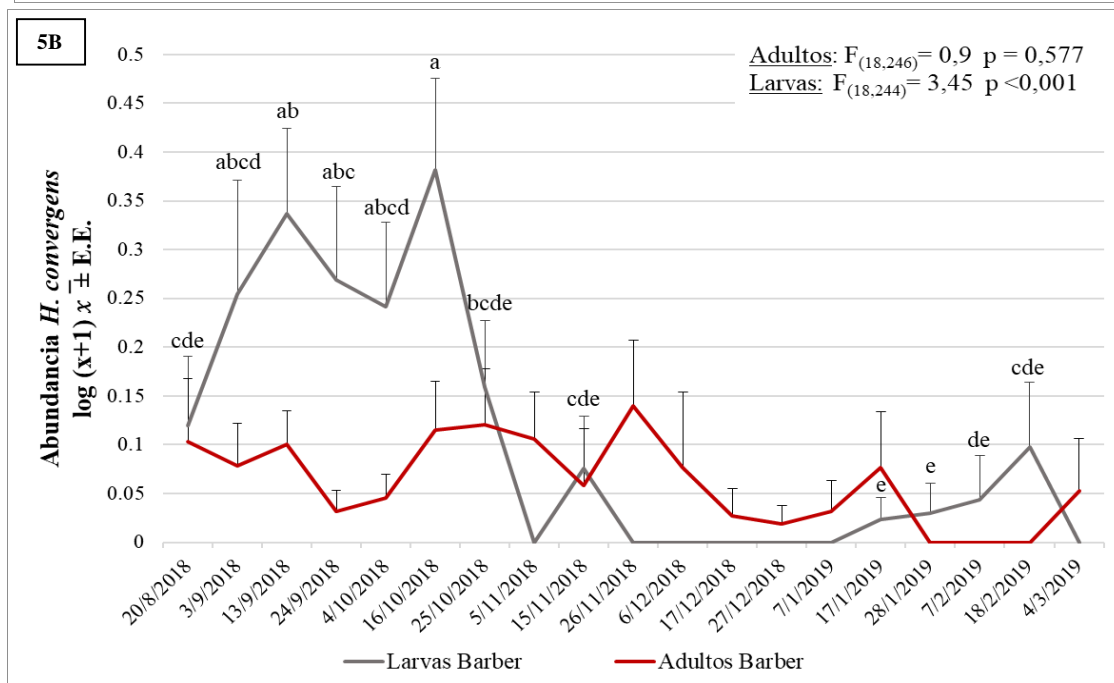
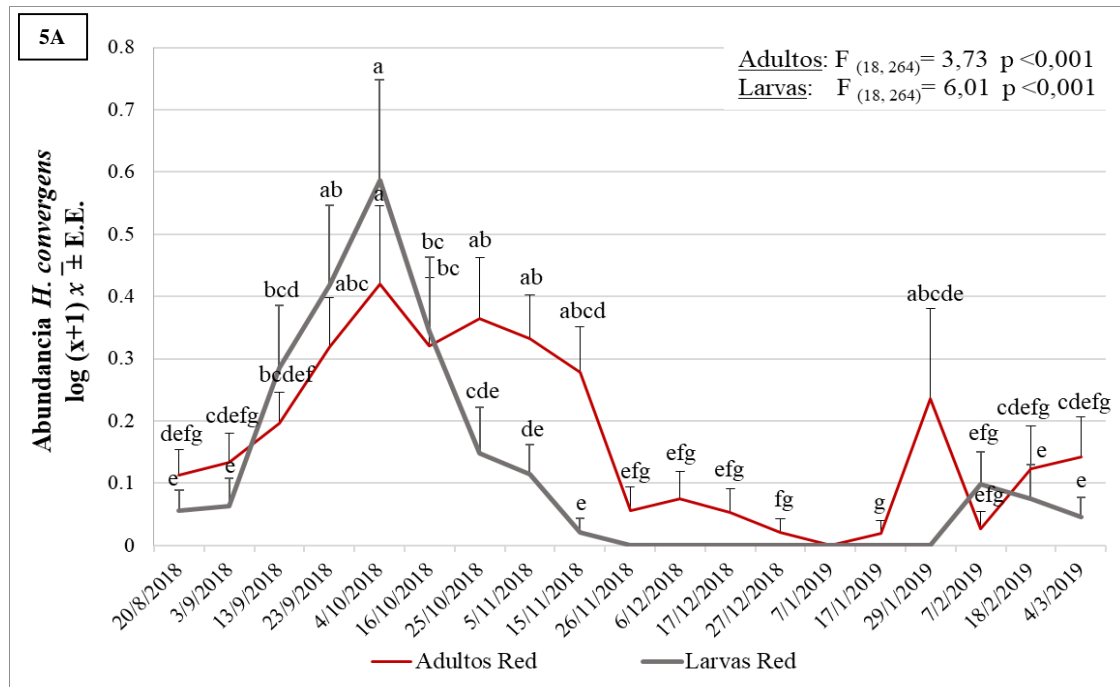




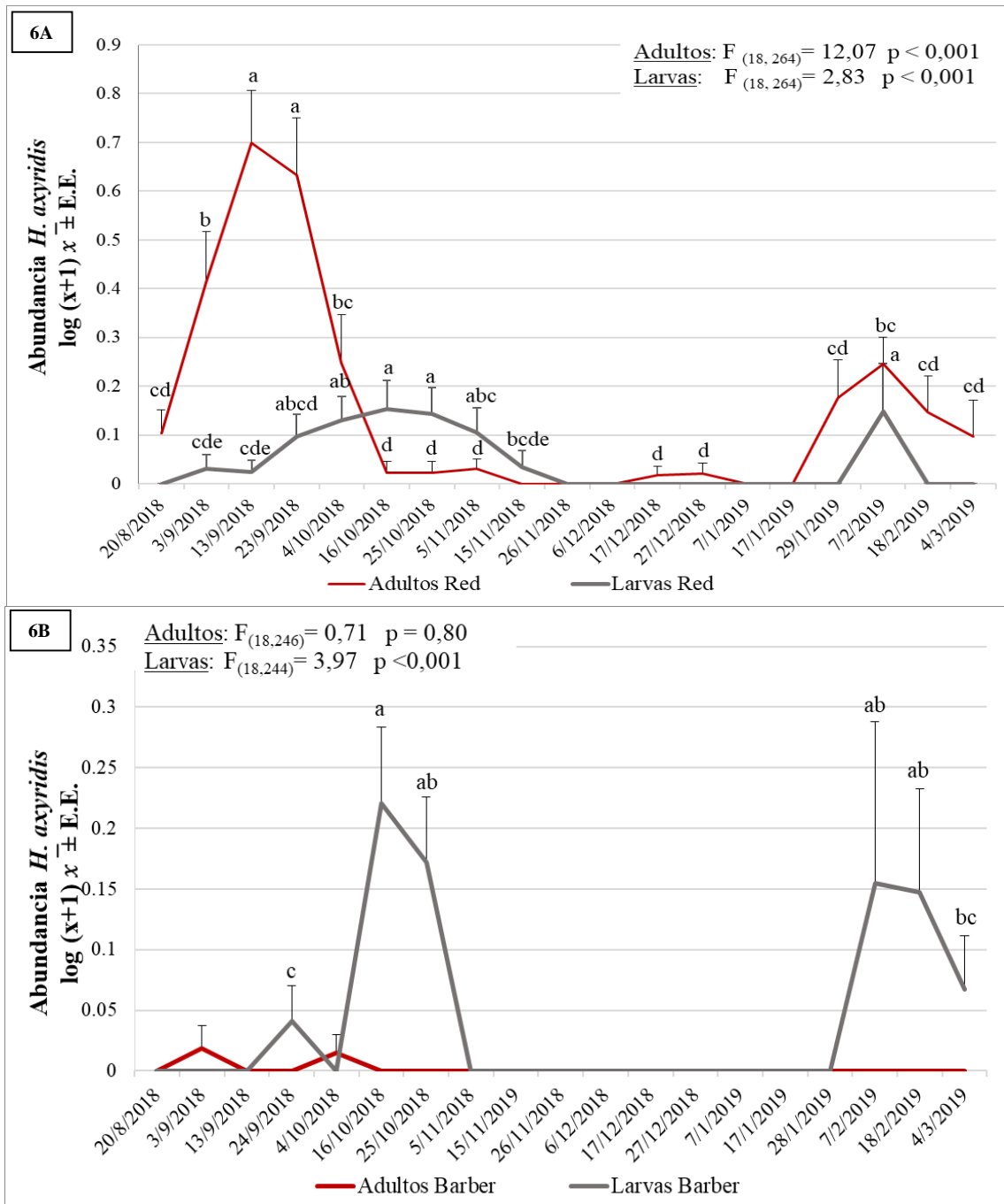
**Figura 3A y 3B.** Dinámica temporal de larvas y adultos de *E. chilensis* capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio para cada fecha en escala de  $\log(x+1)$  con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).



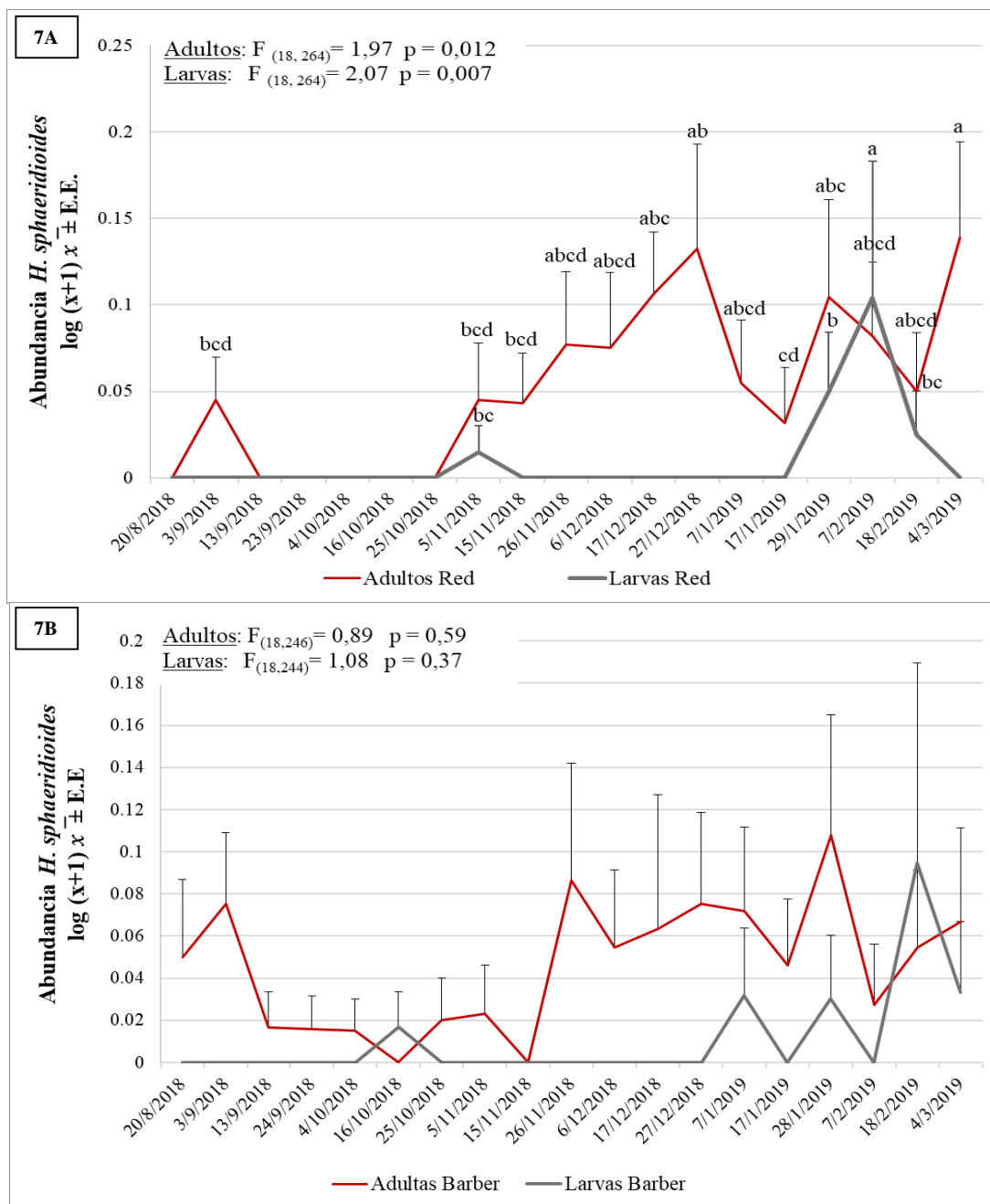
**Figura 4A y B.** Dinámica temporal de larvas y adultos de *E. eschscholtzii* capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfaes de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio para cada fecha en escala de log(x+1) con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher (p < 0,05).



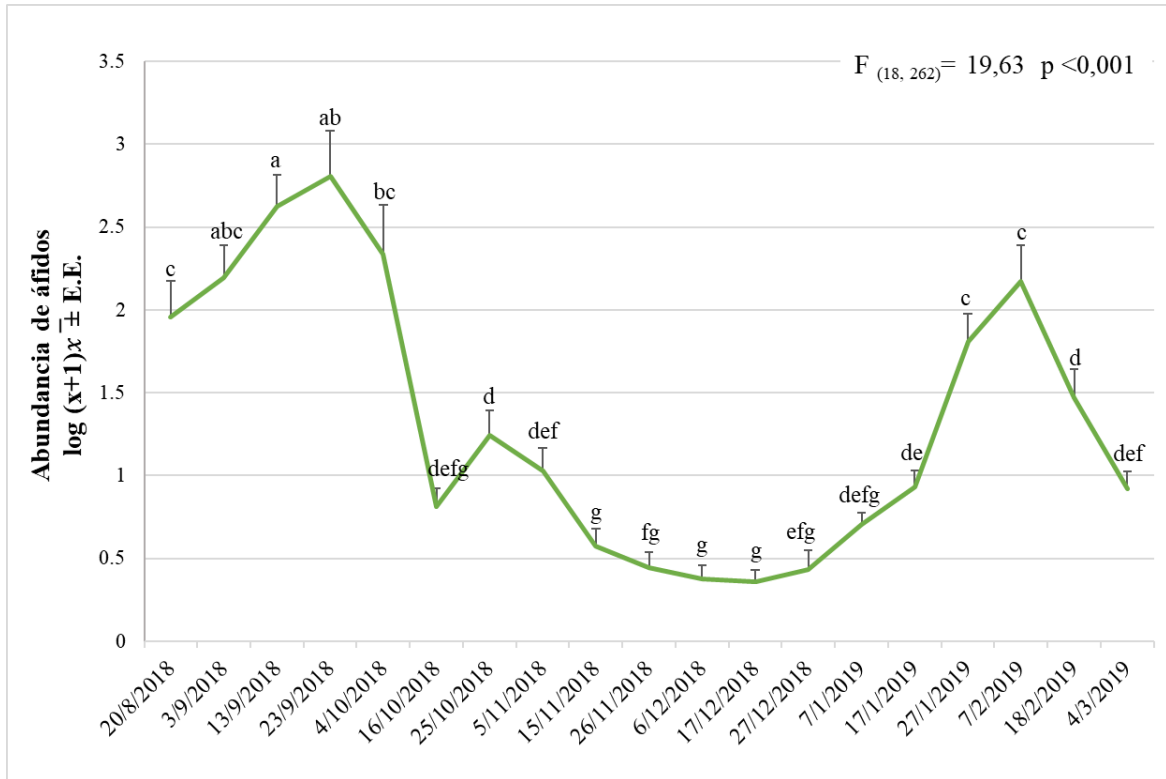
**Figura 5A y B.** Dinámica temporal de larvas y adultos de *H. convergens* capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfales de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio para cada fecha en escala de  $\log(x+1)$  con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).



**Figura 6A y B.** Dinámica temporal de larvas y adultos de *H. axyridis* capturados en A) redes entomológicas y B) trampas Barber en alfalfales de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio para cada fecha en escala de log(x+1) con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).



**Figura 7A y B.** Dinámica temporal de larvas y adultos de *H. sphaeridioides* capturados en redes entomológicas en alfalfales de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio para cada fecha en escala de  $\log(x+1)$  con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los individuos capturados mediante trampas Barber.



**Figura 8.** Dinámica temporal de áfidos totales capturados en alfalfa de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra la abundancia promedio para cada fecha en escala de  $\log(x+1)$  con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

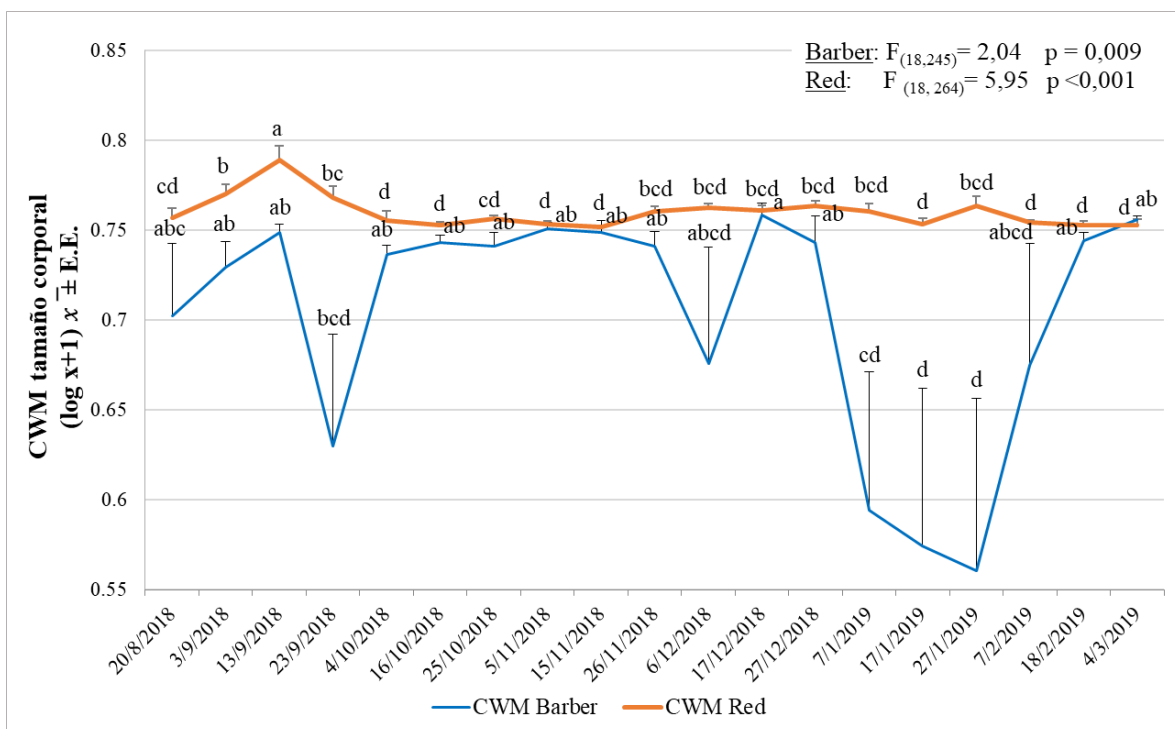
### Variación del tamaño promedio de los ensambles de coccinélidos adultos asociados a alfalfa en la temporada primavera-verano.

El tamaño adulto de las especies encontradas en la alfalfa varía desde los 1,9 mm la más pequeña (*S. bicolor*), hasta los 7,3 mm la especie más grande (*H. axyridis*) (Tabla 2). La mayor parte de las especies pequeñas se encontraron en menor abundancia, siendo el ensamble dominado mayoritariamente por especies medianas a grandes (cf. Tabla 1).

**Tabla 2.** Tamaños corporales descritos de las especies de coccinélidos afidófagos capturados en campos de alfalfa durante el periodo de estudio, ordenados de menor a mayor.

Especies	Tamaño adultas (mm)
<i>S. bicolor</i>	1,9
<i>S. loewii</i>	2,1
<i>H. sphaeridioides</i>	2,5
<i>A. angulifera</i>	3,1
<i>E. eschscholtzi</i>	4,3
<i>A. deficiens</i>	4,5
<i>A. bipunctata</i>	4,6
<i>C. fulvipennis</i>	4,6
<i>H. variegata</i>	4,6
<i>E. chilensis</i>	5,1
<i>C. sanguinea</i>	5,3
<i>H. convergens</i>	5,5
<i>H. axyridis</i>	7,3

Los ensambles de coccinélidos capturados en redes entomológicas tuvieron un CWM mayor, con menor variación a lo largo de la temporada (mín.: 4,6 y máx.: 5,2 mm), en comparación con el CWM de coccinélidos capturados en trampas Barber (mín.: 3,5 y máx.: 4,7 mm). En redes, durante la primavera temprana el CWM de los ensambles fue mayor que en el resto de la temporada. En Barber, el CWM más bajo se encontró durante enero. A mediados de primavera y en verano temprano, los ensambles presentan un tamaño promedio similar, tanto en redes como en Barber (Fig. 9).

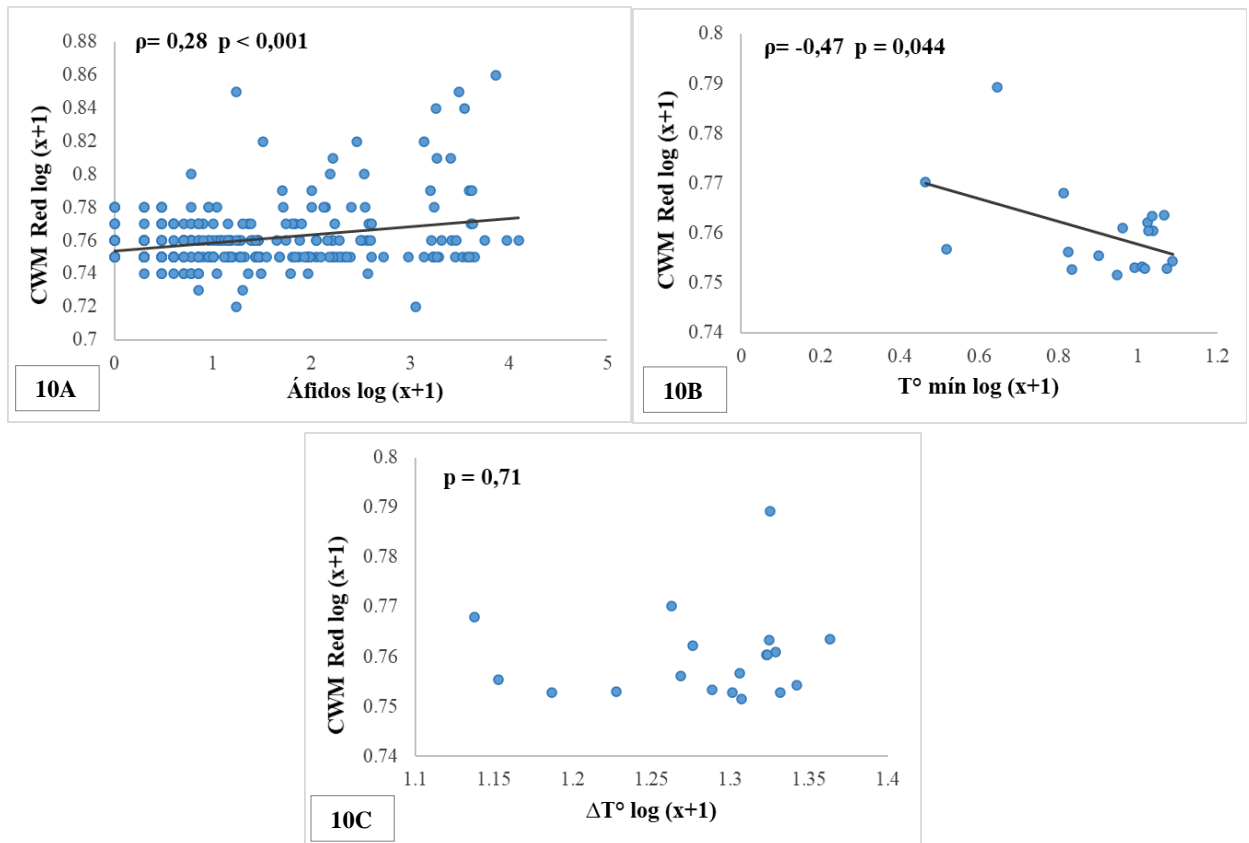


**Figura 9.** Variación temporal en el CWM de los ensambles de coccinélidos adultos capturados en trampas Barber y redes en alfalfa de la zona sur de la región Metropolitana, entre agosto 2018 y marzo 2019. Se muestra el CWM promedio para cada fecha, en escala de  $\log(x+1)$  con su error estándar. Letras diferentes sobre cada barra de error indican diferencias significativas entre fechas según la prueba de LSD Fisher ( $p < 0,05$ ).

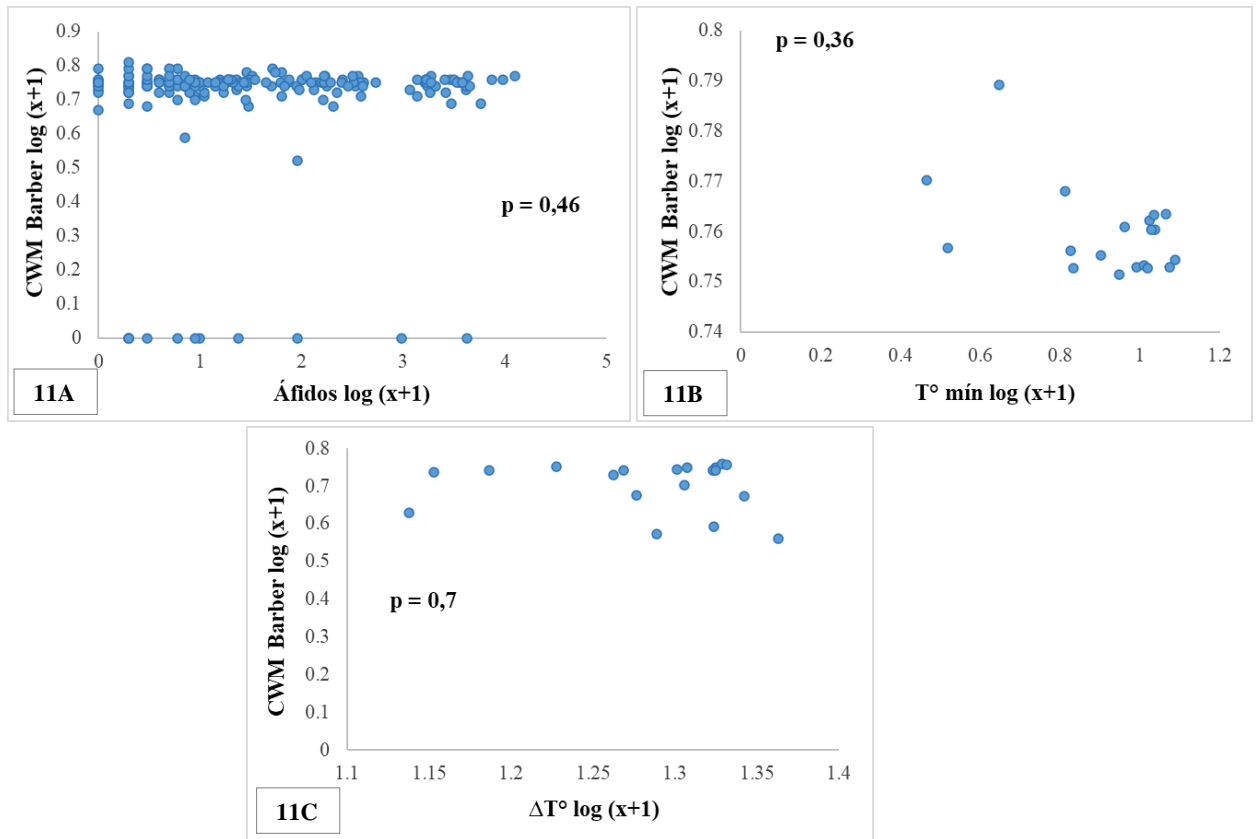


### **Asociación entre el tamaño corporal de especies de coccinélidos y su abundancia con la abundancia de áfidos y la temperatura ambiental a lo largo de la temporada.**

El CWM del tamaño corporal de coccinélidos capturados mediante red entomológica se correlacionó significativa y positivamente con la abundancia de áfidos en los alfalfaes (Fig. 10A). Esto significa que, a mayor abundancia de áfidos en los alfalfaes, los ensambles de coccinélidos se encuentran dominados por individuos de mayor tamaño. En cuanto a la temperatura ambiental, la matriz de correlaciones mostró que las variables que no se correlacionaban fueron la temperatura mínima promedio y el delta promedio de la temperatura (Anexo 1). El CWM del tamaño corporal de coccinélidos se correlacionó significativa y negativamente con la temperatura mínima promedio para cada fecha de muestreo (Fig. 10B), lo que indica que a medida que aumenta la temperatura mínima, los ensambles de coccinélidos están dominados por especies de menor tamaño. Por otro lado, no se encontró relación significativa con el delta promedio de la temperatura (Fig. 10C). El CWM de los ensambles de coccinélidos capturados mediante trampas Barber no se relacionó significativamente con las variables seleccionadas (abundancia de áfidos, temperatura mínima y  $\Delta$  temperatura (Fig. 11A, 11B y 11C).



**Figura 10.** Asociación entre la media ponderada de la comunidad (CWM) del tamaño corporal y la abundancia de áfidos (10A), la temperatura mínima (10B), y el  $\Delta$  temperatura (10C) en coccinélidos colectados mediante red entomológica.  $\rho$ : Coeficiente de Pearson. En 10A cada punto representa la abundancia de áfidos y el CWM en cada alfalfa en las distintas fechas; en 10B y 10C cada punto representa la temperatura ambiental en cada periodo de muestreo versus el CWM promedio en los ensambles en ese período.



**Figura 11.** Asociación entre la media ponderada de la comunidad (CWM) del tamaño corporal y la abundancia de áfidos (11A), la temperatura mínima (11B), y el  $\Delta$  temperatura (11C) en coccinélidos colectados mediante trampas Barber. En 11A cada punto representa la abundancia de áfidos y el CWM en cada alfalfa en las distintas fechas; en 11B y 11C cada punto representa la temperatura ambiental en cada periodo de muestreo versus el CWM promedio en los ensamblajes en ese período.

## DISCUSIÓN

En la presente tesis se logró caracterizar la dinámica temporal del ensamble de coccinélidos afidófagos y sus presas, los áfidos, presentes en cultivos de alfalfa al sur de la Región Metropolitana. Este es el primer trabajo que estudia de manera continua y durante toda la temporada la abundancia de estos insectos.

En el estudio actual se encontraron 13 especies, siete nativas y seis exóticas lo que es una menor riqueza en comparación con estudios previos en alfalfa de Chile central, en los que las especies nativas eran más que las capturadas en este trabajo y además superaban por mucho en riqueza a las exóticas (Grez *et al.*, 2010; Grez *et al.*, 2014b, Segura, 2014; Rivera, 2015). Esto podría deberse a la llegada de especie invasora *H. axyridis*, cuyo efecto negativo sobre la riqueza y abundancia especies nativas de coccinélidos ha sido demostrado tanto en el territorio nacional como en otros países (Grez *et al.*, 2016; Brown *et al.*, 2011; Honek *et al.*, 2016). Uno de los mecanismos de esta declinación de especies es la competencia interespecífica asimétrica en favor de *H. axyridis*, lo que fue evidenciado en Chile recientemente por Zaviezo *et al.* (2019). Otro mecanismo posible es la depredación intragremio también asimétrica en favor de *H. axyridis* (Nóia *et al.*, 2008; Raak-van den Berg *et al.*, 2012). Si bien en el periodo de estudio del presente trabajo las abundancias de *H. axyridis* fueron menores que en estudios previos, es posible que el ensamble no haya recuperado aún sus valores de riqueza originales. Otra explicación posible a la menor riqueza de coccinélidos observada en este trabajo es que ello se deba a la intensificación y homogeneización del paisaje agrícola en esta región (Grez *et al.*, 2013; 2014b). También por las altas temperaturas registradas en el último tiempo, considerando que los años 2015 a 2019 se encuentran entre los cinco más cálidos de los que se tiene registro (OMM, 2020). Se ha reportado que temperaturas anormalmente altas durante el invierno, pueden producir un incremento en la mortalidad invernal en aquellas especies de coccinélidos con diapausa obligatoria mediada por genética (Roy y Majerus, 2010). Por otra parte, estudios previos han evidenciado diferencias en la riqueza y abundancia de coccinélidos entre años, diferencias inherentes a la variabilidad de las dinámicas interanuales de coccinélidos (Markovic *et al.*, 2018), por lo que quedaría por verse en estudios a largo plazo si esta baja en la riqueza de especies observada en este trabajo es parte de esa variabilidad o es un patrón consistente con la disminución de la biodiversidad de insectos observada en muchos lugares del mundo

producto del cambio climático, invasiones biológicas, intensificación de la agricultura y contaminación, entre otros (Eggleton, 2020; van-Klink *et al.*, 2020).

En total, en redes se capturaron más coccinélidos que en Barber (62,7% y 37,3%, respectivamente), a pesar de que en cada muestreo las redes se pasaron sólo en un momento del día y las Barber estuvieron expuestas por aproximadamente diez días. Si bien es complejo comparar las colectas en ambos métodos de colecta, estos resultados podrían sugerir que las redes son un método más eficiente para caracterizar los ensambles de coccinélidos de los alfalfales que las trampas Barber. Sin embargo, el análisis comparativo de la riqueza, diversidad y equitatividad de los ensambles sugiere que ambos métodos serían complementarios para caracterizar la estructura de los ensambles, aunque sólo para adultos<sup>1</sup>. También es interesante destacar que se colectaron cuatro veces más adultos en redes que en trampas Barber, pero solo la mitad de las larvas. Por otro lado, al comparar las proporciones de larvas y adultos capturadas utilizando cada método, se registraron cuatro veces más adultos que larvas en redes, y el doble de larvas que adultos en Barber. Esto, especialmente la comparación de los resultados al interior de cada método de captura, podría indicar que los adultos están más en el follaje que en el suelo, quizá por su condición de voladores, y lo contrario ocurriría con las larvas, que son caminadoras. Pero lo más relevante de estos resultados es que los coccinélidos adultos y larvas estarían actuando complementariamente en su rol de controladores de áfidos al utilizar diferencialmente los sustratos follaje y suelo. Ha sido documentado en la literatura que los áfidos, en presencia de coccinélidos adultos en el follaje, se dejan caer al suelo como un mecanismo de escape, donde otros depredadores podrían forrajear (Losey y Denno 1998, Grez *et al.* 2007).

En cuanto a la dinámica general de coccinélidos en el tiempo, la abundancia de adultos se mantuvo alta de manera relativamente constante, especialmente en redes (Fig. 1A y 1B), en cambio las larvas fueron más fluctuantes. Ello podría ser el reflejo de eventos de reproducción discretos y asincrónicos en las distintas especies de coccinélidos que conforman los ensambles, como se ve en los gráficos a nivel de especie.

---

<sup>1</sup> Oberti R., V. Romero, A. Grez y T. Zaviezo. 2020. Redes entomológicas vs. trampas Barber: ¿Técnicas de muestro complementarias o redundantes para caracterizar los ensambles de coccinélidos en alfalfa? Reunión Anual Conjunta, Sociedad de Ecología de Chile. Sociedad de Biología de Chile, Sociedad Chilena de Evolución, Sociedad de Botánica de Chile. 11-13 marzo, Valdivia, Chile.

A nivel de especies, en el presente estudio se constató lo observado en trabajos previos, con información más dispersa (Zaviezo *et al.*, 2004; Grez *et al.*, 2010; Grez *et al.*, 2012; Segura, 2014) que los distintos coccinélidos varían en sus dinámicas temporales, con especies que mantienen abundancias relativamente estables en toda la temporada, otras con máximos de abundancia temprano en la estación y otras tardíamente. Se ha propuesto que especies con nichos temporales complementarios permitirían maximizar la resiliencia de la comunidad a variaciones en el ambiente y el control biológico sobre áfidos (Welch y Hardwood, 2014), por lo que la dinámica asincrónica de estas especies podría ser benéfica para el ensamble y para el servicio. Entre las especies con abundancias más constantes a lo largo de la temporada, aunque con un aumento en verano, están *H. variegata* y *E. chilensis*, lo que concuerda con lo encontrado en estudios previos en alfalfaes en la misma región (Segura 2014, Zaviezo *et al.*, 2004). Estas dos especies, si bien son euritérmicas, prefieren temperaturas ambientales mayores, pero su desempeño no cambia con la temperatura (Barahona-Segovia *et al.*, 2016). Otras investigaciones han encontrado una asociación positiva entre la abundancia de *H. variegata* y la temperatura (Ehsan y Naureen, 2019). La mayor tolerancia a temperaturas mayores, entonces, haría a estas especies más resistentes a los cambios ambientales durante la temporada. Llama la atención la alta abundancia de *H. variegata* y *E. chilensis* incluso en épocas de baja abundancia de áfidos. Trabajos previos han demostrado una ausencia de correlación entre abundancia de esta especie con la abundancia de áfidos (Rodríguez, 2014). Ello sugiere que estas dos especies serían afidófagas menos estrictas, alimentándose también de huevos y larvas de otros insectos, como se ha observado en otras especies de coccinélidos (Evans, 2009), o comiendo polen, lo que se ha verificado en una investigación en curso (Violeta Romero, comunicación personal<sup>i</sup>).

Entre las especies que se presentan de manera más acotada en el tiempo están *H. convergens* y *H. axyridis*, que se presentaron principalmente durante la primavera y con un segundo pico de abundancia a fines de verano, muy similar a lo encontrado en estudios previos (Grez *et al.*, 2010; Segura, 2014). Ehsan y Naureen (2019) encontraron una asociación negativa entre estas especies y la temperatura ambiental, y Barahona-Segovia *et al.* (2016) demostró que *H. axyridis* prefiere temperaturas ambientales menores, por lo que esta distribución poblacional

---

<sup>i</sup> Violeta Romero Gamba. Laboratorio de Ecología de Ambientes Fragmentados, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

estacional puede estar dada por sus preferencias térmicas. Además, su dinámica está muy acoplada con la de los áfidos (Fig. 8), lo cual sería congruente con la alta voracidad y dependencia de poblaciones abundantes de áfidos por parte de *H. axyridis*, en comparación con otras especies de coccinélidos (Zaviezo *et al.*, 2019). Por el gran tamaño corporal de *H. convergens*, aunque menor al de *H. axyridis* (Tabla 2), es posible que su voracidad sea también alta, y ello explique que sus poblaciones estén acopladas con la abundancia de áfidos. Estas dos especies también son similares en que sus adultos fueron principalmente encontrados mediante red entomológica y, por tanto, en el follaje (Tabla 1, Fig 5A y 6A), lo que sugiere una preferencia por este microhábitat. Esta preferencia espacial podría estar explicada por la presencia de áfidos en follaje, lo que ha sido evidenciado en campos de maíz, donde se ha encontrado una alta correlación entre la ubicación de *H. axyridis* dentro de la planta y la abundancia de áfidos (Musser y Shelton, 2003).

Por su parte, *H. sphaeridioides* y *E. eschscholtzii*, especies endémicas, se concentraron en verano, cuando las temperaturas eran altas, y la abundancia de áfidos, baja. Probablemente, su dinámica temporal se encuentre más asociada a la temperatura que a la densidad de áfidos. Es interesante notar que estas especies se encuentran en mayor abundancia en periodos en que la mayor parte de las otras especies escasean, lo que podría ser una estrategia de partición temporal de nicho para evitar interacciones negativas con especies más voraces y de mayor tamaño, como *H. convergens* y *H. axyridis* (Lucas, 2012).

Llama la atención la baja abundancia de la especie exótica *A. bipunctata*, que en estudios previos en esta zona había mostrado mayores poblaciones (Zaviezo *et al.*, 2004; Grez *et al.*, 2010; Ximenez-Embun *et al.*, 2014, Segura, 2014). Esta baja poblacional también se ha presentado en otros lugares del mundo, con un descenso en las poblaciones de *A. bipunctata* (Honek *et al.*, 2015). Este descenso podría estar agravado por el arribo de *H. axyridis*, con la cual exhiben una relación significativamente negativa (Toda y Sakuratami, 2006; Roy *et al.*, 2012; Brown y Roy 2018).

En cuanto a los áfidos, si bien no fueron caracterizados a nivel de especie, según literatura y la experiencia en el laboratorio de más de dos décadas estudiando las dinámicas de áfidos y coccinélidos en alfalfa, se puede inferir que el primer pico, el más pronunciado, presente en primavera temprana (Fig. 8) correspondería a *A. craccivora* y/o *A. pisum*, mientras que el

segundo correspondería a *T. trifolii* (Apablaza, 1995; Jovičić *et al.*, 2016). Si bien en este trabajo no se analizó la riqueza de especies de coccinélidos en el tiempo, esta es mayor en primavera, lo que sería muy importante para controlar a los áfidos temprano en la temporada. Estudios en paralelo muestran una alta correlación entre la densidad de áfidos y la riqueza de especies de coccinélidos y no con la abundancia de coccinélidos (Grez *et al.*, en prep).

La presente investigación buscaba, además, ver la variación de la media ponderada de la comunidad (CWM) del tamaño corporal en el tiempo, y si ésta se relacionaba a factores como la abundancia de áfidos y la temperatura ambiental. Se esperaba que el CWM fuese menor a baja abundancia de áfidos y al inicio de la temporada, puesto que los coccinélidos afidófagos pequeños serían los primeros en colonizar los cultivos, ya que, al tener menores requerimientos energéticos, pueden depredar en parches aún poco densos de áfidos (Dixon, 2007; Honek, 2008). Al respecto, se encontró que el CWM de los individuos capturados mediante red entomológica era más invariable y mayor que el del ensamble obtenido mediante trampas Barber. Además, se encontró que el CWM fue menor en los primeros dos muestreos, con un máximo en el tercer muestreo (Fig. 9), pero solo para los coccinélidos muestreados a través de red entomológica, es decir, para el conjunto de coccinélidos que se encuentran depredando sobre áfidos en el follaje. Las especies de mayor tamaño, *H. axyridis* y *H. convergens* (Tabla 2) se encontraron mayoritariamente en red entomológica (Tabla 1), y su máximo de abundancia (Fig. 5A y B, Fig. 6Ay B) coincide con el máximo de CWM en red (Fig. 9). Por otro lado, la caída más grande del CWM en Barber se presentó en enero (Fig. 9), cuando había una alta presencia de *H. sphaeridioides* (Fig. 7A y B), que es una especie de tamaño pequeño (Tabla 2); y una baja presencia de especies medianas (*H. variegata*, *E. chilensis* y *E. eschscholtzii*). Por lo tanto, la variabilidad del CWM en el tiempo puede asociarse a la variación en la abundancia relativa de las especies de distinto tamaño a lo largo de la temporada.

Se constató también que, independientemente de la fecha, hay una correlación significativamente positiva entre la abundancia de áfidos y el CWM de coccinélidos, pero sólo de aquellos capturados en redes (Fig. 10A), sugiriendo que el tamaño promedio de los individuos que conforman el ensamble de coccinélidos en el follaje se explica, al menos en parte, por la abundancia de áfidos. La falta de relación entre el CWM en Barber y la



abundancia de áfidos podría deberse a que en este sustrato los áfidos no son tan abundantes como en el follaje como para explicar el tamaño de los coccinélidos que conforman el ensamble en el suelo.

Respecto la relación entre tamaño corporal del ensamble y temperatura, se encontró una correlación negativa entre el CWM de coccinélidos en red y la temperatura mínima, pero no con el delta  $t^{\circ}$ . Esta misma relación negativa con la temperatura mínima fue encontrada para áfidos en alfalfales en un estudio realizado en India (Ingawale y Tambe, 2007), lo que sugiere que el efecto observado en el CWM en coccinélidos podría ser una consecuencia indirecta del efecto de la temperatura mínima sobre áfidos. Es posible que esa sea la explicación por la cual no se observó esta relación para el CWM en Barber. Al no encontrarse relación entre el CWM en Barber y la abundancia de áfidos, es posible que tampoco se observe una relación entre este índice y la temperatura, ya que ésta influye sobre los áfidos, y no sobre el tamaño del ensamble en sí. No se encontraron otros estudios que relacionaran la temperatura con el tamaño corporal de los coccinélidos, ya que en general se investiga la relación de la temperatura con abundancia de coccinélidos o de especies en específico (Brown y Roy, 2018; Barahona-Segovia *et al.*, 2016). Así, el presente trabajo es una contribución original al entendimiento de la estructura de los rasgos funcionales de los ensambles de coccinélidos, entre los que se encuentra el tamaño corporal.

En general, la temperatura suele medirse a nivel de sitio de estudio, pues los coccinélidos responden a variaciones micro climáticas (Honek, 2012). Es posible que las condiciones climáticas a un nivel más amplio, como las adoptadas en este estudio, no sean capaces de graficar lo que está ocurriendo a nivel de sitio de estudio, donde factores como paisaje circundante, densidad de follaje y humedad podrían influir en el microclima del sitio, por lo que se recomendaría para estudios a futuro medir la temperatura a nivel local.

Cabe destacar el aporte de la presente investigación al conocimiento de la variación de las especies de coccinélidos en el tiempo, y su relación con índices de diversidad funcional, como lo es el CWM. Actualmente existen escasos estudios en coccinélidos que evalúen rasgos funcionales, por lo que el presente estudio contribuye con información sobre la variación de dicho índice y su relación con diversos parámetros, como los utilizados en la presente memoria. Por último, los datos colectados generan un registro de la abundancia y

composición del ensamble para investigaciones a futuro sobre variaciones a largo plazo, y con ello, realizar un aporte a la conservación de esta familia de insectos.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir lo siguiente:

- El ensamble de coccinélidos en alfalfa encontrado en la presente investigación está compuesto por una menor diversidad de especies que en estudios previos, a pesar del mayor esfuerzo de muestreo tanto en el follaje como en el suelo.
- En redes se capturaron más coccinélidos que en trampas Barber lo que sugiere que las redes son un método más eficiente para caracterizar los ensambles de coccinélidos de los alfalfaes, aunque ambos métodos son complementarios.
- Los coccinélidos adultos fueron más abundantes que las larvas en redes y lo contrario ocurrió en las trampas Barber, por lo que hay un uso diferencial del follaje y suelo por parte de adultos y larvas.
- Los coccinélidos varían en sus dinámicas temporales, con especies que mantienen abundancias relativamente estables en toda la temporada, otras con máximos de abundancia temprano en la estación y otras tardíamente. Ello sugiere una complementariedad de nichos temporales entre las especies que componen este ensamble, lo cual podría otorgar resiliencia a la comunidad frente a variaciones en el ambiente, y asegurar el servicio de control biológico a lo largo de toda la temporada.
- El CWM del tamaño corporal de los ensambles fue mayor temprano en la temporada, aunque esto se observó sólo en redes. Ello se asocia con la mayor abundancia de las especies más grandes en esta época, las que forrajean principalmente en el follaje.
- Independientemente de la fecha, la abundancia de áfidos se asoció positivamente con el CWM de coccinélidos, pero sólo de aquellos capturados en redes, lo que sugiere que el tamaño promedio de los individuos que conforman el ensamble de coccinélidos en el follaje se explica, al menos en parte, por la abundancia de áfidos.
- El CWM se asoció negativamente con la temperatura ambiental mínima, pero no con el delta  $t^{\circ}$ , lo cual fue observado solo para los coccinélidos capturados en redes. La ausencia de relaciones entre el CWM y la densidad de áfidos o temperatura ambiental en coccinélidos capturados en Barber sugiere que otros factores podrían influir en el tamaño corporal del ensamble en el suelo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ALTAMIRANO, D.** 2016. *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) en campos de Alfalfa en otoño: relación con la diversidad del ensamble de coccinélidos y con la abundancia de la especie exótica *Hippodamia variegata*. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 39 p.

**APABLAZA, J.; STEVENSON, T.** Fluctuaciones poblacionales de áfidos y de otros artrópodos en el follaje de alfalfa cultivada en la Región Metropolitana. *Cienc Investig Agrar.* 22(3): 115-122.

**BARAHONA-SEGOVIA, R.; GREZ, A.; BOZINOVIC, F.** 2016. Testing the hypothesis of greater eurythermality in invasive than in native ladybird species: from physiological performance to life-history strategies. *Ecol Entomol.* 41: 182-191.

**BROWN, P.; FROST, R.; DOBERSKI, J.; SPARKS, T.; HARRINGTON, R.; ROY, H.** 2011. Decline in native ladybirds in response to the arrival of *Harmonia axyridis*: early evidence from England. *Ecol Entomol.* 36: 231-240.

**BROWN, P.; ROY, H.** 2018. Native ladybird decline caused by the invasive harlequin ladybird *Harmonia axyridis*: evidence from a long-term field study. *Insect Conserv Divers.* 11: 230-239.

**CEPAL, GOBIERNO DE CHILE.** 2012. La economía del cambio climático en Chile. CEPAL. Santiago, Chile. 134 p.

**DI CASTRI, F.; HAJEK, E.** 1976. Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 163 p.

**DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO C.** 2008. *InfoStat, versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

**DIXON, A.; JAROŠÍK, V.; HONEK, A.** 2005. Thermal requirements for development and resource partitioning in aphidophagous guilds. *Eur J Entomol.* 102: 407–411.

**DIXON, A.** 2007. Body size and resource partitioning in ladybirds. *Popul Ecol.* 49: 45-50.

- EGGLETON, P.** 2020. The state of the world's insects. *Annu Rev Environ Resour.* 45: 8.1-8.22.
- EHSAN, N.; NAUREEN, R.** 2019. Population dynamics of predatory coccinellids in cereal crops of district Faisalabad. *Pak. J. Agri. Sci.* 56(4): 891-896.
- ELLIOT, N.; MUCHELS, G.** 1997. Estimating aphidophagous coccinellid populations in alfalfa. *Biol Control.* 8: 43-51.
- EVANS, E.** 2009. Lady beetles as predators of insects other than Hemiptera. *Biol Control.* 51(2): 255-267.
- FACEY, S.; ELLSWORTH, D.; STALEY, J.; WRIGHT, D.; JOHNSON, S.** 2014. Upsetting the order: how climate and atmospheric change affects herbivore-enemy interactions. *Curr Opin Insect Sci.* 5: 66-74.
- GONZÁLEZ, G.** 2006. Los Coccinellidae de Chile. [en línea]. <<http://www.coccinellidae.cl>> [consulta: 16-10- 2018].
- GONZÁLEZ, G.** 2020. Lista actualizada de especies de Coccinellidae (Insecta: Coleoptera) presentes en Chile. [en línea]. <[http://www.coccinellidae.cl/paginasWebChile/PDFs/Lista\\_Coccinellidae\\_de\\_Chile\\_08\\_03\\_2020.pdf](http://www.coccinellidae.cl/paginasWebChile/PDFs/Lista_Coccinellidae_de_Chile_08_03_2020.pdf)> [consulta: 31-07- 2020].
- GREZ, A.A.; RIVERA, P.; ZAVIEZO, T.** 2007. Foliar and ground-foraging predators of aphids associated with alfalfa crops in Chile: Are they good or bad partners? *Biocontrol Sci Technol.* 17(10): 1071-1077.
- GREZ, A.A.; TORRES, C.; ZAVIEZO, T.; LAVANDERO, B.; RAMÍREZ, M.** 2010. Migration of coccinellids to alfalfa fields with varying adjacent vegetation in Central Chile. *Cienc Investig Agrar.* 37(2): 111-121.
- GREZ, A.A.; VIERA, B.; SOARES, A.** 2012. Biotic interactions between *Eriopis connexa* and *Hippodamia variegata*, a native and an exotic coccinellid species associated with alfalfa fields in Chile. *Entomol. Exp. Appl.* 142: 36-44.

- GREZ, A.A.; RAND, T.A.; ZAVIEZO, T.** 2013. Land use intensification differentially benefits alien over native predators in agricultural landscape mosaics. *Divers Distrib.* 19: 749-759.
- GREZ, A.A.; ZAVIEZO, T.; GARDINER, M.** 2014a. Local predator composition and landscape affects biological control of aphids in alfalfa fields. *Biol Control.* 76: 1-9.
- GREZ, A.A.; ZAVIEZO, T.; HERNÁNDEZ, J.; RODRÍGUEZ-SAN PEDRO, A.; ACUÑA, P.** 2014b. The heterogeneity and composition of agricultural landscapes influence native and exotic coccinellids in alfalfa fields. *Agr Forest Entomol.* 16: 382-390.
- GREZ, A.A.; ZAVIEZO, T.; ROY, H.; BROWN, P.; BIZAMA, G.** 2016. Rapid spread of *Harmonia axyridis* in Chile and its effects on local coccinellid biodiversity. *Divers Distrib.* 22:928-994.
- GREZ, A.A.; ZAVIEZO, T.; GARDINER, M.; ALANIZ, A.** 2019. Urbanization filters coccinellids composition and functional trait distributions in greenspaces across greater Santiago, Chile. 38: 337-345.
- HONEK, A.; DIXON, A.; MARTINKOVÁ, Z.** 2008. Body size and the temporal sequence in the reproductive activity of two species of aphidophagous coccinellids exploiting the same resource. *Eur J Entomol.* 105: 421–425.
- HONEK, A.** 2012. Distribution and Habitats. In: Hodek, I.; van Emden, H. F.; Honěk, A. (Eds). *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell. West Sussex, Reino Unido. pp. 54-109.
- HONEK, A.; MARTINKOVA, Z.; DIXON, A.** 2015. Detecting seasonal variation in composition of adult Coccinellidae communities. *Ecol Entomol.* 40: 543-552.
- HONEK, A.; MARTINKOVA, Z.; DIXON, A.; ROY, H.; PEKÁR, S.** 2016. Long-term changes in communities of native coccinellids: population fluctuations and the effect of competition from an invasive non-native species. *Insect Conserv Divers.* 9: 202-209.

- HONEK, A.; DIXON, A.; SOARES, A.; SKUHROVEC, J.; MARTINKOVA, Z.** 2017. Spatial and temporal changes in the abundance and composition of ladybird (Coleoptera: Coccinellidae) communities. *Curr Opin Insect Sci.* 20:61-67.
- INGAWALE, U.; TAMBE, A.** 2007. Seasonal abundance of aphids and their natural enemies on Lucerne. *Asian J. of Bio Sci.* 2(1): 8-10.
- IPERTI, G.** 1999. Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agr Ecosyst Environ.* 74: 323-342.
- JOVIVIC, I.; RADONJIC, A.; PETROVIC-OBRADOVIC, O.** 2016. Aphids (Hemiptera: Aphididae) on Alfalfa and their Coccinellid Predators in Serbia: Seasonal Abundance. *Acta Zool Bulg.* 4: 581-587.
- LOSEY, J.E.; DENNO, R.F.** 1998. Positive predator-predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. *Ecology.* 79(6): 2143-2152.
- LUCAS, E.** 2012. Intraguild Interactions. **In:** Hodek, I.; van Emden, H. F.; Honěk, A. (Eds). *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell. West Sussex, Reino Unido. pp. 54-109.
- MMA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.** 2020. Sexto Informe Nacional de Biodiversidad. [en línea] <[https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/6NR\\_FINAL\\_ALTA-web.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/01/6NR_FINAL_ALTA-web.pdf)> [consulta: 15-07- 2020].
- MARKOVIC, C.; STOJANOVIC, A.; DOBROSAVLJEVIC, J.** 2018. Diversity and abundance of coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) on trees in parks and tree rows of Belgrade. *Biologia.* 73: 857-865.
- MUSSER, F.; SHELTON, A.** 2003. Factors Altering the Temporal and Within-Plant Distribution of Coccinellids in Corn and Their Impact on Potential Intra-guild Predation. *Environ. Entomol.* 32(3): 575-583.
- NEDVĚD, O.; HONĚK, A.** 2012. Life History and Development. **In:** Hodek, I.; van Emden, H. F.; Honěk, A. (Eds). *Ecology and Behaviour of the Ladybird Beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell. West Sussex, Reino Unido. pp. 54-109.

**NÓIA, M.; BORGES, I.; SOARES, A. O.** 2008. Intraguild predation between the aphidophagous ladybird beetles *Harmonia axyridis* and *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera:Coccinellidae): The role of intra and extraguild prey densities. *Biol Control*. 46: 140-146.

**ODEPA.** 2016. Protocolo de Agricultura Sustentable. [en línea] <<https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/agriculturaSustentable.pdf>> [consulta: 16-10- 2018].

**OMM. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL CLIMA.** 2020. Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2019. [en línea] <[https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10215](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10215)> [consulta: 15-07- 2020].

**PAPANIKOLAOU, N.; MILONAS, P.; KONTODIMAS, D.; DEMIRIS, N.; MATSINOS, Y.** 2013. Temperature-dependent development, survival, longevity, and fecundity of *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ann Entomol Soc Am*. 106(2): 228-234.

**PERRINGS, C.; NAEEM, S.; AHRESTANI, F.; BUNKER, D.; BURKILL, P.; CANZIANI, G.; ELMQVIST, T.; FERRATI, R.; FUHRMAN, J.; JAKSIC, F.; KAWABATA, Z.; KINZIG, A.; MACE, G.; MILANO, F.; MOONEY, H.; PRIEUR-RICHARD, A.; TSCHIRHART, J.; WEISSER, W.** 2010. Ecosystem Services for 2020. *Science*. 330: 323-324.

**RAAK-VAN DEN BERG, C.L.; DE LANGE, H.J; VAN LENTEREN, J.C.** 2012. Intraguild predation behaviour of ladybirds in semi-field experiments explains invasion success of *Harmonia axyridis*. *PloS One*. 7(7): e40681.

**REBOLLEDO, R.; PALMA, R.; KLEIN, C.; AGUILERA, A.** 2007. Coccinellini (Col. Coccinellidae) presentes en diferentes estratos vegetacionales en la IX Región de la Araucanía (Chile). *Idesia (Arica)*. 25(1): 63-71.

**RIVERA, N.** 2015. Abundancia y diversidad de coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) presentes en primavera en coberturas del paisaje agrícola de la Zona Sur-Poniente de la Región Metropolitana: Relación con la abundancia de la especie de coccinélido invasor,



*Harmonia axyridis*. Memoria Título Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias. 43 p.

**ROY, H.; MAJERUS, M.** 2010. Coccinellids in a Changing World. **In:** Kindlmann, P.; Dixon, A.; Michaud, J. (Eds). Aphid Biodiversity under Environmental Change. Springer, Dordrecht. 149-170.

**ROY, H.; ADRIAENS, T.; ISAAC, N.; KENIS, M.; ONKELINX, T.; SAN MARTIN, G.; BROWN, P.; HAUTIER, L.; POLAND, R.; ROY, D.; COMONT, R.; ESCHEN, R.; FROST, R.; ZINDEL, R.; VAN VLAENDEREN, J.; NEDVED, O.; RAVN, H.; GRÉGOIRE, J.C.; DE BISEAU, J.C.; MAES, D.** 2012. Invasive alien predator causes rapid declines of native European ladybirds. *Diversity Distrib.* 18: 717-725.

**SEAGO, A.; GIORGI, J.; LI, J.; SLIPINSKI, A.** 2011. Phylogeny, classification and evolution of ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) based on simultaneous analysis of molecular and morphological data. *Mol Phylogenet Evol.* 60: 137-151.

**SEGURA, B.** 2014. Atributos del cultivo y del paisaje agrícola y su relación con la coexistencia de coccinélidos nativos y exóticos en Alfalfa en Pirque, Santiago. Tesis Magister en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza. Santiago, Chile. U. Chile, Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza. 50p.

**TODA, Y.; SAKURATANI, Y.** 2006. Expansion of the geographical distribution of an exotic ladybird beetle, *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), and its interspecific relationships with native ladybird beetles in Japan. *Ecol Res.* 21: 292–300.

**VAN KLINK, R.; BOWLER, D.E.; GONGALSKY, K.B.; SWENGEL, A.B.; GENTILE, A.; CHASE, J.M.** 2020. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. *Science.* 368(6489): 417-420.

**WELCH, K.; HARDWOOD, J.** 2014. Temporal dynamics of natural enemy–pest interactions in a changing environment. *Biol Control.* 75: 18-27.

**XIMENEZ-EMBUN, M.; ZAVIEZO, T.; GREZ, A.A.** 2014. Seasonal, spatial and diel partitioning of *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae) predators and predation in alfalfa fields. *Biol Control.* 69: 1-7.

**ZAVIEZO, T.; GREZ, A.A.; DONOSO, D.** 2004. Dinámica Temporal de Coleópteros Asociados a Alfalfa. Cien. Inv. Agr. 31(1): 29-38.

**ZAVIEZO, T.; SOARES, A.; GREZ, A.A.** 2019. Interspecific exploitative competition between *Harmonia axyridis* and other coccinellids is stronger than intraspecific competition. Biol Control. 131: 62-68.

## ANEXO N°1

Correlaciones de Pearson entre tipos de medición de temperatura ambiental. Se muestran debajo de la diagonal los coeficientes de correlación y arriba los valores de “p”.  $\Delta T^\circ$ : Promedio de diferencia entre temperatura máxima y mínima;  $T^\circ \text{ máx}$ : Promedio de temperatura máxima;  $T^\circ \text{ Hrs Act}$ : Promedio de la temperatura de las horas mayor de actividad de los coqueñidos;  $T^\circ \text{ media}$ : Promedio de la temperatura media;  $T^\circ \text{ min}$ : Promedio de temperatura mínima. Los datos se encuentran transformados a  $\log(x+1)$ .

	$\Delta T^\circ$	$T^\circ \text{ máx}$	$T^\circ \text{ Hrs Act}$	$T^\circ \text{ media}$	$T^\circ \text{ min}$
$\Delta T^\circ$	1	<0,001	<0,001	0,04	<b>0,26</b>
$T^\circ \text{ máx}$	0,82	1	<0,001	<0,001	<0,001
$T^\circ \text{ Hrs Act}$	0,77	1,0	1	<0,001	<0,001
$T^\circ \text{ media}$	0,63	0,96	0,98	1	<0,001
$T^\circ \text{ min}$	<b>0,27</b>	0,78	0,78	0,92	1

Se puede apreciar que la gran mayoría de las variables consideradas se encuentran fuerte y significativamente correlacionadas, mientras que no hay relación entre la temperatura mínima y el delta de temperatura, razón por la cual se decidió hacer la comparación de ambas medidas con el CWM.