



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

**EFECTO DE LA COMPOSICIÓN Y HETEROGENEIDAD DEL
PAISAJE AGRÍCOLA SOBRE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA
DE DEPREDADORES AFIDÓFAGOS EN ALFALFALES DE LA
REGIÓN METROPOLITANA**

Karla García Olivares

Proyecto de Memoria para optar
al Título Profesional de Médico
Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

Profesora guía: Audrey A. Grez

Proyecto FONDECYT 1180533
Santiago, Chile
2021



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

FACUL

**EFFECTO DE LA COMPOSICIÓN Y HETEROGENEIDAD DEL
PAISAJE AGRÍCOLA SOBRE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA
DE DEPREDADORES AFIDÓFAGOS EN ALFALFALES DE LA
REGIÓN METROPOLITANA**

Karla García Olivares

Proyecto de Memoria para
optar al Título Profesional de
Médico Veterinario
Departamento de Ciencias
Biológicas Animales

Nota final

Profesora Guía	Audrey Grez
Profesor Corrector	André Rubio
Profesor Corrector	Gabriela Lankin

PROYECTO FONDECYT 1180533
SANTIAGO, CHILE
2021

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Miriam y Patricio, y mis hermanas Camila y Fernanda por su apoyo y amor incondicional a pesar de la distancia. Y a mis tíos Patricio y Patricia por recibirme cálidamente en su hogar durante todo el proceso universitario. A mis amigas y amigo de toda la vida Yu Mei, Valentina, María Vicencia y Manuel que siempre me acompañaron y aconsejaron durante toda la carrera.

A Leonardo por todo el apoyo y amor entregado durante este proceso final.

A mi profesora guía Audrey Grez por todo el conocimiento entregado y la paciencia al guiarme en este proceso, y, sobre todo, por ayudarme a creer en mí misma.

A mis compañeras y compañeros de laboratorio Elizabeth, Marlene, Gabriela, Romina, Violeta, Jorge y Rodrigo por acompañarme en este proceso de tesis, por resolver mis dudas y ayudarme en todo lo que no entendía. Y a Marcela por su ayuda durante el proceso de separación de muestras.

A los amigos y amigas que me dejó la universidad, Esteban y Ninoska, por ser un apoyo fundamental en todos los aspectos, sin ustedes no lo hubiera logrado. Y a Juan, Francisca, Octavio, Camila y Gabriel por la compañía y el aprendizaje conjunto que hicieron más ameno el proceso, sobre todo en internado.

A todo el equipo COPBA por todas las experiencias y buenos momentos compartidos, no solo aportaron en mi formación, sino que me hicieron crecer como persona.

A los expertos que me ayudaron en el proceso de identificación, sobre todo a Rodrigo Barahona por su dedicación y buena disposición para enseñar.

A FONDECYT 1180533 por financiar este proyecto que fue una gran experiencia y aporte en mi formación. Y a todos los insectos y arañas que dieron su vida e hicieron posible el desarrollo de esta memoria.

ÍNDICE DE CAPÍTULOS

AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE DE CAPÍTULOS	ii
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
OBJETIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
Trabajo previo: Muestreo de insectos y arácnidos	9
Identificación de depredadores de áfidos	9
Variables de paisajes	10
Análisis de Datos	10
RESULTADOS	12
Caracterización de la abundancia y diversidad de enemigos naturales de áfidos asociados a alfalfa de la Región Metropolitana en la temporada primavera-verano	12
Asociación de la composición y heterogeneidad del paisaje agrícola que rodea los alfalfa con la abundancia y diversidad de enemigos naturales de áfidos en dicho cultivo	15
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIONES	26
BIBLIOGRAFÍA	27
ANEXO N°1	34
ANEXO N°2	36
ANEXO N°3	36
ANEXO N°4	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de configuración (densidad de bordes, tamaño promedio de parche, número de parches e índice de forma) y de composición (porcentaje de cobertura urbana, natural y semi-natural y agrícola) de los paisajes que rodean cada alfalfal a 1 km de radio y abundancia de áfidos en cada alfalfal.	16
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista de Google Earth que muestra la ubicación de los 17 campos de alfalfa, al sur de Santiago, Chile	8
Figura 2. Abundancia de depredadores afidófagos capturados en los 17 alfalfaes mediante redes entomológicas, trampas Barber y en ambas técnicas en conjunto	14
Figura 3. Variables de abundancia y diversidad de depredadores afidófagos capturados por trampas Barber y Redes entomológicas, entre agosto 2018 y marzo 2019 de alfalfaes de la región Metropolitana	15
Figura 4. Relación entre variables de paisaje y áfidos con la abundancia y diversidad de artrópodos afidófagos capturados en trampas Barber	18
Figura 5. Relación entre variables de paisaje y áfidos con la abundancia y diversidad de artrópodos afidófagos capturados en redes entomológicas	19
Figura 6. Relación entre variables de paisaje y áfidos con la abundancia y diversidad de artrópodos afidófagos capturados en trampas Barber y redes entomológicas	19

RESUMEN

El cambio de uso de suelo y la simplificación de los paisajes ha generado un impacto negativo en la biodiversidad. Ello hace relevante la conservación de especies en las áreas agrícolas, la cual depende del manejo del cultivo y del paisaje que lo rodea. La evidencia teórica y empírica sugiere que cultivos rodeados por paisajes con más áreas naturales o semi-naturales y más heterogéneos albergan mayor biodiversidad. En cultivos es especialmente importante conservar enemigos naturales de plagas ya que prestan el servicio ecosistémico de control biológico. En Chile, los cultivos de alfalfa son atacados por diversas especies de áfidos, los cuales están asociados a una gran variedad de enemigos naturales tales como coccinélidos, carábidos, chinches nápidos y antocóridos, moscas sírfidas, crisopas y arañas de una variedad de familias. En este trabajo se analizó cómo la composición y configuración del paisaje circundante afecta la abundancia y diversidad de este gremio de enemigos naturales de áfidos en alfalfa. Para ello, en la temporada primavera-verano de 2018-2019, se realizaron cuatro muestreos en 17 alfalfales de la Región Metropolitana, mediante trampas Barber y redes entomológicas. Con la suma de los artrópodos capturados en los cuatro muestreos en cada alfalfal, se calculó la abundancia, riqueza y diversidad de la comunidad de artrópodos, para cada técnica de muestreo y en conjunto. Estas variables se relacionaron con la composición del paisaje (área de cobertura natural y semi-natural, agrícola y urbana), con la heterogeneidad configuracional del paisaje (densidad de borde, tamaño promedio de parche, número de parches e índice de forma promedio) y con la abundancia de áfidos en cada alfalfal. En total, se capturaron 13499 individuos de 47 especies o morfoespecies, de los cuales 7592 se capturaron en trampas Barber y 5907 en redes entomológicas. Los resultados muestran que la diversidad de artrópodos enemigos naturales de áfidos en alfalfales se relaciona positivamente con el área agrícola en el paisaje y con la abundancia de áfidos, mientras que su abundancia se relaciona positivamente con el área natural y semi-natural en el paisaje. Estos resultados confirman que el paisaje tiene efecto en la biodiversidad de enemigos naturales de áfidos presentes en alfalfa, y pueden ser usados para estrategias de manejos de cultivos y de esta forma aportar en la conservación de especies benéficas para el ser humano.

ABSTRACT

Land use change and simplification of landscapes has generated a negative impact on biodiversity. This makes relevant the conservation of species in agricultural areas, which depends on the management of the crop and the surrounding landscape. Theoretical and empirical evidence suggests that crops surrounded by landscapes with more natural or semi-natural and more heterogeneous areas harbor greater biodiversity. In croplands, it is especially important to conserve natural enemies of pests since they provide the ecosystem service of biological control. In Chile, alfalfa crops are attacked by various species of aphids, which are associated with a wide variety of natural enemies such as coccinellids, carabids, nabids and anthocorid bugs, syrphid flies, lacewings, and spiders from a variety of families. In this work it was analyzed how the composition and configuration of the surrounding landscape affects the abundance and diversity of this guild of natural enemies of aphids in alfalfa. To do this, in the spring-summer season of 2018-2019, four samplings were carried out in 17 alfalfa fields in the Metropolitan Region, using Barber traps and entomological nets. With the total of arthropods captured in the four samplings in each alfalfa field, the abundance, richness, and diversity of the arthropod community was calculated for each sampling technique and sum of both. These variables were related to the landscape composition (natural and semi-natural, agricultural, and urban coverage area), with the landscape configurational heterogeneity (edge density, mean patch size, number of patches and mean shape index) and with the abundance of aphids in each alfalfa crop. In total, 13,499 individuals of 47 species or morphospecies were captured, of which 7,592 were collected in Barber traps and 5,907 in entomological nets. The results show that diversity of arthropod natural enemies of aphids in alfalfa crops is positively related to the agricultural area in the landscape and with the abundance of aphids, while its abundance is positively related to the natural and semi-natural area in the landscape. These results confirm that the landscape influences the biodiversity of natural enemies of aphids present in alfalfa and can be used for crop management strategies and contribute to the conservation of beneficial species for the human being.

INTRODUCCIÓN

Se estima que la mitad de la superficie de la Tierra ha sido intervenida por la acción del ser humano, transformándola en paisajes agrícolas y áreas de pastoreo. Esto ha generado fenómenos tales como reducción del área y fragmentación de hábitats naturales, lo cual genera un impacto importante en la conservación de especies y en el ecosistema mismo (Gries *et al.*, 2018).

Sin embargo, los paisajes agrícolas, dependiendo de su composición y estructura, retienen cierta biodiversidad, la que puede colonizar distintos cultivos. En general, paisajes con más áreas naturales o seminaturales y más heterogéneos en composición y estructura albergan una mayor biodiversidad que paisajes más simples y homogéneos (Fahrig *et al.*, 2011).

En cultivos, es importante la conservación de los enemigos naturales de las plagas ya que prestan un servicio ecosistémico importante, el control biológico. Diversos estudios demuestran que paisajes heterogéneos con una alta proporción de hábitats seminaturales pueden mantener una importante diversidad de enemigos naturales de plagas y así aumentar la eficacia del control biológico (Chaplin-Kramer *et al.*, 2011). Esto se debe a que los paisajes menos perturbados proporcionan un hábitat más estable durante todo el año, y proveen recursos como hospederos o presas alternativas para los enemigos naturales cuando los recursos presentes en el cultivo disminuyen por la cosecha (Rusch *et al.*, 2010).

Los cultivos de alfalfa se distribuyen ampliamente en todo el mundo y albergan una gran diversidad de insectos, incluidos herbívoros y sus enemigos naturales. Su principal plaga son los áfidos (Hemiptera: Aphididae), conocidos comúnmente como pulgones. En Chile, la alfalfa es atacada por distintas especies de áfidos a lo que están asociados una gran variedad de depredadores, siendo los más abundantes los coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae), carábidos (Coleoptera: Carabidae), chinches (Hemiptera: Geocoridae y Nabidae), moscas sírfidas (Diptera: Syrphidae), crisopas (Neuroptera: Chrysopidae) y arañas de una variedad de familias (Araneae) (Ximénez-Embun *et al.* 2014). En nuestro país se han realizado estudios que describen que los coccinélidos en alfalfa varían su abundancia y diversidad en función de la composición y configuración del paisaje circundante (Grez *et al.*, 2014a).

Sin embargo, se desconoce el efecto del paisaje en otros depredadores de áfidos en alfalfa en Chile central.

Por lo anterior, esta memoria de título evaluará la relación entre la abundancia y diversidad del conjunto de depredadores de áfidos mencionados arriba, con la composición y heterogeneidad de los paisajes circundantes a los campos de alfalfa presentes en Pirque y Calera de Tango, Santiago de Chile.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Un paisaje se define como un área terrestre que contiene un mosaico de parches de hábitat, rodeando un parche de hábitat "focal" (Dunning *et al.*, 1992). Las alteraciones antropogénicas en los paisajes naturales han tenido un impacto trascendental sobre la superficie de la Tierra. Se estima que la mitad de esta ha sido transformada por la acción del ser humano, convirtiéndola principalmente en terrenos agrícolas y áreas de pastoreo, los que actualmente cubren la mayor parte del bioma terrestre del planeta (Gries *et al.*, 2018).

En particular, la transformación de hábitats nativos en paisajes agrícolas conlleva fenómenos tales como la reducción en el área y la fragmentación de los hábitats naturales de los cuales dependen las especies nativas, resultando en un efecto importante en la capacidad del lugar para albergar especies de plantas y animales silvestres y redes de interacción complejas, lo que podría producir un impacto significativo en el ecosistema (Fahrig *et al.*, 2011). Sin embargo, las áreas agrícolas son capaces de retener cierta biodiversidad, incluyendo especies nativas. Actualmente, estas áreas son reconocidas como cruciales para la protección de la biodiversidad a nivel global, pero ello depende de cuán intensivamente sean manejados los cultivos y de la composición y heterogeneidad del paisaje que los rodea (Burel *et al.*, 2013).

La composición del paisaje se refiere a los tipos de coberturas que existen en un área determinada, en tanto su heterogeneidad incluye el número, diversidad y equitatividad de coberturas (heterogeneidad composicional) y variables asociadas a su geometría (heterogeneidad configuracional) como la forma y tamaño de los parches o la densidad de bordes (Fahrig *et al.*, 2011). La composición y heterogeneidad del paisaje influyen en numerosas respuestas ecológicas, incluyendo el movimiento de los animales en el paisaje, las interacciones entre especies y el funcionamiento ecosistémico. El movimiento a través de los hábitats es un fenómeno común en muchas especies y la propagación de organismos desde hábitats naturales a agroecosistemas ha sido ampliamente estudiada en paisajes intervenidos (Tschardtke *et al.*, 2012). Paisajes con un área mayor de coberturas naturales o seminaturales y más heterogéneos albergan una mayor variedad de especies que paisajes simples, y ello se puede traducir en una mayor biodiversidad en los cultivos agrícolas (Fahrig *et al.*, 2011). Mantener biodiversidad en los agroecosistemas es relevante pues numerosos países, entre

ellos Chile, firmaron el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 del Convenio sobre la Diversidad Biológica, cuya Meta Aichi 7 establece que "*Para el año 2020 las áreas de agricultura, acuicultura y silvicultura se gestionarán de forma sostenible, lo que garantizaría la conservación de la biodiversidad*" (CDB, 2010).

En paisajes agrícolas es particularmente relevante conservar enemigos naturales de plagas que prestan un importante servicio ecosistémico, el control biológico, disminuyendo el crecimiento de las poblaciones de herbívoros que afectan negativamente el rendimiento de los cultivos. Además, la conservación de enemigos naturales de plagas permite reducir el uso de plaguicidas, y con ello ayuda a disminuir el riesgo a la salud humana y el medio ambiente (Landis, 2017).

La composición y la heterogeneidad del paisaje pueden afectar la diversidad y abundancia de enemigos naturales en un cultivo (Grez *et al.*, 2014b) o en sitios verdes como parques y plazas (Grez *et al.*, 2019). Chaplin-Kramer *et al.* (2011), en un meta-análisis sobre el efecto del paisaje en enemigos naturales de plagas, encontraron una respuesta positiva a la complejidad del paisaje, especialmente cuando estos paisajes contenían una alta proporción de hábitat natural, seminatural o no-cultivado y a una alta heterogeneidad composicional y configuracional. Esto se debe a que los hábitats menos perturbados proporcionan un entorno más estable que los cultivos anuales, protegiendo a los enemigos naturales contra las variaciones extremas de temperatura durante todo el año. Además, los hábitats no agrícolas mantienen hospederos y presas alternativas para los depredadores de plagas de cultivos, recursos muy importantes especialmente en los períodos en que el cultivo es cosechado y/o cuando la disponibilidad de presas en él disminuye. De hecho, la abrupta disminución en la calidad del hábitat en los cultivos debido a la cosecha lleva a la emigración activa de los depredadores desde las áreas cultivadas hacia hábitats seminaturales más estables (Rusch *et al.*, 2010), desde donde vuelven a colonizar prontamente si estos hábitats seminaturales están cerca del cultivo.

Dentro del grupo funcional de enemigos naturales de plagas destacan los depredadores, animales que consumen y matan a su presa de manera inmediata, en contraposición a otros grupos de enemigos naturales como los parasitoides (Smith y Smith, 2007). En general, existe una relación positiva entre la diversidad de depredadores y el control natural ya que una

comunidad más diversa de enemigos naturales tiene una mayor probabilidad de incluir especies particularmente eficientes en controlar plagas (i.e., Efecto masa) o de incluir especies que sean complementarias en esta función (Northfield *et al.*, 2010).

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una planta herbácea de la familia de las leguminosas, cuyos cultivos se distribuyen ampliamente en todo el mundo y albergan una gran diversidad de insectos, incluidos herbívoros y sus enemigos naturales. Una de las mayores plagas que sufre dicha herbácea son los áfidos, más conocidos como pulgones (Hemiptera: Aphididae), principalmente *Aphis craccivora* (Koch), *Therioaphis trifolii* (Monell) y *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Grez *et al.*, 2008; Ximenez-Embun *et al.*, 2014). En cultivos de alfalfa en Chile se han descrito una variedad de depredadores afidófagos del orden Hemiptera: Nabidae (Medina, *et al.*, 2020), Geocoridae, Anthocoridae y Reduviidae (Ximénez-Embun *et al.*, 2014); del orden Neuroptera: Chrysopidae (Senior y McEwen, 2001; Pappas *et al.*, 2011); del orden Coleoptera: Carabidae y Coccinellidae (Losey y Denno, 1998, Ipertí, 1999; Dixon, 2000, Grez *et al.*, 2007); del orden Diptera: Syrphidae (Almohamad *et al.*, 2009) y del orden Araneae: Tomisidae, Salticidae, Lycosidae, Anyphaenidae y Linyphiidae (Amjad *et al.* 2017). Destacan como principales depredadores los coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) y carábidos (Coleoptera: Carabidae), siendo estos últimos menos eficientes por ser depredadores muy generalistas (Toft, 2005).

Estudios realizados en diversas latitudes del hemisferio Norte demuestran que existe una fuerte relación positiva entre la proporción de hábitat seminatural circundante a las áreas de estudio y la abundancia y diversidad de enemigos naturales presentes en los distintos agroecosistemas, incluyendo coccinélidos (Woltz *et al.*, 2012) o el conjunto de depredadores (Veres *et al.*, 2011; Alignier *et al.*, 2014; Koh y Holland, 2015; Garratt *et al.*, 2017).

Actualmente, en nuestro país se conoce el rol de la composición y heterogeneidad del paisaje sobre coccinélidos en alfalfaes y en parques o plazas en un gradiente urbano-rural (Grez *et al.*, 2014a; Grez *et al.*, 2019). En alfalfaes, éstos (especialmente las especies nativas) son más abundantes y diversos cuando los paisajes que los rodean tienen una mayor heterogeneidad composicional (mayor diversidad de usos de suelo) y configuracional (i.e., parches más irregulares y pequeños, con una mayor densidad de bordes). Además, son menos abundantes en alfalfaes cuando hay una mayor proporción de cultivos anuales o frutales en

el paisaje. Así, para mantener una mayor abundancia y diversidad de coccinélidos en la alfalfa, se propone promover paisajes más heterogéneos con menos cultivos anuales (Grez *et al.*, 2014a). Sin embargo, se desconoce el efecto del paisaje sobre el conjunto de depredadores de áfidos en alfalfa en Chile central.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la composición y heterogeneidad del paisaje agrícola sobre la diversidad y abundancia de depredadores afidófagos en alfalfa de la Región Metropolitana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Caracterizar la abundancia y diversidad de enemigos naturales de áfidos asociados a alfalfa de la Región Metropolitana en la temporada primavera-verano.
- 2.- Evaluar la asociación de la composición y heterogeneidad del paisaje agrícola que rodea los alfalfa con la abundancia y diversidad de enemigos naturales de áfidos en dicho cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó a partir de muestras de artrópodos colectados previamente por el equipo del Proyecto Fondecyt 1180533. Estas muestras fueron tomadas en 17 alfalfales, de entre 1 y 5 ha ubicados en Pirque (33°38'S; 70°33'W) y Calera de Tango (33°37'S; 70°46'W), en primavera y verano 2018-2019 (Fig. 1). Con estas muestras, la presente Memoria incluyó la separación e identificación de los insectos y arácnidos, adultos y juveniles, la estimación de su abundancia y diversidad y el análisis de la relación de estas variables con la composición y heterogeneidad del paisaje.

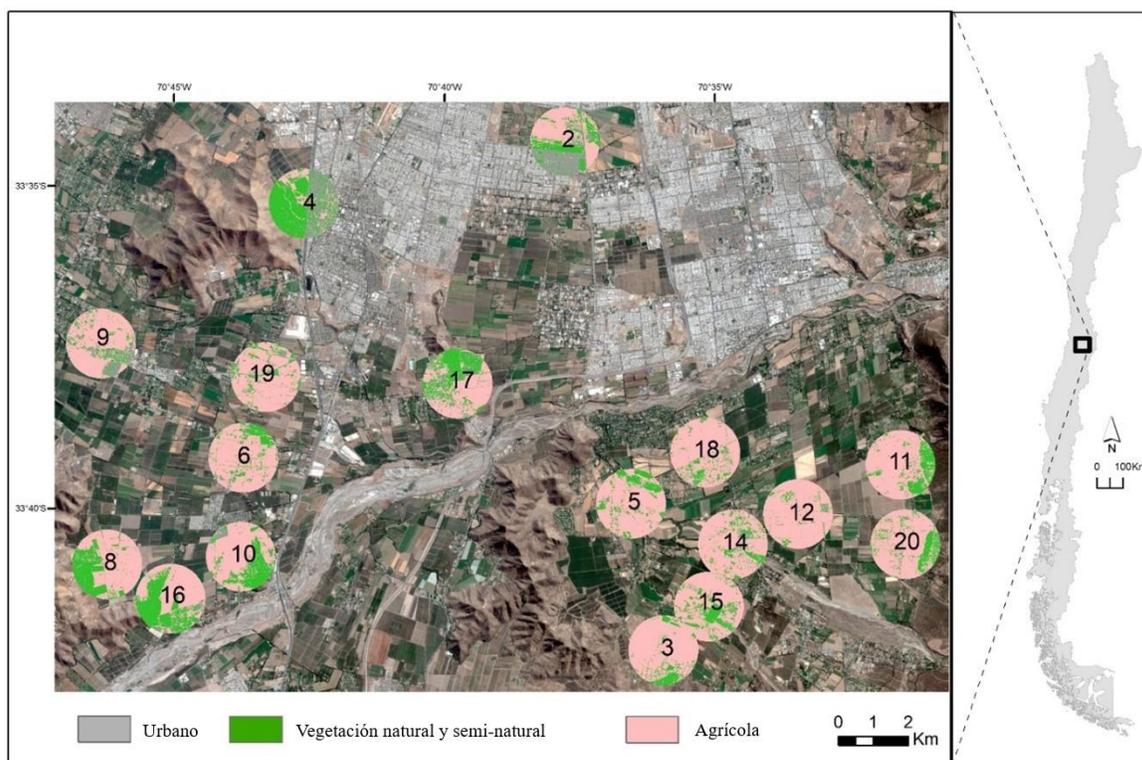


Figura 1. Vista de Google Earth que muestra la ubicación de los 17 campos de alfalfa, al sur de Santiago, Chile. Los círculos representan una zona de 1 km de radio alrededor de cada alfalfal donde el paisaje se caracterizó en términos de su composición (natural y seminatural, agrícola y urbano) y configuración (número de parches, densidad de bordes, índice de forma promedio, tamaño promedio de parche). Se muestran en gris las coberturas urbanas, en verde las naturales y semi-naturales y el rosado las coberturas agrícolas. Fuente Grez et al. (2021).

Trabajo previo: Muestreo de insectos y arácnidos

Las muestras de insectos y arácnidos afidófagos con las cuales se trabajó en esta Memoria fueron tomadas de forma bimensual por el proyecto FONDECYT 118053 entre agosto 2018 y marzo 2019, con un total de 4 muestreos por alfalfal correspondientes a agosto, octubre, diciembre y febrero. Para la colecta de estos depredadores se usaron redes entomológicas y trampas de intercepción o Barber, para capturar aquellos que usan el follaje y el suelo, respectivamente. La red entomológica, de 30 cm de diámetro, se pasó en cuatro áreas del cultivo, en un número de 50 redadas en cada área, completando 200 redadas por alfalfal. Las trampas Barber 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%) y se instalaron en un número de 5 por alfalfal, separadas entre sí por lo menos por 5 m y a 20 m del borde del cultivo. Ellas se retiraron luego de 10 días de operación. Para estimar la abundancia de áfidos en los alfalfaes, en cada muestreo se recolectaron tres ramillas de alfalfa de 10 cm en 5 puntos distintos (total 15 ramillas). El contenido de las redes, trampas Barber y ramillas fue llevado al Laboratorio de Ecología de Ambientes Fragmentados de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile (LEAF) para su conservación en alcohol 70°.

Identificación de depredadores de áfidos

Se identificaron individuos a nivel de especie o morfoespecie a través de un estereomicroscopio marca Zeiss. La identificación de insectos y arañas se hizo en base a la revisión bibliográfica realizada por Ximenez-Embun *et al.* (2014) y a las colecciones del LEAF, de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, del Museo Nacional de Historia Natural y de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación, además de recurrir a la ayuda de expertos¹ y claves taxonómicas para el caso de las arañas

¹ Rodrigo Barahona-Segovia. Laboratorio de Ecología de Ambientes Fragmentados, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

Andrés Taucare Ríos. Centro de Investigación en Medio Ambiente (CENIMA), Universidad Arturo Prat. Rubén Montenegro Vargas. Área Entomología, MNHN de Santiago.

Eduardo Faúndez. Laboratorio de Entomología, Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes.

Roberto Trincado. UMBRAL – MIP (Manejo Integrado de Plagas).

(Aguilera y Casanueva, 2005), carábidos (Solervicens, 2014) y moscas sírfidas (Barahona-Segovia *et al.*, no publicado). Los artrópodos colectados fueron depositados en una colección de referencia en el LEAF. Los coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) y áfidos, fueron contados a partir de los datos de Oberti (2020), pero todo el resto del material fue separado e identificado en la presente Memoria.

Variables de paisajes

Los datos de composición y heterogeneidad configuracional de los paisajes que rodean los alfalfaes fueron proporcionados por el proyecto FONDECYT 1180533 en el cual se desarrolla esta Memoria. Ellos se obtuvieron de la siguiente forma: Los paisajes que rodeaban los 17 alfalfaes, fueron caracterizados a un radio de 1 km (Fig. 1). El área cubierta por usos de suelo Agrícola, Urbano y Natural y semi-natural, los que dominan en esta región, se estimó utilizando clasificación supervisada de imágenes satelitales del Satélite Sentinel-2 de la agencia espacial europea del 25 de marzo, 2019. Con esta información, se calcularon un conjunto de métricas de paisaje utilizando el módulo Patch Analyst en Arcgis (Rempel *et al.*, 2012). Para la composición se calculó el área de cada uso de suelo, y para la heterogeneidad configuracional se midió la densidad de borde, tamaño y forma de los parches. A mayor densidad de borde, parches más pequeños y de formas más irregulares mayor es la heterogeneidad configuracional del paisaje (Fahrig *et al.*, 2011). La heterogeneidad composicional del paisaje no fue medida por cuanto sólo se clasificaron tres usos de suelo.

Análisis de Datos

El total de depredadores afidófagos colectados en la temporada (i.e., en los 4 muestreos) en cada alfalfal, fue sumado para estimar la abundancia y diversidad total en redes y en trampas Barber, separadamente y en conjunto. A partir de estas muestras, se calculó en Past (versión 3.26) (Hammer *et al.*, 2001) la abundancia, riqueza, diversidad (índice de Shannon y Simpson y equitatividad de Pielou) del gremio de depredadores. Los promedios de estas variables en Barber y Redes se compararon mediante la prueba de Wilcoxon (Mann-Whitney U).

La asociación entre la abundancia, riqueza y diversidad de depredadores afidófagos (variables respuestas) con la composición (natural, agrícola y urbano) y heterogeneidad configuracional de los paisajes y la abundancia de áfidos (variables predictoras) se analizó a través de regresiones de mínimos cuadrados parciales (PLS). Esto se hizo para los artrópodos capturados en Barber, redes entomológicas y el total, usando el programa Infostat 2016 (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS

Caracterización de la abundancia y diversidad de enemigos naturales de áfidos asociados a alfalfales de la Región Metropolitana en la temporada primavera-verano (Objetivo 1).

En total, en los 17 alfalfales y a lo largo de toda la temporada primavera-verano 2018-2019, se colectaron 13499 individuos de 47 especies o morfoespecies, pertenecientes a las familias de insectos Coccinellidae y Carabidae (orden Coleoptera), Nabidae y Geocoridae (orden Hemiptera), Syrphidae (orden Diptera), Chrysopidae (orden Neuroptera) y a las familias de arañas Anyphaenidae, Lycosidae, Linyphiidae, Salticidae y Thomisidae (orden Araneae) (Fig. 2, Anexo 1). En trampas Barber, se colectaron 7592 individuos de 29 especies repartidas en 6 familias, siendo las más abundantes Coccinellidae (44,1% de las colectas) y Lycosidae (25,3%). Las especies más abundantes fueron *Hippodamia variegata* (Goeze) seguida por *Lycosa* sp. (Fig. 2, Anexo 1). En redes entomológicas se colectaron 5907 individuos de 31 especies repartidas en 9 familias, siendo la más abundante Coccinellidae (82,8%), seguida por Nabidae (6,2%). Las especies más abundante fueron *H. variegata* seguida de *Eriopis chilensis* Hofmann. Las familias Carabidae y Salticidae solo se encontraron en trampas Barber, en tanto Thomisidae, Nabidae, Geocoridae, Chrysopidae y Syrphidae solo se encontraron en redes (Fig. 2, Anexo 1). Sumando los artrópodos capturados en ambas técnicas de muestreo, el 60% de los individuos fueron Coccinellidae, dentro de los cuales la especie más abundante fue *H. variegata*, seguida por *E. chilensis*. La tercera especie más abundante fue *Lycosa* sp., del orden Araneae (Fig. 2, Anexo 1).

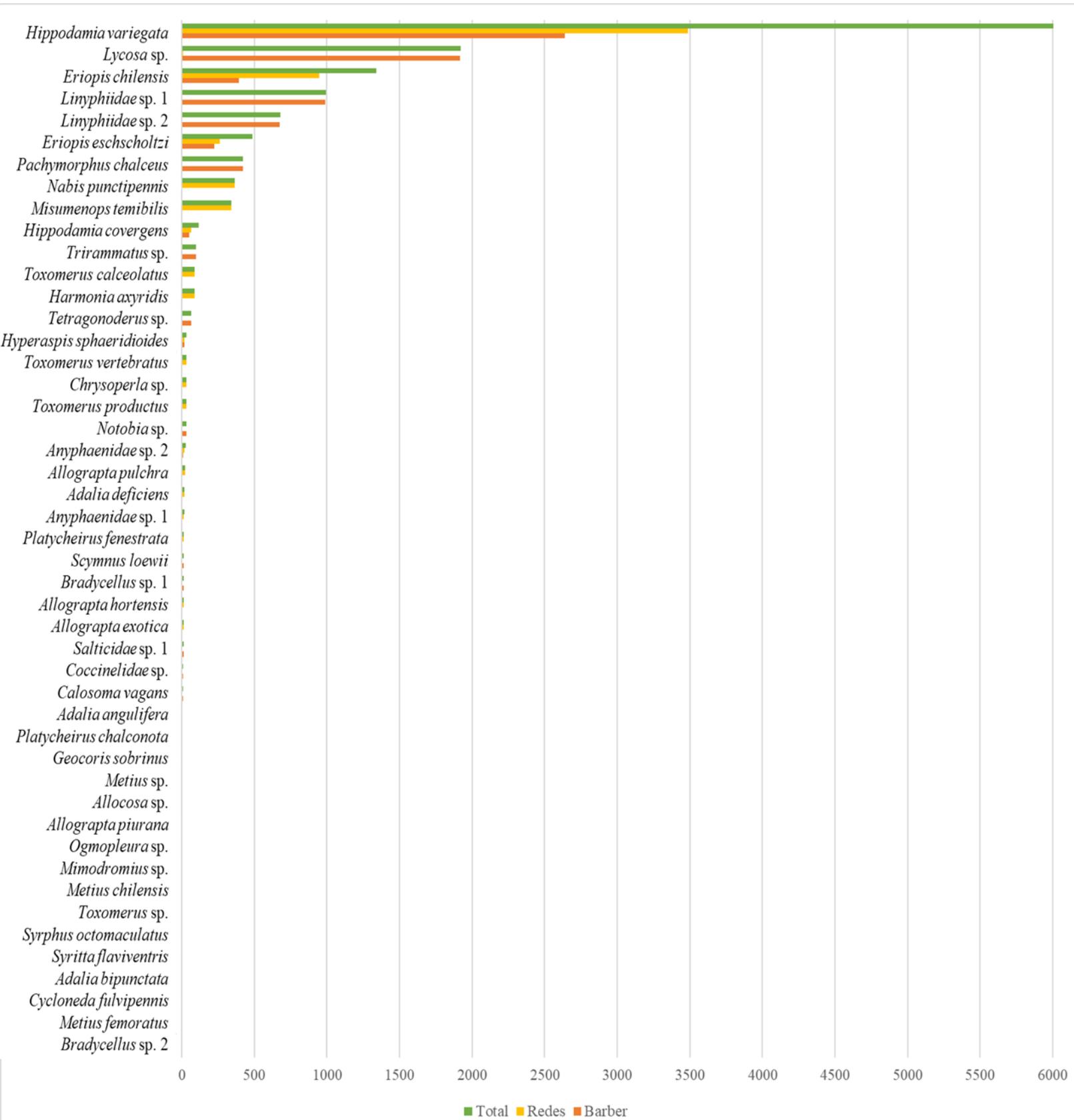


Figura 2. Abundancia de depredadores afidófagos capturados en los 17 alfalfaes mediante redes entomológicas (amarillo), trampas Barber (naranjas) y en ambas técnicas en conjunto (verde). Los distintos enemigos naturales se ordenan según su abundancia total (trampas + redes), desde el más abundante al menos abundante.

La abundancia total y diversidad de enemigos naturales de áfidos varió entre alfalfaes, aunque no consistentemente. En trampas Barber, la abundancia fluctuó entre 133 individuos en el alfalfal 18 y 1491 en el alfalfal 16; la diversidad de Simpson fluctuó entre 0,47 en el alfalfal 16 y 0,78 en el alfalfal 10; la diversidad de Shannon entre 1,10 en el alfalfal 16 y 1,79 en el alfalfal 8 y en el 10; la equitabilidad de Pielou entre 0,46 en el alfalfal 16 y 0,78 en el alfalfal 10; y el índice de Chao osciló entre 8 especies en el alfalfal 12 y 19 especies en el alfalfal 5 (Anexo 2). En redes entomológicas, la abundancia fluctuó entre 136 individuos en el alfalfal 2 y 675 en el alfalfal 17. El alfalfal 15 presentó los valores más bajos en los tres índices de diversidad y el alfalfal 18 presentó los niveles más altos; el índice de Chao osciló entre 12 especies en el alfalfal 10 y 23 especies en el alfalfal 11 (Anexo 3). Al sumar los enemigos naturales capturados en trampas Barber y redes entomológicas, la abundancia osciló entre 373 individuos en el alfalfal 18 y 1852 individuos en el alfalfal 16. Los valores más bajos en los índices de diversidad se presentaron en el alfalfal 16 y los más altos variaron entre alfalfaes; el índice de Chao osciló entre 17 especies en el alfalfal 12 y 47 especies en el alfalfal 17 (Anexo 4).

En la Fig. 3 se comparan los resultados de depredadores afidófagos colectados en trampas Barber y redes entomológicas. La abundancia promedio y diversidad de Shannon no variaron significativamente entre técnicas de muestreo (Fig. 3a, 3c), sin embargo, el índice de diversidad de Simpson y la equitabilidad de Pielou fue mayor en trampas Barber (Fig. 3b, 3d). Por el contrario, la riqueza de especies (Chao-1) fue significativamente mayor en redes entomológicas (Fig. 3e).

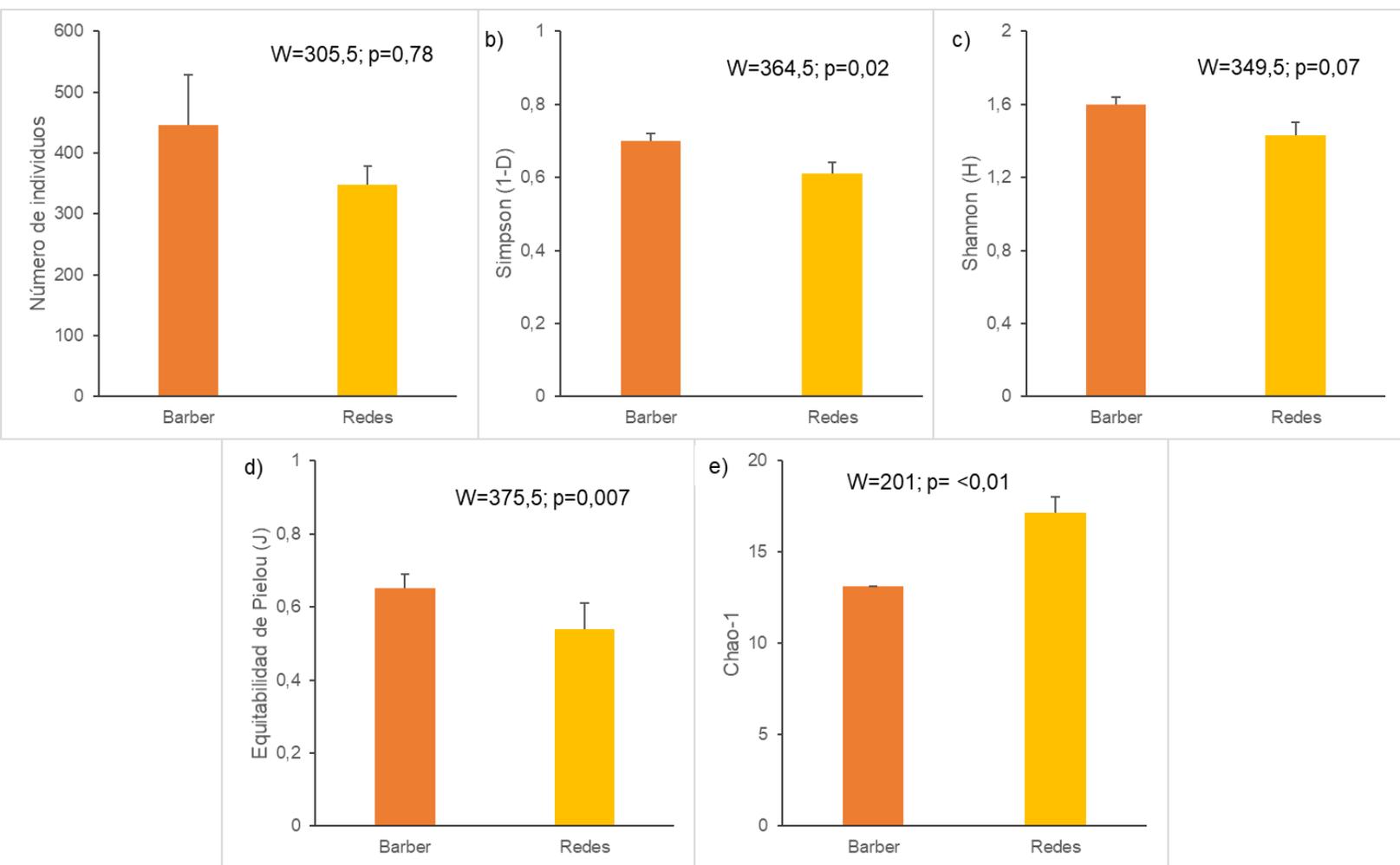


Figura 3. Variables de abundancia y diversidad (promedio \pm ee) de depredadores afidófagos capturados por trampas Barber y Redes entomológicas, entre agosto 2018 y marzo 2019 de alfalfales de la región Metropolitana. a) Abundancia, b) Diversidad de Simpson, c) Diversidad de Shannon, d) Equitabilidad de Pielou y e) Riqueza (Chao-1). Los promedios fueron comparados con la prueba de Wilcoxon (Mann-Whitney U). Un $p < 0,05$ indica diferencias significativas.

Asociación de la composición y heterogeneidad del paisaje agrícola que rodea los alfalfales con la abundancia y diversidad de enemigos naturales de áfidos en dicho cultivo (Objetivo 2).

En la Tabla 1 se muestran las variables configuración y composición de paisaje y la abundancia de áfidos por alfalfal. Las variables de configuración del paisaje variaron entre alfalfales. El alfalfal 4 presentó los valores más altos en densidad de bordes y número de

parches, y el valor más bajo en el tamaño promedio de parche; el alfalfal 12 presentó el valor más alto en tamaño promedio del parche, y los valores más bajos en densidad de borde y número de parches; por su parte, el índice de forma promedio presentó poca variación entre alfalfaes, con un rango de valores entre 1,23 en el alfalfal 8 y 1,32 en el 9. En cuanto a la composición, la proporción de cada tipo de uso de suelo varió entre los paisajes que rodeaban los alfalfaes. En ellos, el área urbana fluctuó entre el 1%, en varios alfalfaes, y el 27% en el alfalfal 2, el área natural y semi-natural entre el 6% en el alfalfal 12 y 74% en el alfalfal 16 y el área agrícola entre 23% en el alfalfal 16 y 93% en el alfalfal 12. También la abundancia de áfidos varió considerablemente entre alfalfaes, con el alfalfal 9 presentando el valor más bajo, con 50 individuos colectados en total en la temporada, y el alfalfal 5 la mayor abundancia, con 4535 individuos.

Tabla 1. Variables de configuración (densidad de bordes, tamaño promedio de parche, número de parches e índice de forma) y de composición (porcentaje de cobertura urbana, natural y semi-natural y agrícola) de los paisajes que rodean cada alfalfal a 1 km de radio (datos provistos por proyecto FONDECYT 1180533) y abundancia de áfidos en cada alfalfal. En negritas se destacan los valores máximos y mínimos de cada índice.

Alfalfal	Densidad de borde	Tamaño promedio de parche	Número de parches	Índice de forma promedio	Urbana (%)	Natural y semi-natural (%)	Agrícola (%)	Áfidos
2	739,69	0,18	1713	1,28	27	17	55	177
3	347,03	0,47	664	1,30	1	13	86	241
4	1004,69	0,12	2537	1,31	24	50	26	262
5	442,38	0,36	882	1,28	2	13	85	3579
6	540,81	0,26	1219	1,28	3	11	86	4535
8	386,75	0,34	911	1,23	1	24	75	699
9	619,19	0,23	1391	1,32	12	11	77	50
10	491,06	0,27	1143	1,25	4	28	69	814
11	458,00	0,32	979	1,27	1	17	82	249
12	271,65	0,50	629	1,25	1	6	93	1111
14	568,20	0,26	1218	1,27	3	15	82	1161
15	573,63	0,28	1128	1,28	2	21	77	217
16	501,47	0,30	1031	1,28	3	74	23	151
17	872,20	0,14	2232	1,28	8	62	31	409
18	506,54	0,25	1234	1,25	3	11	86	144
19	533,45	0,26	1204	1,28	5	12	83	184
20	628,77	0,21	1519	1,26	1	15	83	631

Al analizar la relación entre las variables de artrópodos capturados en trampas Barber con las de composición y heterogeneidad de paisajes y áfidos, los dos primeros factores del PLS explican 64,3% de la varianza (Fig. 4). El factor 1 se ordena en relación a la composición del paisaje, con el agrícola en un lado y el natural y semi-natural en el opuesto, en tanto el factor 2 se ordena más bien en función de las variables de heterogeneidad configuracional y áfidos. La diversidad de artrópodos enemigos naturales de áfidos en alfalfaes (especialmente Simpson_1-D; Shannon_H y Equitabilidad_J) se relaciona positivamente con área agrícola en el paisaje, mientras que su abundancia se relaciona positivamente con el área natural y semi-natural en el paisaje. La cantidad de paisaje urbano presente no se correlaciona con las variables dependientes.

En el PLS para las muestras capturadas a través de redes entomológicas, los dos primeros factores explican el 63,6% de la varianza (Fig. 5). Las variables se ordenan de forma similar al PLS de trampas Barber, con la abundancia de artrópodos enemigos naturales de áfidos relacionándose positivamente con el área natural y semi-natural en el paisaje y las variables de diversidad asociándose positivamente con el área agrícola en el paisaje y con la abundancia de áfidos en el alfalfal.

Al analizar la relación entre la abundancia y diversidad de artrópodos totales (i.e., capturados en Barber y en redes entomológicas) con las de composición y heterogeneidad de paisajes y áfidos (Fig. 6), los resultados son similares a los ya descritos en las Fig. 4 y 5. En este caso, los dos primeros factores explican un porcentaje considerablemente más alto que los anteriores, 84,1% de la varianza.

En ambas técnicas de muestreo por separado y en conjunto las variables predictoras de configuración del paisaje no muestran una asociación clara con las variables dependientes de diversidad y abundancia de artrópodos enemigos naturales de áfidos.

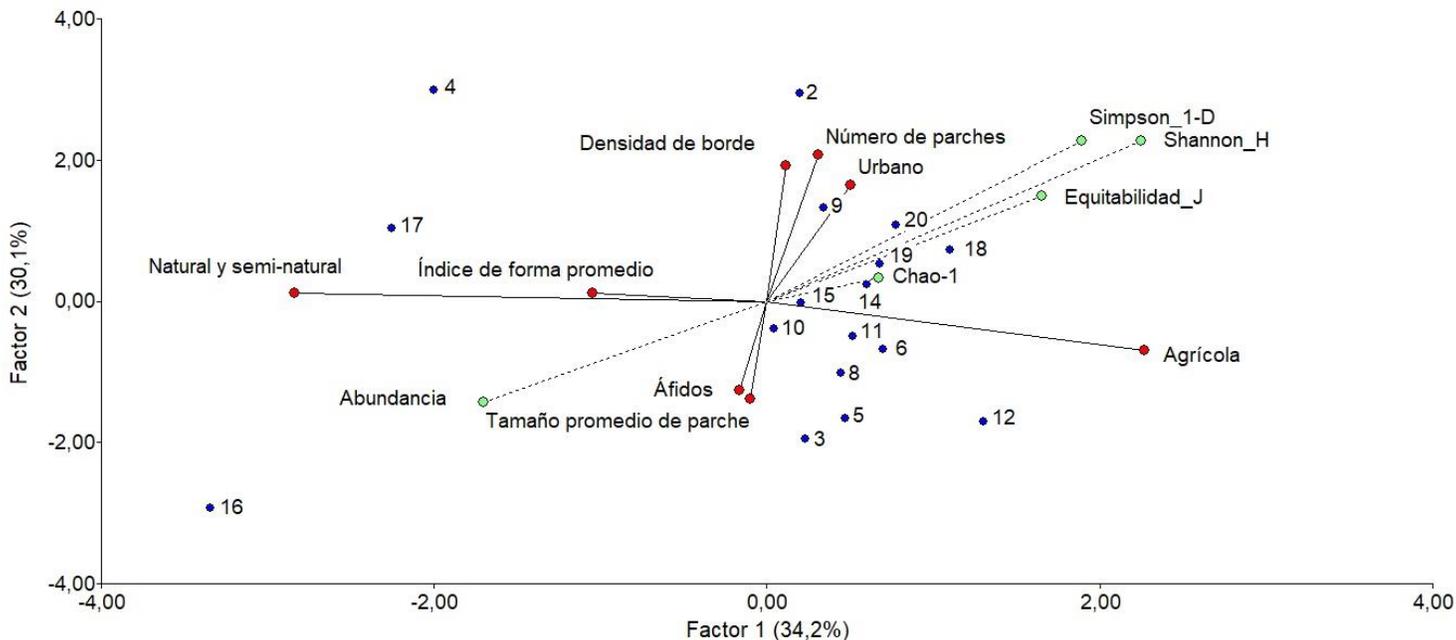


Figura 4. Relación entre variables de paisaje y áfidos con la abundancia y diversidad de artrópodos afidófagos capturados en **trampas Barber**. Se muestra el resultado de la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre las variables predictoras (puntos rojos) de composición (Natural y semi-natural, Agrícola y Urbano) y configuración (Densidad de bordes, Tamaño promedio de parche e Índice de forma promedio) de los paisajes que circundan los alfalfaes y la densidad de áfidos con variables respuesta (puntos verdes) de abundancia (individuos) y diversidad (Simpson 1-D, Shannon H, Equitabilidad J y Chao-1) de artrópodos. Los números representan cada alfalfal.

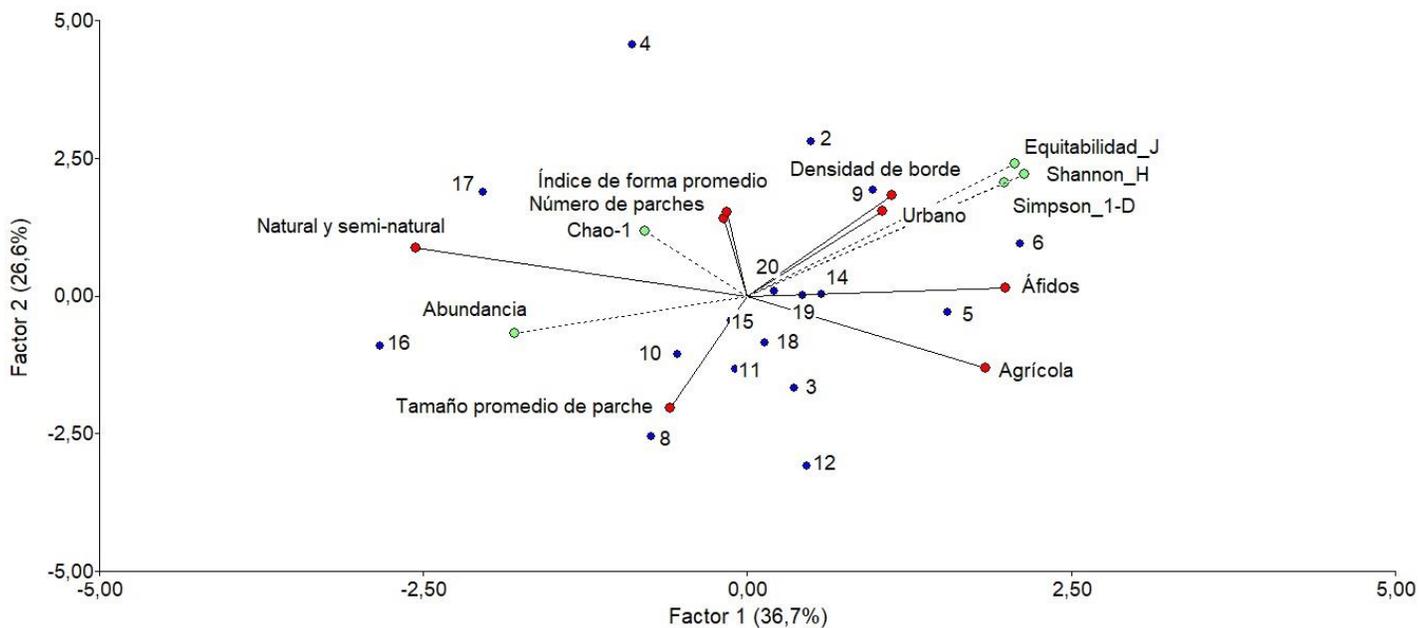


Figura 5. Relación entre variables de paisaje y áfidos con la abundancia y diversidad de artrópodos afidófagos capturados en **redes entomológicas**. Se muestra el resultado de la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre las variables predictoras (puntos rojos) de composición (Natural, Agrícola y Urbano) y configuración (Densidad de bordes, Tamaño promedio de parche e Índice de forma promedio) de los paisajes que circundan los alfalfaes y la densidad de áfidos con variables respuesta (puntos verdes) de abundancia (individuos) y diversidad (Simpson 1-D, Shannon H, Equitabilidad J y Chao-1) de artrópodos. Los números representan cada alfalfal.

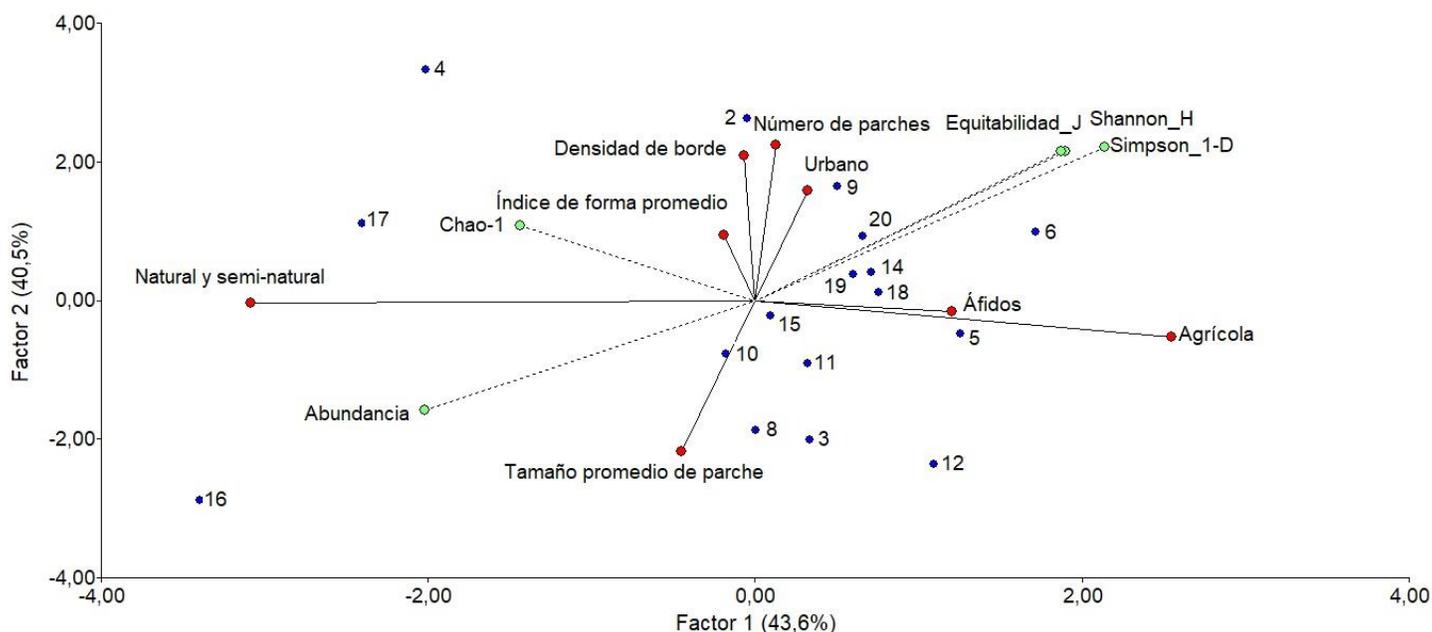


Figura 6. Relación entre variables de paisaje y áfidos con la abundancia y diversidad de artrópodos afidófagos capturados en **trampas Barber y redes entomológicas**. Se muestra el resultado de la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS) entre las variables predictoras (puntos rojos) de composición (Natural, Agrícola y Urbano) y configuración (Densidad de bordes, Tamaño promedio de parche e Índice de forma promedio) de los paisajes que circundan los alfalfaes y la densidad de áfidos con variables respuesta (puntos verdes) de abundancia (individuos) y diversidad (Simpson 1-D, Shannon H, Equitabilidad J y Chao-1) de artrópodos. Los números representan cada alfalfal.

DISCUSIÓN

En alfalfaes de Chile central, se conoce que un subconjunto de los enemigos naturales de áfidos, los coccinélidos, son afectados por la composición y heterogeneidad del paisaje circundante, siendo más abundantes y diversos en alfalfaes rodeados por paisajes más heterogéneos en su configuración, con parches más irregulares y pequeños, y una mayor densidad de bordes (Grez *et al.*, 2014a). Otros enemigos naturales de áfidos han sido mucho menos estudiados. Se ha descrito que la riqueza de especies de carábidos en alfalfaes disminuye con la distancia al borde del cultivo y que su abundancia depende del tipo de borde, siendo más abundantes en alfalfaes adyacentes a cultivos bajos y menores en los adyacentes a Eucaliptus (Ramírez, 2010). Además, los carábidos son más abundantes y diversos en alfalfaes fragmentados experimentalmente (Grez *et al.*, 2008). Sin embargo, hasta esta Memoria de Título se desconocía cómo el conjunto de artrópodos afidófagos en alfalfaes responden al paisaje. En este trabajo, se analizó la composición, abundancia y diversidad de todos los enemigos naturales afidófagos, colectados mediante dos métodos de captura, contribuyendo así a entender de manera más global el efecto del paisaje sobre este gremio.

Los artrópodos afidófagos encontrados en los alfalfaes estuvieron constituidos por insectos de las familias Coccinellidae, Carabidae, Nabidae, Geocoridae, Syrphidae y Chrysopidae, y arañas de las familias de Anyphaenidae, Lycosidae, Linyphiidae, Salticidae y Thomisidae. Esto coincide con lo observado en alfalfaes en la misma zona por Ximénez-Embun *et al.* (2014), en que también se encontraron las familias Coccinellidae, Nabidae, Geocoridae, Syrphidae, Anyphanidae y Linyphiidae. En cambio, las familias Carabidae, Chrysopidae, Lycosidae, Salticidae y Thomisidae solo fueron colectadas en el presente estudio. En ambos estudios la familia más abundante fue Coccinellidae, representando un 41% del total en el estudio de Ximénez-Embun *et al.* (2014), y un 60% del total de las muestras en el presente estudio. Dentro de las especies de coccinélidos, en ambos estudios destaca *H. variegata* como la más abundante, con un 19% del total en el primer estudio y un 45% del total en el presente estudio, seguida por *E. chilensis* con un 15% del total de las muestras en el primer estudio y 10% en el presente. *Hippodamia variegata* es una especie originaria de Europa que fue introducida desde Sudáfrica en la década de los 70, para el control de áfidos de los cereales

(Rojas, 2005). Hoy en día esta especie es muy abundante en distintos cultivos, especialmente en alfalfa, donde puede alcanzar a ser el 80% de los coccinélidos, homogeneizando taxonómica y funcionalmente el gremio de coccinélidos (Grez *et al.*, 2012, Grez *et al.*, 2021). Las diferencias con Ximénez-Embun *et al.* (2014), en relación a los otros artrópodos capturados, pueden explicarse por la variación en las técnicas de colecta empleadas en ambos estudios. En Ximénez-Embun *et al.* (2014), los muestreos consistieron en colocar tarjetas con pulgones centinela y haciendo observaciones cada 3 h durante 24 h, lo que se complementó con muestreo con redes entomológicas, en cambio, en el presente estudio además de las redes entomológicas se utilizaron trampas Barber, que capturan insectos que usualmente forrajean en el suelo.

De los depredadores capturados, la familia Coccinellidae es ampliamente conocida y estudiada por tener especies preferentemente afidófagas (Iperti, 1999; Dixon, 2000) al igual que las especies del género *Chrysoperla* de la familia Chrysopidae (Senior y McEwen, 2001; Pappas *et al.*, 2011). En la familia Nabidae se encuentra la especie *Nabis punctipennis*, la cual está ampliamente distribuida en alfalfa de la región Metropolitana y, a pesar de ser considerada depredadora generalista, los áfidos forman parte importante de su dieta (Medina, *et al.*, 2020). Especies de la familia Carabidae también incluyen a los áfidos como parte de su dieta, pese a que son insectos caminadores y normalmente no están en el follaje, que es donde principalmente se encuentran los áfidos, aunque existen evidencias de que ellos, en presencia de depredadores, se dejan caer al suelo como un mecanismo de escape, lo que le da la oportunidad a carábidos de depredarlos (Losey y Denno, 1998, Grez *et al.*, 2007). La familia Syrphidae presenta especies que son principalmente polinizadoras en su estado adulto, sin embargo, son depredadores afidófagos en su estado larval. En este estudio solo se colectaron adultos, pero la información de su abundancia en los alfalfa es relevante ya que las hembras eligen sitios de oviposición cercanos a colonias de áfidos donde sus larvas aseguran su alimentación (Almohamad *et al.*, 2009). La especie *Geocoris sobrinus*, de la familia Geocoridae, con una menor abundancia en los alfalfa de la región Metropolitana, también depreda a los áfidos presentes en el cultivo (Ximénez-Embun *et al.*, 2014). Las familias capturadas del orden Araneae han sido menos estudiadas, sin embargo, poseen el potencial de aportar en el control de plagas, como lo demuestra un estudio realizado por Amjad *et al.* (2017), el cual evidenció que ciertas especies de arañas prefieren a los áfidos

como presa cuando estas están en su punto máximo de abundancia en el cultivo. En alfalfaes de la región Metropolitana se ha evidenciado la depredación de áfidos por parte de algunas especies de arañas de las familias Anyphaenidae y Lyniphiidae (Ximénez-Embun *et al.*, 2014) y de la familia Thomisidae (G. Molina, datos no publicados). Las especies de las familias Lycosidae y Salticidae no han sido estudiadas en los alfalfaes de nuestro país, no obstante, estudios en el hemisferio Norte relacionan estas familias con la depredación de áfidos en los cultivos (Garrat *et al.*, 2017; Dib *et al.*, 2020). El desconocimiento de la dieta de estos artrópodos en alfalfaes y otros cultivos de Chile revela la necesidad de realizar estudios más detallados, usando por ejemplo técnicas moleculares, y así entender de mejor forma su rol en el control biológico de áfidos en agroecosistemas.

Los patrones de composición y diversidad de artrópodos afidófagos difieren según el método de captura utilizado. Si bien la abundancia y diversidad de Shannon no variaron significativamente al comparar ambos métodos, la diversidad de Simpson y la equitabilidad de Pielou fueron mayores en trampas Barber, y la riqueza de especies (Chao-1) fue mayor en redes entomológicas. Estas diferencias posiblemente reflejan el uso diferencial del microhábitat por parte de los distintos enemigos naturales. Las trampas Barber capturaron artrópodos del suelo, que en su mayoría son caminadores, y las redes entomológicas capturaron artrópodos que estaban en el follaje durante el día (McCrary, 2018). Sin embargo, los coccinélidos se capturaron con ambas técnicas, siendo los adultos más abundantes en el follaje y las larvas en el suelo (Oberti, 2020). Esta diferencia en la composición de depredadores de áfidos indica que ambos métodos serían complementarios para describir la fauna de artrópodos afidófagos, ya que la combinación de métodos de capturas destinados a distintos grupos taxonómicos proporciona una mejor representación del ensamble de artrópodos (González *et al.*, 2019). Las trampas Barber se mantenían en el alfalfal por 10 días, por lo que se capturaban artrópodos durante todo el día y la noche, en cambio, con las redes entomológicas se capturaban artrópodos durante un determinado momento en el día. Esto también sugiere que estas técnicas son complementarias para el estudio, no obstante, las capturas por redes entomológicas podrían tener un sesgo ya que algunas especies podrían presentarse o ser más abundantes en otros momentos del día o en la noche, por ejemplo, las larvas de sírfidos están más activas en el follaje durante la noche, en cambio, los nábidos están activos todo el día (Ximénez-Embun *et al.*, 2014).

Numerosos trabajos previos, teóricos y empíricos, sugieren que la composición y heterogeneidad configuracional del paisaje agrícola influye en la biodiversidad, siendo esta mayor en paisajes más heterogéneos y con más remanentes de coberturas naturales y seminaturales (Gardiner *et al.*, 2009; Fahrig *et al.*, 2011; Bártary *et al.*, 2011; Chaplin-Kramer *et al.*, 2011; Burel *et al.*, 2013; Perović *et al.*, 2015). En este trabajo, se observó que una mayor cantidad de coberturas agrícolas en el paisaje circundante al alfalfal tiene un efecto positivo en la diversidad de artrópodos, pero un efecto negativo en la abundancia, mientras que una mayor cantidad de coberturas naturales y semi-naturales en el paisaje circundante tuvo un efecto positivo en la abundancia de artrópodos, pero un efecto negativo en la diversidad. La asociación positiva entre paisaje natural y semi-natural y la abundancia de depredadores afidófagos en alfalfa sugiere que éstos podrían colonizar el cultivo desde estos hábitats más naturales, como se ha descrito en otras latitudes (Holland *et al.*, 2016), o como ocurre con algunas especies de coccinélidos los que colonizan los alfalfaes desde los bordes seminaturales (Villegas *et al.*, 2013; Rodríguez-Herbach, 2014). Sin embargo, es necesario profundizar en el estudio del uso de los bordes que rodean alfalfaes por parte de los variados enemigos naturales afidófagos encontrados en este estudio.

La asociación positiva entre la diversidad de depredadores afidófagos y el área agrícola en el paisaje coincide con lo observado en coccinélidos en estudios realizados en la misma zona, posiblemente porque los áfidos, que corresponden a su principal presa, también son más abundantes en este tipo de hábitat agrícola o porque gran parte de los depredadores afidófagos que se registraron en el presente estudio también podrían preferir paisajes agrícolas sobre los paisajes naturales y semi-naturales presentes en la zonas de estudio (Grez *et al.*, 2014a; Grez *et al.*; 2019). Sin embargo, este resultado no coincide con lo encontrado en el hemisferio norte en los cuales se describe una relación positiva entre la cantidad de hábitat semi-natural con la diversidad de enemigos naturales en cultivos (Woltz *et al.*, 2012; Koh y Holland, 2015). Una posible explicación a esta diferencia podría ser que la heterogeneidad composicional de los tipos de cobertura tenga efectos sobre la abundancia y diversidad de los depredadores afidófagos (Liere *et al.*, 2015), algo que no se midió en este estudio que sólo consideró tres categorías de usos de suelo. Por esta razón, sería importante que a futuro se haga una caracterización más detallada de la composición de los paisajes, incluyendo no sólo categorías gruesas de hábitats natural y semi-natural, agrícola y urbano, sino

subcategorías, como distintos tipos de cultivos, anuales, perennes, arbóreos, herbáceos, ambientes riparios, sub-urbanos, entre otros, lo que permitiría conocer la contribución de determinados tipos de hábitats sobre los enemigos naturales (Cohen y Crowder, 2017).

Por su parte, la abundancia de áfidos se asoció positivamente con la diversidad de enemigos naturales. Esto también se ha observado en alfalfales de América del Norte, donde se ha demostrado experimentalmente que, al aumentar los áfidos, los cultivos son recolonizados por coccinélidos nativos, aumentando así la diversidad de este ensamble (Evans, 2004; Cardinale *et al.*, 2006). Esta asociación positiva sugiere que la presencia de una población más grande de áfidos en el alfalfal aumenta la colonización de diferentes especies de depredadores, lo cual aumentaría la eficiencia del control biológico, bajo el supuesto de que las distintas especies actúan complementariamente en este servicio (Cardinale *et al.*, 2006; Snyder, 2019).

Las respuestas de los artrópodos afidófagos al paisaje son similares al analizarlos según método de captura y en el total de las muestras (Barber + redes). Esto sugiere que los artrópodos capturados en redes y Barber responden de forma similar a la composición y heterogeneidad del paisaje circundante a los alfalfales. Sin embargo, la asociación positiva entre la abundancia de áfidos y la diversidad de artrópodos sólo fue detectada en las muestras en redes y en el total, pero no en Barber. Ello puede deberse a que ciertas especies colectadas en trampas Barber, como arañas y carábidos, tendrían una dieta más generalista, en comparación a las capturadas en redes, principalmente coccinélidos, que serían más afidófagos y por tanto responderían más directamente a la densidad de estas presas (Toft, 2005; Letourneau *et al.*, 2009).

Contrario a lo descrito en otros estudios (Chaplin-Kramer *et al.*, 2011; Alignier *et al.*, 2014), en esta Memoria no se observó un efecto de la heterogeneidad configuracional del paisaje sobre la abundancia y diversidad de depredadores afidófagos en alfalfa. Ello podría deberse a que los paisajes estudiados presentan valores similares en las variables de configuración estudiadas, especialmente el tamaño promedio del parche y el índice de forma promedio.

Los dos primeros factores de los PLS para las muestras capturadas por trampas Barber y redes entomológicas explican un porcentaje similar, 64,3% y 63,6% respectivamente; sin embargo, en el análisis del PLS del total de las muestras (Barber + redes) los dos primeros

factores explican un porcentaje considerablemente mayor, un 84,1% de la varianza. Esto quiere decir que al sumar los resultados obtenidos por ambas técnicas de muestreo se explica de mejor manera el efecto del paisaje sobre los enemigos naturales de áfidos que cada una por sí sola, es decir, se puede inferir que estas técnicas son complementarias para este estudio.

Este trabajo es uno de los primeros en evaluar el efecto de la composición y heterogeneidad del paisaje en la diversidad y abundancia de enemigos naturales de áfidos de la zona central de Chile. La información obtenida de esta investigación podría contribuir en la generación de nuevos criterios para las estrategias enfocadas en el manejo agrícola de los cultivos de alfalfa y el paisaje que los rodea, debido a la importancia del servicio ecosistémico de control biológico proporcionado por los depredadores afidófagos (Landis, 2017) y, de esta forma, aportar en la conservación de artrópodos benéficos para el ser humano y de su hábitat. Además, mitigar eficientemente las poblaciones de plagas tendría como consecuencia una reducción en el uso de plaguicidas, por lo que la conservación del hábitat de enemigos naturales de plagas puede presentar un enfoque económico y ambiental para lograr una producción sostenible (Paredes *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio arrojan las siguientes conclusiones:

Las familias más diversas de depredadores afidófagos en alfalfaes fueron Coccinellidae, Carabidae y Syrphidae. Coccinellidae es la familia más abundante en ambos métodos de capturas y en el total, pero particularmente en las muestras capturadas con redes entomológicas, correspondiendo a alrededor del 80%. Las familias Carabidae y Saticidae solo fueron observadas en muestras capturadas por trampas Barber y Thomisidae, Nabidae, Geocoridae, Chrysopidae y Syrphidae solo se encontraron en muestras capturadas por redes entomológicas. Por lo tanto, la composición de enemigos naturales de áfidos varía según la técnica de muestreo.

La abundancia total, diversidad y riqueza de especies de enemigos naturales de áfidos varía entre alfalfaes, lo cual puede asociarse a las características del paisaje circundante.

La diversidad promedio es mayor en depredadores afidófagos capturados por trampas Barber que en redes entomológicas y, por el contrario, la abundancia promedio es mayor en depredadores afidófagos capturados por redes entomológicas que en trampas Barber.

La diversidad de artrópodos enemigos naturales de áfidos en alfalfaes se relaciona positivamente con área agrícola en el paisaje y con la abundancia de áfidos, mientras que su abundancia se relaciona positivamente con el área natural y semi-natural en el paisaje.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA, M.; CASANUEVA, M. 2005. Arañas chilenas: estado actual del conocimiento y clave para las familias de araneomorphae. *Gayana*. 69:201-224.

ALIGNIER, A.; RAYMOND, L.; DECONCHAT, M.; MENOZZI, P.; MONTEIL, C.; SARTHOU, J.; VIALATTE, A.; OUIN, A. 2014. The effect of semi-natural habitats on aphids and their natural enemies across spatial and temporal scales. *Biol. Control*. 77:76-82.

ALMOHAMAD, R.; VERHEGGEN, F.; HAUBRUGE, E. 2009. Searching and oviposition behavior of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae): a review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*. 13:467-481.

AMJAD, R.; RUBY, T.; HUSSAIN, T.; RAFAY, M.; ABDULLAH, M.; BIBI, I.; KHALIL, S.; AKHTER, S.; FAROOQI, M. 2017. Predatory potential of Araneae against Aphididae pests in canola crop. *J. Anim. Plant Sci*. 27:642-646.

BATÁRY, P., FISCHER, J., BÁLDI, A., CRIST, T. O., & TSCHARNTKE, T. 2011. Does habitat heterogeneity increase farmland biodiversity? *Front. Ecol. Environ*. 9:152–153.

BUREL, F.; LAVIGNE, C.; MARSHALL, E.; MOONEN, A.; OUIN, A.; POGGIO, S. 2013. Landscape ecology and biodiversity in agricultural landscapes. *Agric. Ecosyst. Environ*. 166:1-2.

CARDINALE, B.; WEIS, J.; FORBES, A.; TILMON, K.; IVES, A. 2006. Biodiversity as both a cause and consequence of resource availability: A study of reciprocal causality in a predator–prey system. *J. Anim Ecol*. 75:497-505.

CDB. 2010. Strategic plan for biodiversity 2011–2020 and the Aichi targets. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. [en línea] <<https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/targets/compilation-quick-guide-en.pdf>> [consulta: 25-07-2019]

CHAPLIN-KRAMER, R.; O'ROURKE, M.; BLITZER, E.; KREMEN, C. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecol. Lett*. 14:922-932.

COHEN, A.; CROWDE, D. 2017. The impacts of spatial and temporal complexity across landscapes on biological control: a review. *Curr. Opin. Insect. Sci.* 20:13-18.

DI RIENZO, J.; CASANOVES, F.; BALZARINI, M.; GONZALEZ, L.; TABLADA, M.; ROBLEDO, C. 2016. Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

DIB, H.; SIEGWART, M.; CAPOWIEZ, Y. 2020. Spiders (Arachnida: Araneae) in organic apple (Rosaceae) orchards in southeastern France. *Can. Entomol.* 152:224-236.

DIXON, A. 2000. Insect-predator-prey dynamics: ladybird beetles and biological control. Cambridge University Press, Cambridge. 257 p.

DUNNING, J.; DANIELSON, B.; PULLIAM, H. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos.* 65:169-175.

EVANS, E. 2004. Habitat displacement of North American ladybirds by an introduced species. *Ecology.* 85:637-647.

FAHRIG, L.; BAUDRY, J.; BROTONS, L.; BUREL, F.; CRIST, T.; FULLER, R.; SIRAMI, C.; SIRIWARDENA, G.; MARTIN, J. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecol. Lett.* 14:101-112.

GARDINER, M; LANDIS, D; GRATTON, C; DIFONZO, C; ONEAL, M; CHACON, J; WAYO, M; SCHMIDT, N; MUELLER, E; HEIMPEL, G. 2009. Landscape diversity enhances biological control of an introduced crop pest in the north-central USA. *Ecol. Appl.* 19:143-54.

GARRATT, M.; SENAPATHI, D.; COSTON, D.; MORTIMER, S.; POTTS, S. 2017. The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. *Agric. Ecosyst. Environ.* 247:363-370.

GONZÁLEZ, E.; SALVO A.; VALLADARES, G. 2019. Insects moving through forest-crop edges: a comparison among sampling methods. *J. Insect Conserv.* 24:249-258.

GREZ, A.; RAND, T.; ZAVIEZO, T.; CASTILLO-SEREY, F. 2013. Land use intensification differentially benefits alien over native predators in agricultural landscape mosaics. *Divers. Distrib.* 19:749-759.

GREZ, 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. Techn.* 17:1071-1077.

GREZ, 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., ZAVIEZO, T.; CASANOVES, F.; OBERTI, R.; PLISCOFF, P. 2021. The positive association between natural vegetation, native coccinellids and functional diversity of aphidophagous coccinellid communities in alfalfa. *Insect Conserv. Divers.* (en prensa).

GREZ, A.; ZAVIEZO, T.; DÍAZ, S.; CAMOUSSEIGT, B.; CORTÉS, G. 2008. Effects of habitat loss and fragmentation on the abundance and species richness of aphidophagous beetles and aphids in experimental alfalfa landscapes. *Eur. J. Entomol.* 105:411-420.

GREZ, A.; ZAVIEZO, T.; GARDINER, M. 2014. Local predator composition and landscape affects biological control of aphids in alfalfa fields. *Biol. Control.* 76:1-9.

GREZ, A.; ZAVIEZO, T.; GARDINER, M.; ALANIZ, A. 2019. Urbanization filters coccinellids composition and functional trait distributions in greenspaces across greater Santiago, Chile. *Urban For. Urban Gree.* 38:337-345.

GREZ, A.; ZAVIEZO, T.; HERNÁNDEZ, J.; RODRÍGUEZ-SAN PEDRO, A.; ACUÑA, P. 2014. The heterogeneity and composition of agricultural landscapes influence native and exotic coccinellids in alfalfa fields. *Agric. Forest. Entomol.* 16:382-390.

GRIES, T.; REDLIN, M.; ESPINOSA, J. 2018. Human-induced climate change: the impact of land-use change. *Theor. Appl. Climatol.* 135:1031-1044.

HAMMER, D.; RYAN, P.; HAMMER, Ø.; HARPER, D. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron.* 4:1-9.

- HOLLAND, J.; BIANCHI, F.; ENTLING, M.; MOONEN, A.; SMITH, B.; JEANNERET, P.** 2016. Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest. Manag. Sci.* 72:1638-1651.
- IPERTI, G.** 1999. Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agr. Ecosyst. Environ.* 74: 323-342.
- KOH, I.; HOLLAND, J.** 2015. Grassland plantings and landscape natural areas both influence insect natural enemies. *Agric. Ecosyst. Environ.* 199:190-199.
- LANDIS, D.** 2017. Designing agricultural landscapes for biodiversity-based ecosystem services. *Basic Appl. Ecol.* 18:1-12.
- LETOURNEAU, D.; JEDLICKA, J.; BOTHWELL, S.; MORENO, C.** 2009. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *Annu. Rev. Ecol. Evol. S.* 40:573-92.
- LIERE, H., KIM, T.; WERLING, B.; MEEHAN, T.; LANDIS, D.; GRATTON, C.** 2015. Trophic cascades in agricultural landscapes: Indirect effects of landscape composition on crop yield. *Ecol. Appl.* 25:652-61.
- LOSEY, J.E.; DENNO, R.F.** 1998. Positive predator-predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. *Ecology.* 79:2143-2152.
- MCCRAVY, K.** 2018. A review of sampling and monitoring methods for beneficial arthropods in agroecosystems. *Insects.* 9:170.
- MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.; NEEL, M.; ENE, E.** 2002. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Amherst: University of Massachusetts.
- MEDINA, V.; ARAYA, J.; ZUAZÚA, F.** 2020. Predation of *Nabis punctipennis* on *Acyrtosiphon pisum* in the presence of the alternative prey *Aphis craccivora* in alfalfa. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia.* 36:35-43.
- NORTHFIELD, T.; SNYDER, G.; IVES, A.; SNYDER, W.** 2010. Niche saturation reveals resource partitioning among consumers. *Ecol. Lett.* 13:338-348.

OBERTI, R. 2020. Dinámica temporal de coccinélidos afidófagos y su relación con la disponibilidad de presas y temperatura ambiental en alfalfas de la Región Metropolitana de Chile. Memoria de título. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias.

PAPPAS, M.; GEORGE, B.; KOVEOS, D. 2011. Chrysopid predators and their role in biological control. *J. Entomol.* 8:301-326.

PAREDES, D.; ROSENHEIM, J.; CHAPLIN-KRAMER, R.; WINTER, S.; KARP, D. 2020. Landscape simplification increases vineyard pest outbreaks and insecticide use. *Ecol. Lett.* 24:73-83.

PEROVIĆ, D.; GÁMEZ-VIRUÉS, S.; BÖRSCHIG, C.; KLEIN, A.; KRAUSS, J.; STECKEL, J.; ROTHENWÖHRER, C.; ERASMI, S.; TSCHARNTKE, T.; WESTPHAL, C. 2015. Configurational landscape heterogeneity shapes functional community composition of grassland butterflies. *J. Appl Ecol.* 52:505-513.

SOLERVICENS, J. 2014 Coleópteros de la Reserva Nacional Río Clarillo, en Chile central: taxonomía, biología y biogeografía. CONAF. Santiago, Chile. 478 p.

RAMÍREZ, M. 2010. Efectos del hábitat de borde sobre la abundancia y diversidad de insectos depredadores afidófagos y áfidos en cultivos de alfalfa de la región Metropolitana. Memoria de título. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 66 p.

REMPEL, R.; KAUKINEN, D.; CARR, A. 2012. Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario.

RODRÍGUEZ-HERBACH, C. 2014. Dispersión de coccinélidos hacia y desde bordes que rodean cultivos de alfalfa en la zona central de Chile: un estudio de marcaje-recaptura. Tesis Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza, Fac. Cs. Forestales, Universidad de Chile.

ROJAS, S. 2005. Control Biológico de Plagas en Chile: Historia y Avances. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Colección libros INIA. 12:61.

RUSCH, A.; VALANTIN-MORISON, M.; SARTHOU, J.; ROGER-ESTRADE, J. 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems: effects of crop management,

farming systems, and seminatural habitats at the landscape scale: A review. *Adv. Agron.* 109: 219-259.

SENIOR, L.; MCEWEN, P. 2001. The use of Lacewings in Biological Control. **In:** *Lacewings in the Crop Environment.* McEwen, P., New, T. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 296-302.

SMITH, T.; SMITH, R. 2007. Capítulo 14: Depredación. **In:** *Ecología.* Sexta edición. Pearson Educación S.A. Madrid, España. pp. 299-326.

SNYDER, W. 2019. Give predators a complement: conserving natural enemy biodiversity to improve biocontrol. *Biol. Control.* 135:73-82.

TOFT, S. 2005. The quality of aphids as food for generalist predators: implications for natural control of aphids. *Eur. J. Entomol.* 102:371-383.

TSCHARNTKE, T.; TYLIANAKIS, M.; RAND, T.; DIDHAM, R.; FAHRIG, L.; BATÁRY, P.; BENGTSSON, J.; CLOUGH, Y.; CRIST, T.; DORMANN, C.; EWERS, R.; FRÜND, J.; HOLT, R.; HOLZSCHUH, A.; KLEIN, A.; KLEIJN, D.; KREMEN, C.; LANDIS, D.; LAURANCE, W.; LINDENMAYER, D.; SCHERBER, C.; SODHI, N.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C.; VAN DER PUTTEN, W.; WESTPHAL, C. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes - eight hypotheses. *Biol. Rev.* 87:661-85.

VERES, A.; PETIT, S.; CONORD, C.; LAVIGNED, C. 2011. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agric. Ecosyst. Environ.* 166:110-117.

VILLEGAS, C.; VERDUGO, J.; GREZ, A.; TAPIA, J.; LAVANDERO, B. 2013. Movement between crops and weeds, temporal refuges for aphidophagous insects in Central Chile. *Cienc. Investig. Agrar.* 40:317-326.

WOLTZ, M.; ISAACS, R.; LANDIS, D. 2012. Landscape structure and habitat management differentially influence insect natural enemies in an agricultural landscape. *Agric. Ecosyst. Environ.* 152:40-49.

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

ANEXO N°1

Abundancia total y relativa (%) de depredadores afidófagos, según clase, orden, familia y especie o morfoespecie, capturados en trampas Barber y redes entomológicas en los 17 alfalfaes, en cuatro muestreos entre agosto de 2018 y marzo de 2019. La abundancia relativa de cada familia se calcula respecto al total capturado en Barber, redes o en ambas técnicas de muestreo.

Familia/Especie o morfoespecie	Barber	%	Redes	%	Total	%
Clase Arachnida	3602	47,44	388	6,57	3990	29,56
Araneae	3602	47,44	388	6,57	3990	29,56
Anyphaenidae	12	0,16	31	0,52	43	0,32
<i>Anyphaenidae</i> sp. 1	5	0,07	13	0,22	18	0,13
<i>Anyphaenidae</i> sp. 2	7	0,09	18	0,30	25	0,19
Linyphiidae	1661	21,88	9	0,15	1670	12,37
<i>Linyphiidae</i> sp. 1	987	13,00	4	0,07	991	7,34
<i>Linyphiidae</i> sp. 2	674	8,88	5	0,08	679	5,03
Lycosidae	1918	25,26	7	0,12	1925	14,26
<i>Allocosa</i> sp.	3	0,04	0	0	3	0,02
<i>Lycosa</i> sp.	1915	25,22	7	0,12	1922	14,24
Salticidae	11	0,14	0	0	11	0,08
<i>Salticidae</i> sp. 1	11	0,14	0	0	11	0,08
Thomisidae	0	0	341	5,77	341	2,53
<i>Misumenops temibilis</i>	0	0	341	5,77	341	2,53
Clase Insecta	3990	52,56	5519	93,43	9509	70,44
Coleoptera	3990	52,56	4893	82,83	8883	65,80
Carabidae	644	8,48	0	0	644	4,77
<i>Bradycellus</i> sp. 1	15	0,20	0	0	15	0,11
<i>Bradycellus</i> sp. 2	1	0,01	0	0	1	0,01
<i>Calosoma vagans</i>	9	0,12	0	0	9	0,07
<i>Metius chilensis</i>	2	0,03	0	0	2	0,01
<i>Metius femoratus</i>	1	0,01	0	0	1	0,01
<i>Metius</i> sp.	4	0,05	0	0	4	0,03
<i>Mimodromius</i> sp	2	0,03	0	0	2	0,01
<i>Notobia</i> sp.	30	0,40	0	0	30	0,22
<i>Ogmopleura</i> sp	2	0,03	0	0	2	0,01
<i>Pachymorphus chalceus</i>	419	5,52	0	0	419	3,10
<i>Tetragonoderus</i> sp.	63	0,83	0	0	63	0,47
<i>Trirammatus</i> sp.	96	1,26	0	0	96	0,71
Coccinellidae	3346	44,07	4893	82,83	8239	60,03
<i>Adalia angulifera</i>	1	0,01	4	0,07	5	0,04

<i>Adalia deficiens</i>	0	0	19	0,32	19	0,14
<i>Cycloneda fulvipennis</i>	0	0	1	0,02	1	0,01
<i>Eriopis chilensis</i>	393	5,18	946	16,01	1339	9,92
<i>Eriopis eschscholtzi</i>	222	2,92	264	4,47	486	3,60
<i>Hyperaspis sphaeridioides</i>	17	0,22	17	0,29	34	0,25
<i>Adalia bipunctata</i>	1	0,01	0	0	1	0,01
<i>Harmonia axyridis</i>	1	0,01	88	1,49	89	0,66
<i>Hippodamia covergens</i>	52	0,68	63	1,07	115	0,85
<i>Hippodamia variegata</i>	2637	34,73	3489	59,07	6126	45,38
<i>Scymnus loewii</i>	13	0,17	2	0,03	15	0,11
<i>Coccinellidae</i> sp.	9	0,12	0	0	9	0,07
Neuroptera	0	0	32	0,54	32	0,24
Chrysopidae	0	0	32	0,54	32	0,24
<i>Chrysoperla</i> sp.	0	0	32	0,54	32	0,24
Hemiptera	0	0	371	6,28	371	2,75
Geocoridae	0	0	4	0,07	4	0,03
<i>Geocoris sobrinus</i>	0	0	4	0,07	4	0,03
Nabidae	0	0	367	6,21	367	2,72
<i>Nabis punctipennis</i>	0	0	367	6,21	367	2,72
Diptera	0	0	223	3,78	223	1,65
Syrphidae	0	0	223	3,78	223	1,65
<i>Allograpta exotica</i>	0	0	11	0,19	11	0,08
<i>Allograpta hortensis</i>	0	0	11	0,19	11	0,08
<i>Allograpta piurana</i>	0	0	2	0,03	2	0,01
<i>Allograpta pulchra</i>	0	0	24	0,41	24	0,18
<i>Platycheirus chalconota</i>	0	0	4	0,07	4	0,03
<i>Platycheirus fenestrata</i>	0	0	15	0,25	15	0,11
<i>Syritta flaviventris</i>	0	0	1	0,02	1	0,01
<i>Syrphus octomaculatus</i>	0	0	1	0,02	1	0,01
<i>Toxomerus calceolatus</i>	0	0	89	1,51	89	0,66
<i>Toxomerus productus</i>	0	0	31	0,52	31	0,23
<i>Toxomerus vertebratus</i>	0	0	33	0,56	33	0,24
<i>Toxomerus</i> sp.	0	0	1	0,02	1	0,01
Total	7592		5907		13499	

ANEXO N°2

Abundancia total (número de individuos) y diversidad (Simpson 1-D, Shannon H, Equitabilidad J y Chao-1) por alfalfal de artrópodos enemigos naturales de áfidos capturados en **trampas Barber**. En negritas se destacan los valores máximos y mínimos de cada índice.

Alfalfal	Abundancia	Simpson_1-D	Shannon_H	Equitabilidad_J	Chao-1
2	825	0,73	1,64	0,62	15,50
3	456	0,70	1,60	0,62	13,00
4	265	0,74	1,66	0,72	11,00
5	368	0,69	1,56	0,61	19,00
6	147	0,60	1,47	0,59	13,50
8	167	0,75	1,79	0,72	13,00
9	217	0,70	1,72	0,67	13,33
10	239	0,78	1,79	0,78	11,00
11	629	0,75	1,62	0,61	17,00
12	391	0,74	1,56	0,75	8,00
14	500	0,74	1,71	0,63	15,75
15	274	0,76	1,69	0,68	12,25
16	1491	0,47	1,10	0,46	11,00
17	240	0,69	1,45	0,60	13,00
18	133	0,64	1,56	0,63	12,25
19	748	0,73	1,63	0,68	11,00
20	502	0,73	1,59	0,62	13,25
Promedio	446,59	0,70	1,60	0,65	13,11
ee	82,27	0,02	0,04	0,02	0,63

ANEXO N°3

Abundancia (número de individuos) y diversidad (Simpson 1-D, Shannon H, Equitabilidad J y Chao-1) por alfalfal de artrópodos enemigos naturales de áfidos capturados en **redes entomológicas**. En negritas se destacan los valores máximos y mínimos de cada índice.

Alfalfal	Abundancia	Simpson_1-D	Shannon_H	Equitabilidad_J	Chao-1
2	136	0,59	1,41	0,55	18,00
3	386	0,65	1,58	0,57	19,00
4	375	0,64	1,50	0,57	15,50
5	284	0,76	1,71	0,69	15,00
6	393	0,73	1,68	0,62	17,00
8	429	0,58	1,20	0,43	21,00
9	169	0,75	1,79	0,65	23,00

10	260	0,71	1,54	0,64	12,00
11	337	0,49	1,32	0,44	23,75
12	348	0,45	1,08	0,42	13,00
14	251	0,67	1,76	0,63	16,00
15	519	0,38	0,86	0,33	16,33
16	361	0,51	1,19	0,43	18,00
17	675	0,49	1,11	0,45	22,00
18	240	0,77	1,80	0,70	14,00
19	369	0,58	1,30	0,51	13,75
20	375	0,61	1,41	0,53	14,33
Promedio	347,47	0,61	1,43	0,54	17,16
ee	30,82	0,03	0,07	0,03	0,87

ANEXO N°4

Abundancia (número de individuos) y diversidad (Simpson 1-D, Shannon H, Equitabilidad J y Chao-1) por alfalfal de artrópodos enemigos naturales de áfidos capturados en **redes entomológicas + trampas Barber**. En negritas se destacan los valores máximos y mínimos de cada índice.

Alfalfal	Abundancia	Simpson_1-D	Shannon_H	Equitabilidad_J	Chao-1
2	961	0,73	1,74	0,57	31,50
3	842	0,70	1,85	0,57	27,50
4	640	0,81	2,06	0,68	26,00
5	652	0,80	1,93	0,64	27,50
6	540	0,81	2,03	0,66	25,33
8	596	0,71	1,68	0,53	26,75
9	386	0,84	2,20	0,69	27,50
10	499	0,83	2,07	0,73	20,00
11	966	0,82	2,03	0,62	36,33
12	739	0,68	1,59	0,56	17,00
14	751	0,77	1,99	0,63	24,60
15	793	0,65	1,57	0,51	26,20
16	1852	0,48	1,19	0,38	26,00
17	915	0,62	1,50	0,51	47,00
18	373	0,84	2,19	0,72	23,50
19	1117	0,72	1,73	0,59	19,20
20	877	0,81	2,01	0,65	22,60
Promedio	794,06	0,74	1,84	0,60	26,74
ee	83,32	0,02	0,07	0,02	1,67