



Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Agrarias
Licenciatura en Recursos Naturales

Macrofauna asociada a cultivos de chía
(*Salvia hispanica* L., Lamiaceae) en el
sudeste de Santa Fe

Tesinista: Agustín Vitali

Director: Ing. Agr. MSc. Guillermo Montero
Codirector: Ing. Agr. Dr. José Luis Vesprini

Lugar de trabajo: Facultad de Ciencias Agrarias
(U.N.R.)

Enero 2017

ÍNDICE

Resumen	4
1. Introducción	6
1.1 Artrópodos en áreas de cultivo.....	6
1.2 Herbívoros.....	6
1.3 Polinizadores.....	7
1.4 Situación actual en Argentina.....	8
1.5 Cultivo de chía.....	9
2. Materiales y métodos	13
2.1 Área de muestreo.....	13
2.2 Relevamiento de fauna epigea.....	13
2.3 Relevamiento de herbívoros del follaje.....	14
2.4 Visitantes florales.....	15
2.5 Efecto de la polinización biótica.....	16
3. Resultados	18
3.1 Relevamiento de fauna epigea.....	18
3.2 Relevamiento de herbívoros del follaje.....	22
3.3 Visitantes florales.....	23
3.4 Efecto de la polinización biótica.....	25
4. Discusión	29
4.1 Relevamiento de fauna epigea.....	29
4.1.1 Especies indicadoras.....	31
4.2 Relevamiento de herbívoros del follaje.....	33
4.3 Visitantes florales.....	36
4.4 Efecto de la polinización biótica.....	39
4.4.1 Parámetros productivos: número y peso de semillas.....	39
4.4.2 Depósito del polen.....	42
5. Conclusión	45
6. Bibliografía	46
Anexo I	57

Anexo II	59
Anexo III	60
Anexo IV	61
Anexo V	62

RESUMEN

La expansión del cultivo de soja en la región pampeana originó una disminución del área del cultivo de otras especies y produjo una alta homogeneización del paisaje rural. Esto provocó una drástica reducción de la biodiversidad afectando negativamente a diversos procesos ecológicos y servicios ambientales directos e indirectos que las especies excluidas brindan. Ante esta situación nos planteamos la incorporación de cultivos como el de chíá, con el objetivo de promover la biodiversidad y los servicios ecosistémicos deseados.

El objeto de este trabajo es caracterizar la comunidad de artrópodos epigeos de la superficie del suelo en un cultivo de chíá y las relaciones de herbivoría en distintos estados de desarrollo del cultivo, describir las relaciones flor-insecto y cuantificar la importancia de la polinización entomófila reflejada en distintos parámetros productivos del cultivo.

En un lote de cultivo del Campo Experimental J.F. Villarino se colocaron “trampas pitfall” para evaluar la fauna epigea, se avistaron herbívoros en los estados fenológicos de cotiledón-plántula, pre-floración y floración; durante la floración se avistaron polinizadores y se caracterizaron las relaciones flor-insecto. Se cuantificaron los parámetros productivos peso y número de semillas, y los granos de polen depositados por estigma en inflorescencia con y sin restricción al acceso de polinizadores.

La comunidad de artrópodos de la superficie del suelo presentó diferencias en su composición específica en los distintos estados fenológicos del cultivo, siendo mayor su abundancia y riqueza en el estado cotiledón-plántula. Se registraron 21 especies herbívoras sobre el follaje, nueve de ellas son nuevos registros efectivos de herbivoría. Se detectaron 31 especies de visitantes florales, 12 de ellas fueron consideradas polinizadores, siendo *Apis mellifera* la especie más frecuente. Los parámetros productivos evaluados y el depósito de polen adquirieron valores mayores en las inflorescencias expuestas a la polinización, a excepción de la variable peso de semillas.

Palabras claves: agroecosistemas, artrópodos, fauna epigea, herbívoros, visitantes florales.

ABSTRACT

The expansion of the soybean crop in the Pampean region lead to a decrease in cultivated areas of other species and a high homogenization of the rural scenery. This caused a drastic reduction on biodiversity affect negatively the different ecological and the direct and indirect environmental services that the excluded species give. Consequently, we bear in mind the incorporation of crops like chia, with the purpose of promoting biodiversity and the desired ecosystem services.

The object of this work is to characterize the epigeal arthropods community of the soil chia crop surface and the herbivore relationships in the different states of the crop develop, describe the flower-insect relations and quantify the importance of insect pollination reflected in the different productive parameters of the crop.

“Pitfall tramps” were displayed in a crop lot of the Villarino Park in order to evaluate the epigeal fauna; herbivores were spotted in the phenological states of cotyledon-seedling, pre-flowering and flowering; during the flowering pollinators were spotted and the relations between flower-insect were characterized. The productive parameters weight and number of seeds were quantified, and the polen grains laid on the stigma, in inflorescences with and without pollinator’s access.

The community of soil surface anthropoids was different in its specific composition over the phonologic states of the crop, presenting a higher abundance and richness in the cotyledon-seedling state. 21 species were recorded over the foliage, which 9 of them were new. 31 species of flower visitors were detected, 12 were considered to be pollinators, being *Apis mellifera* the more frequent specie. The productive parameters evaluated and the deposit of the polen, had higher values in the inflorescences exposed to pollination, except for the weight variable.

Key words: agroecosystems, arthropods, epigeal fauna, herbivores, flower visitors.

INTRODUCCIÓN

Artrópodos en áreas de cultivo. Los artrópodos son el grupo de invertebrados más abundantes y con mayor diversidad de especies en el mundo, incluyendo dentro de ellos a los arácnidos, ciempiés, crustáceos, milpiés e insectos. A lo largo de la historia han evolucionado y adquirido características que les permitieron colonizar la amplia gama de ambientes y extensas áreas geográficas de nuestro planeta. Intervienen en infinidad de procesos bióticos, en el reciclado de nutrientes, brindan distintos servicios ecosistémicos y establecen diversas interacciones con otras especies, que son importantes para mantener el funcionamiento y la estabilidad de los ecosistemas terrestres (McGavin, 2000). De esta manera, influyen en la estructura y fertilidad del suelo a través de la descomposición de materia orgánica, intervienen en la productividad de las especies vegetales por medio del establecimiento de interacciones de herbivoría y polinización, y modifican la abundancia y presencia de aquellos animales de los niveles tróficos superiores que los consumen (Palomino, 2009). Por esta razón, el estudio de los artrópodos puede ser una herramienta primordial para entender lo que ocurre dentro de una comunidad, adquiriendo gran importancia en los estudios de conservación.

Uno de los principales factores que definen la abundancia y diversidad de artrópodos es el microclima. Cada microclima es definido e integrado por un conjunto de diferentes variables (nivel de radiación, humedad, temperatura, viento y tipo de vegetación, entre otras), sin embargo, la temperatura y la humedad relativa son los factores que tienen mayor incidencia en la actividad de los artrópodos epigeos y determinan su abundancia y distribución (Cloudsley-Thompson, 1962 y 1967; Thiele, 1977).

La vegetación también presenta un papel clave para la formación de micro hábitats, principalmente en aquellos ambientes heterogéneos en estructura, con mayor diversidad de especies vegetales y mayor complejidad en la arquitectura de la vegetación (Altieri y Nicholls, 2007). Según Nicholls (2006) la composición es más importante que la diversidad de especies, ya que hay ciertas especies vegetales que ensambladas pueden brindar funciones claves.

Herbívoros. La herbivoría es la interacción planta-animal más frecuente en la naturaleza, alcanzando a los diferentes órganos de un vegetal. Más de un millón de

especies de insectos se alimentan de plantas y dos tercios de estos lo hacen específicamente de las hojas (Camarena Gutiérrez, 2009). La calidad y la intensidad de la herbivoría producida en la planta están determinadas principalmente por el contenido y la disponibilidad de nitrógeno de la misma; este nutriente es requerido en grandes cantidades por artrópodos fitófagos para la síntesis de sus tejidos (Bentley y Johnson, 1990; Saiz *et al.*, 2000). El patrón de consumo de las especies fitófagas consiste primeramente en reconocer una posible fuente de alimento a través de quimiorreceptores ubicados en el aparato bucal, antenas y tarsos, para establecerse posteriormente una fase de alimentación sostenida sobre la planta (Camarena Gutiérrez, 2009). El efecto ocasionado varía según la forma de alimentación del herbívoro, algunos grupos taxonómicos producen daños mecánicos con su aparato bucal masticador (*e.g.* escarabajos, langostas), otros perforan el tejido vegetal y succionan el contenido celular (*e.g.* chinches, chicharritas), mientras que los minadores se alimentan del mesófilo de las hojas (*e.g.* agromizados).

Las plantas desarrollaron a lo largo del tiempo mecanismos físicos y químicos que permiten defenderse de la herbivoría. Las defensas químicas son las más utilizadas por las plantas que repelen el ataque de los insectos. Las plantas producen metabolitos secundarios que son tóxicos o repelentes para insectos y compuestos volátiles, como aldehídos, terpenoides y flavonoides. A su vez, estos compuestos volátiles se clasifican en constitutivos, cuando están presente en los mismos niveles independientemente de la acción de los insectos, o inducidos, cuando la planta aumenta su producción al reconocer la presencia del insecto fitófago (Vivanco *et al.*, 2005; Camarena Gutiérrez, 2009).

Polinizadores. La polinización consiste en la transferencia de polen entre flores, de la misma o de distinta planta, por un determinado agente biótico (*e.g.* aves, insectos, murciélagos) o abiótico (*e.g.* viento, agua) permitiendo la reproducción sexual entre individuos y aumentando la variabilidad genética de los mismos (Aizen y Chacoff, 2009). Cuando los insectos son los vectores que intervienen en la transferencia de polen, la polinización recibe el nombre de entomófila.

Los vectores son atraídos hacia las flores por diversos mecanismos. Estos pueden ser estructurales como la forma, el color y la textura de las flores, o químicos cuando las plantas sintetizan compuestos tales como aceites volátiles aromáticos y néctar que son ofrecidos como recompensa a los polinizadores (Faegri y Van der Pijl, 1979; Kevan y Baker, 1983; Grajales-Conesa *et al.*, 2011).

La interacción entre la planta y el polinizador varía ampliamente según las condiciones climáticas (temperatura, intensidad de viento, incidencia de luz solar, precipitaciones), la variabilidad temporal, estacional o interanual y las perturbaciones de origen antrópico (Gómez, 2002; Aizen y Chacoff, 2009, Garibaldi *et al.*, 2012). No todos los insectos que visitan flores son polinizadores, tampoco todos los polinizadores son igualmente eficaces. Según Olsen (1997), la eficiencia de un polinizador se define como el efecto de la población de dicho polinizador sobre el *fitness* de la planta. Este concepto está relacionado con variables que definen la calidad de un polinizador (distancia de vuelo, número de flores visitadas por planta, número de granos de polen depositados, entre otras) y con la frecuencia de interacción, es decir el número de flores visitadas en un determinado lapso de tiempo (Gómez, 2002). Por otro lado, es importante destacar que no sólo depende del comportamiento del forrajeo del insecto polinizador, sino también de la biología de la planta y las características estructurales de sus flores (Nates-Parra, 2005).

Este tipo de interacción ecológica representa una de las fuerzas principales de cambio evolutivo al influir a lo largo del tiempo en la selección de rasgos adaptativos de las especies involucradas, en el número de individuos de las poblaciones y en la riqueza y composición de una comunidad; y también impacta notablemente en el ámbito productivo (Wotton, 1994; Vazquez, 2002). En la actualidad, aproximadamente entre el 70% y 80% de los cultivos muestran un aumento de rendimiento en presencia de polinizadores, este servicio junto con la disponibilidad de agua y nutrientes son considerados los principales factores que limitan la calidad y cantidad de frutos y semillas producidas por las plantas (Murcia 1996; Klein *et al.*, 2007, Coro Arizmendi, 2009; Aizen *et al.*, 2009; Garibaldi *et al.*, 2011, 2012 y 2013).

Situación actual en Argentina. Debido a la expansión del área cultivada con soja (*Glycine max*) y a la consecuente disminución de territorio dedicado al cultivo de otras especies, se observa una alta homogeneización del paisaje en la región pampeana y en otras regiones en las que se han transformado para dedicarlos a la producción de soja. La reducción en la diversidad del paisaje produce la pérdida de ecosistemas cultivados y todos sus componentes bióticos, como así también de ambientes silvestres y sus especies, que son capaces de subsistir en bordes de áreas de cultivo (Montero, 2008) o en parches sembrados con cultivos mixtos (Tschardtke *et al.*, 2005). La consecuencia más crítica de este uso del territorio es que se ven afectados negativamente los diversos procesos ecológicos y los servicios ambientales directos

e indirectos que brindan las especies que habitan en los ecosistemas (e.g. plantas que proveen polen, exudados y néctar a parasitoides, plantas que sostienen poblaciones de polinizadores y plantas que albergan herbívoros neutrales que son presas alternativas para predadores generalistas) (Montero, 2008 y 2014; Weyland *et al.*, 2008; Aizen *et al.*, 2009). Además, grandes sembrados de una única especie cultivada pueden presentar mayor vulnerabilidad frente a enfermedades y pueden ser atacados con mayor frecuencia por insectos plaga (Aizen *et al.*, 2009). En adición, actualmente estamos transitando una crisis global de polinización debido al uso abusivo, irresponsable e inadecuado de insecticidas en los campos de cultivo, donde la demanda del servicio aumenta a medida que la abundancia y diversidad de polinizadores disminuyen (Aizen *et al.*, 2009). Por estos motivos, es importante poder incorporar en los bordes de áreas de cultivo a aquellas especies que se complementen efectivamente con la especie cultivada, brindando los servicios ecológicos deseados.

El cultivo de chía. Este trabajo se centró en la especie *Salvia hispanica*, conocida vulgarmente como “chía”, una herbácea anual perteneciente a la familia Lamiaceae, nativa del centro-oeste de México (Di Sapio *et al.*, 2012). La presencia de un alto contenido ácidos grasos omega-6 y omega-3 en sus semillas, la convierten en una especie importante para la nutrición humana debido a que los mismos no pueden ser sintetizados por el hombre (Di Sapio *et al.*, 2008). Además de la capacidad de esas sustancias de reducir los riesgos de ataques cardiovasculares, las semillas de chía presentan un alto contenido de fibras y antioxidantes y ausencia de gluten (Taga *et al.*, 1984; Ayerza *et al.*, 2002; Di Sapio *et al.*, 2008 y 2012; Bueno *et al.*, 2010; Pizarro Waisle, 2014). Sus hojas contienen compuestos derivados de aceites esenciales (β -cariofileno, globulol, γ -muroleno, β -pineno y α -humoleno) que actúan como bactericidas, fungicidas e insecticidas sobre diferentes organismos, brindándole a la planta una protección natural contra plagas y enfermedades, lo cual permite su cultivo con nulo o mínimo uso de agroquímicos (Ahmed *et al.*, 1994; Ayerza *et al.*, 2002; Di Sapio *et al.*, 2012; Muñoz Hernández, 2012; Neupane, 2013; Pizarro Waisle, 2014). Nieves Díaz (2015) sostiene que este efecto es mayor en etapas avanzadas de la planta debido a una mayor síntesis de estos compuestos. Recientemente se ha descubierto la presencia de dos compuestos flavonoides (*acetyl vitexin* y *acetyl orientin*), nunca antes reportados en especies de la familia Lamiaceae, que tendrían una posible función en la defensa anti-herbivoría y en la atracción de animales polinizadores y dispersores de semillas de la planta (Bochicchio *et al.*, 2015).

Las flores son hermafroditas, de color morado a blanco y con presencia de un disco nectarífero en la base del ovario; forman grupos de seis o más que se disponen en verticilos sobre la inflorescencia. Sus frutos son carcérulos, que al finalizar la fructificación se separan en 1-4 frutos indehiscentes conocidos como clusas y son comúnmente llamados semillas. (Hernández-Gómez *et al.*, 2008; Di Sapio *et al.*, 2012).

Diversas publicaciones citan para el género *Salvia* la presencia de alogamia entomófila y en menor medida autogamia. Según Haque y Ghoshal (1981) la autogamia en chíá se produce debido a la presencia de flores autocompatibles, pequeñas y homostílicas; mientras que Faegri y Van der Pijl (1979) sostienen que se debe a la cercanía entre el estigma y las anteras. Sin embargo, a pesar de las hipótesis enunciadas y a la observación de producción de semillas en flores aisladas, fueron citados diversos mecanismos que evitan la autofecundación como la protandria, donde el androceo madura antes que el gineceo en la misma flor (Mann, 1959) y la presencia de plantas androestériles (Haque y Ghoshal, 1981). Además, el color blanco o morado de sus pétalos, el abundante contenido de néctar en el ovario y la forma de pista de aterrizaje del labio anterior de sus flores, sugiere polinización entomófila (Martínez, 1959; Ramamoorthy, 1985).

Debido a la sensibilidad al fotoperiodo que presenta la chíá, la estación de crecimiento depende de las latitudes donde se siembra. La distribución más austral del cultivo corresponde a la región pampeana, donde su floración ocurre en los meses de abril-mayo cuando se produce el acortamiento de los días. Sin embargo, un retraso en la fecha de siembra produce la reducción del ciclo de cultivo y aumenta la probabilidad que las heladas tempranas produzcan la muerte de la planta antes de que florezca (Busilacchi *et al.*, 2013)

Respecto a los insectos herbívoros del follaje, varios autores registraron la ocurrencia de alimentación producida por invertebrados plaga. En Nicaragua, Miranda (2012) citó a las “babosas” (Pulmonata: Mollusca) y a cuatro especies de insectos pertenecientes a las familias Scarabaeidae (*Phyllophaga* sp.), Arctiidae (*Estigmene acrea*), Noctuidae (*Spodoptera* sp.) y Formicidae (*Atta cephalotes*), como causantes del daño en las hojas. Mientras que otros autores mencionan la ocurrencia de perjuicios ocasionados por individuos pertenecientes a las familias Coreidae, Tenebrionidae (*Lagria* sp.) y Diopsidae en Ghana (Yeboah *et al.*, 2014) y “moscas

blancas” (Aleyrodidae) y “pulgones” (Aphididae) en el sur de Italia (Bochicchio *et al.*, 2015).

Pese a ser un cultivo incipiente en la región pampeana, las numerosas características que presenta la chía, la posicionan como una especie adecuada para cultivar en los márgenes de otros cultivos extensivos, principalmente en las áreas periurbanas, donde el marco legal limita o prohíbe el uso de agroquímicos. Dentro de las ventajas de su incorporación a las áreas de cultivo pampeanas, se destacan la actividad bio-repelente contra insectos herbívoros, la abundancia de néctar y recursos florales consumidos y utilizados por parasitoides y polinizadores, y su rápido establecimiento y denso follaje en estado avanzado del cultivo que limitan el crecimiento de malezas, a la vez que suministran refugio a invertebrados predadores por la conformación de un microclima de elevada humedad y menores temperaturas en la superficie del suelo.

Sin embargo, debido al escaso conocimiento de los componentes abióticos y bióticos de este cultivo en la región Pampeana, resulta necesario profundizar y aumentar los conocimientos para poder formar las bases sobre las que se realizarán las recomendaciones de manejo del mismo en los agroecosistemas del sur de Santa Fe.

Objetivo. El objeto de este trabajo es aumentar estos conocimientos a través de la caracterización de la comunidad de artrópodos presentes en la superficie del suelo y de las relaciones planta-herbívoro en diferentes estados fenológicos del cultivo; asimismo durante el período de floración, describir las relaciones flor-insecto y cuantificar la importancia de la polinización entomófila reflejada en distintos parámetros productivos del cultivo.

Hipótesis y predicciones. Se presume que:

H₁- La concentración de sustancias antiherbivoría en las hojas de la planta afectan directa y negativamente la abundancia y la incidencia de los herbívoros que se alimentan de ella.

P₁- Dado que las plantas poseen menos concentración de sustancias antiherbivoría en los primeros estados fenológicos del cultivo (Nieves Díaz, 2015) será mayor la abundancia de estos herbívoros en etapas tempranas del mismo.

H₂- La presencia de polinización entomófila afecta directa y positivamente la productividad del cultivo de chía.

P2.1- El número y el peso de semillas por infrutescencia será mayor en presencia de polinizadores debido a la fecundación cruzada.

P2.2- El número de granos de polen por estigma será mayor debido a la presencia de polinizadores que trasladan diversas cargas polínicas hacia los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de muestreo

El trabajo se realizó en el Campo Experimental J.F. Villarino, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, ubicado en la localidad de Zavalla, Santa Fe, Argentina (33°02'17"S; 60°52'58"W), en el seno de la Región Pampeana. Las características del suelo corresponden a un Argiudol típico y en el mismo se realiza habitualmente agricultura extensiva. Las precipitaciones oscilan entre los 800-1000 mm anuales y si bien son más abundantes en los meses cálidos, se distribuyen homogéneamente a través del año. Las temperaturas medias mínima y máxima registradas son de 13°C y 26°C respectivamente.

El lote cultivado con chíá presenta una superficie de 1,5 hectáreas y se encuentra rodeado por diferentes cultivos agrícolas (soja y maíz), formando parte de un paisaje con relativa heterogeneidad. Dentro del mismo, se delimitaron cuatro parcelas de 20x20 m, en cuya área central se realizaron las diferentes observaciones. Los muestreos se realizaron entre los meses de febrero y mayo, de los años 2015 y 2016. Las fechas de siembra fueron el 14/01/15 y el 12/01/16 con posterior aplicación en preemergencia de Trifluralina en una dosis de 960 g.i.a/ha. Si bien se desconoce bibliografía específica acerca de los estados fenológicos en la especie de estudio, se consideró que los períodos de cotiledón-plántula, prefloración y plena floración se extendieron desde 01/02 al 20/02, 25/03 al 12/04 y 12/04 al 19/05 respectivamente durante el año 2015. Los cultivos antecesores de este lote fueron: colza y trigo (en dos sectores diferentes del mismo lote) durante el año 2014 y trigo en el año 2015.

No fue posible obtener réplicas de lotes cultivados en localidades cercanas a Zavalla, debido al estado incipiente del cultivo en la región pampeana; tampoco fue posible sembrar parcelas diferentes y con distinto material genético en el campo experimental. Por tal motivo, se utilizaron parcelas grandes y espaciadas a más de 25 m con el objeto de minimizar los efectos de la pseudo-replicación.

2.2 Relevamiento de fauna epigea

Para realizar el relevamiento de fauna epigea de la superficie del suelo se colocaron en cada parcela cuatro trampas pitfall (N=16), de 11 cm de diámetro, alineadas y separadas 4 m entre sí. Se utilizó 150 cm³ de solución de ácido acético al 5% y formol al 2,5%, como conservante. Los muestreos se realizaron en los meses de abril a mayo de 2015 y de febrero a marzo de 2016, correspondientes a los estados fenológicos

cotiledón-plántula (Cot-Pla), prefloración (Pre-Flo) y plena floración (Flo). Las trampas permanecieron en el campo durante siete días consecutivos, hasta su recolección. En el laboratorio se identificaron los individuos capturados hasta el máximo nivel taxonómico posible; cuando no fue posible determinar la especie se identificó el material como “morfoespecies”. Para estudiar la estructura trófica de la comunidad se asignó cada especie a un grupo trófico determinado, en base en la bibliografía disponible; se definieron seis grupos tróficos: detritívoros (DET), hematófagos (HEM), herbívoros (HER), hormigas (HOR), predadores (PRE) y parasitoides (PAR).

Se calculó la equitatividad y diversidad alfa, a través de los índices de Pielou y de Shannon-Weaver respectivamente. Los datos de abundancia fueron ordenados a través de Análisis de Correspondencia Detendenciado (DCA). Para comparar la composición específica de la artropofauna en los tres estados fenológicos del cultivo, se realizó una prueba de Permutaciones de Múltiple Respuesta (MRPP), utilizando el índice de Sörensen como medida de disimilitud. También, se realizó un análisis de especies indicadoras para identificar aquellas especies de mayor fidelidad en cada estado fenológico del cultivo. Todos los análisis se realizaron con el programa PC-ORD 6.0.

Los valores de abundancia, riqueza, equitatividad y diversidad α se analizaron a través de un análisis de variancia (ANOVA), transformando aquellas variables que no presentaron distribución normal como \log_{10} , mientras que sus medias se compararon con la prueba de Scott Knott ($P=0,05$). Se utilizó el programa InfoStat/E.

2.3 Relevamiento de herbívoros del follaje

Para evaluar los eventos de herbivoría en el área de estudio, se estableció una transecta de 2 m de ancho a lo largo del perímetro de cada una de las cuatro parcelas, conformando un área de observación de 640 m² (2 m ancho × 80 m largo × 4 parcelas), que se recorrieron dos veces en cada fecha de observación. Dada la baja frecuencia de herbivoría previamente detectada en el área de estudio, se descartó la selección al azar de plantas fijas y la observación de eventos durante un lapso de tiempo establecido, con el objeto de lograr mayor cantidad de observaciones al recorrer las distintas transectas. Se caracterizaron los eventos de herbivoría detectados registrando: especie, estado de desarrollo y hábito alimenticio del herbívoro, frecuencia de observación de cada evento, abundancia-ocurrencia de cada especie

de insecto y órgano del vegetal consumido. Cuando fue posible se obtuvieron registros fotográficos del evento observado.

Para estimar la abundancia de herbívoros se utilizó una escala combinada de abundancia-ocurrencia, clasificando a las especies en: comunes (C), aquellas presentes en alta abundancia en muchos lugares; escasas (E), presentes en baja abundancia en muchos lugares y raras (R), presentes en baja abundancia en pocos lugares. Se clasificaron las especies según su hábito alimentario como polífagas (POL), cuando se alimentan de diferentes familias de vegetales; monófagas en sentido amplio (MON_{s.lat.}), cuando se alimentan de un solo género de plantas y monófagas en sentido estricto (MON_{s.str.}), cuando se alimentan de una sola especie vegetal. Para cuantificar el grado de confianza con que una observación de campo representa una verdadera de interacción de herbivoría, se utilizó el modelo propuesto por Flowers y Janzen (1997) para Chrysomelidae, con las modificaciones de escala propuestas por Montero (2008) (Tabla 1).

Tabla 1. Escala numérica para cuantificar los eventos de herbivoría Montero (2008).

SCORE	Descripción
5	Los insectos fueron observados en el campo alimentándose de la planta
4	Diez o más insectos fueron colectados sobre la planta y el daño de la planta puede atribuirse razonablemente a los insectos presentes.
3	Cuatro o nueve insectos fueron colectados sobre la planta y el daño puede atribuirse razonablemente a los insectos presentes o diez o más insectos fueron colectados pero el daño podría atribuirse a un insecto no presente.
2	Dos a cuatro insectos fueron colectados sobre la planta y el daño puede atribuirse razonablemente a los insectos presentes o cuatro a nueve insectos fueron colectados pero el daño podría atribuirse a un insecto no presente.
1	Dos a cuatro insectos fueron colectados pero el daño podría atribuirse a un insecto no presente.

2.4 Visitantes florales

Para determinar la riqueza de visitantes florales se estableció una transecta de 80x4 m que abarcaba a todas las parcelas, conformando un área de observación de 320 m². Esta transecta se recorrió seis veces en dos fechas de muestreo correspondientes a la etapa de plena floración del cultivo; simultáneamente se obtuvieron registros fotográficos de los eventos de visita floral detectados.

Para estimar la abundancia de visitantes florales se realizaron censos en diferentes horarios del día (9:00-10:00 hs y 12:00-13:00 hs). En cada censo se

registraron las especies que visitaban las flores durante diez minutos, en una parcela de 40×40 cm y se intentó determinar la función biológica de cada visitante. La función biológica se discriminó como: visitante (VI), cuando la especie está presente en la inflorescencia y no se desprende otra información de su función específica; polinizador (PO), cuando la carga de polen sobre el cuerpo del visitante puede hacer contacto efectivo con el estigma de las flores; ladrón de néctar (LN), especie que perfora la corola a la altura del nectario y se alimenta desde la parte externa de la flor; herbívoro (HER), especie que se alimenta de órganos florales; parasitoide (PA), especie cuyos adultos extraen néctar y/o polen que utilizan como fuente de alimento y sus larvas son parasitoides de otros insectos; predadores (PRE) especie cuyos adultos utilizan la flor como sitio de captura de presas y (PRpn), especie con larvas predadoras y adultos que extraen néctar y/o polen de las flores.

2.5 Efecto de la polinización biótica

En el período marzo – abril, cuando comenzó la floración, se trazaron dos transectas de 94 m cada una y separadas entre sí por una distancia de 20 m. Dentro de cada transecta se determinaron 16 estaciones distribuidas en cuatro áreas de muestreo distanciadas a más de 10 m. En cada estación se seleccionaron dos plantas, similares en altura y desarrollo de inflorescencia, a las cuales se les aplicaron dos tratamientos: (h) inflorescencia apical con exclusión de polinizadores y (hh) inflorescencia apical sin exclusión de polinizadores (Figura 1A y B). El primer tratamiento consistió en embolsar la inflorescencia apical con una bolsa de tela de voile atada suavemente con un hilo al pedúnculo permitiendo que no se limite su crecimiento. Mientras que, en el segundo, sólo se marcaron las inflorescencias con una cinta para su identificación. Durante la época de floración y fructificación se controló la presencia de las cintas y bolsas y se alargó aquellas que pudieran limitar el crecimiento de la inflorescencia.

Una vez finalizado el período de fructificación, se cosecharon de forma manual todas las infrutescencias y se depositaron en bolsas de papel para su posterior secado y evaluación. Las variables que se midieron en cada infrutescencia fueron: número de semillas presentes en 12 frutos elegidos al azar (cuatro del ápice, cuatro del medio y cuatro de la base) y el peso de 50 semillas.

Se utilizó una balanza electrónica BOECO Germany (Max=210 g; d=0,1 mg) para medir el peso de las semillas de ambos tratamientos.

También, se realizó un recuento de granos de polen depositados en la superficie estigmática. En el mes de mayo, una vez avanzada la floración del cultivo, se recogió por cada inflorescencia de cada tratamiento, un gineceo en la etapa final de la antesis y se colocó en un tubo eppendorf con solución de formaldehído-ácido acético-etanol (FAA). Para la elaboración del preparado, primero se extrajo el estigma de manera directa sin macerar el tejido floral y se colocó como colorante una solución de yodo yodurada ($I_2 + KI$) a la muestra antes de comprimirla con un cubreobjetos. Debido al gran tamaño de los granos de polen, cada preparado fue observado al microscopio óptico con un aumento de 4x.

Para comparar el número y peso de semillas y granos de polen en estigmas entre tratamientos, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) o se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis cuando no fue posible normalizar la distribución de los datos. Se utilizó el programa estadístico "R" para realizar estos análisis. El efecto del factor tratamiento y la posición en la inflorescencia (ápice, medio y base) sobre la variable número de semillas producidas se estudió a través de un análisis multivariante de la varianza (MANOVA) utilizando el programa estadístico "MULTIV". Este programa puede realizar pruebas rápidas de aleatorización en multivariado entre grupos de muestreos definidos por uno o más factores, especialmente se utiliza en análisis de variancia debido a interacciones entre factores.

Figura 1. Aplicación de tratamientos: inflorescencia apical con exclusión (A) y sin exclusión (B) de polinizadores.



RESULTADOS

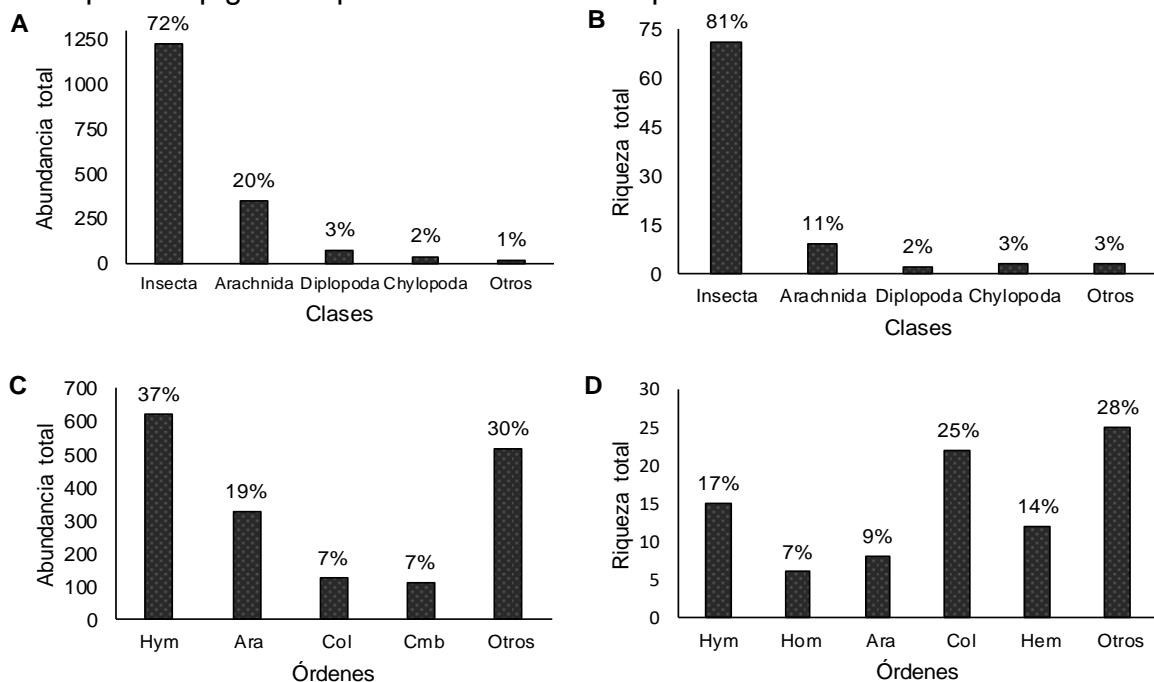
3.1 Relevamiento de fauna epigea

Se capturaron 1696 individuos que se agruparon en siete clases, 19 órdenes y 50 familias (Anexo I). Sobre un total de 88 especies identificadas, 49% fueron determinados al nivel de especie, 7% al nivel de género, 40% al nivel de familia y las 6 especies restantes como morfoespecies diferentes a las anteriores.

El 72% de la abundancia y el 81% de la riqueza correspondió a la clase Insecta, que incluye a diez órdenes y 37 familias. La clase Arachnida concentró el 20% de la abundancia y el 11% de la riqueza, distribuidas en dos órdenes y seis familias. La abundancia y riqueza de las clases Diplopoda y Chylopoda fueron muy bajas, y en conjunto representaron el 5%. Las clases Oligochaeta, Mammalia y Anura, en conjunto, concentraron menos del 1% de abundancia y del 3% de la riqueza totales (Figura 2A y B).

Los órdenes Hymenoptera y Araneae fueron los que presentaron mayor abundancia, mientras que el orden Coleoptera fue el de mayor riqueza, con 22 morfoespecies registradas; el segundo orden con mayor riqueza fue Hymenoptera, con 15 especies (Figura 2C y D).

Figura 2. Abundancia y riqueza de distintas clases (A y B) y órdenes (C y D) de artrópodos epigeos capturados en todos los períodos de muestreo.

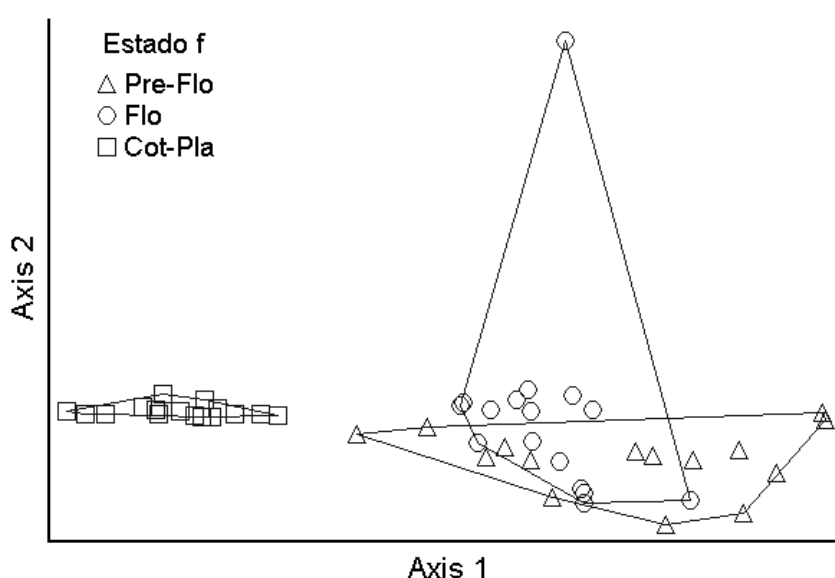


Referencias. Órdenes: Hym=Hymenoptera; Ara=Araneae; Col=Coleoptera; Cmb=Collembola; Hom=Hemiptera; Hem=Hemiptera

Existen diferencias altamente significativas en la composición específica de los ensambles de artrópodos epigeos presentes en los distintos estados fenológicos del cultivo de chíá ($T=-20,39$; $P<0,001$; MRPP) (Tabla 2).

El análisis DCA de la matriz general de datos (47 trampas \times 88 especies) permite diferenciar la estacionalidad de las comunidades de artrópodos; el eje 1 separa las muestras correspondientes de los estados fenológicos de prefloración y plena floración con respecto al estado cotiledón-plántula (Figura 3).

Figura 3. Ordenamiento (DCA) de los grupos de muestras obtenidas en distintos estados fenológicos del cultivo de chíá.



Referencias. Cada símbolo corresponde a una muestra (trampa) obtenida en cada estado fenológico.

La abundancia media de artrópodos epigeos es mayor en el estado Cot-Pla, respecto a los otros estados fenológicos del cultivo, que difieren entre sí. En el estado Cot-Pla se encontró la mayor abundancia total, 983 individuos que corresponden al 56% de la abundancia global; por el contrario, el estado de Pre-Flo fue el de menor abundancia total, presentando sólo 257 individuos (Tabla 2).

La riqueza media difirió entre los estados fenológicos del cultivo y sigue el orden decreciente Cot-Pla > Flo > Pre-Flo. La mayor riqueza total correspondió a estado Cot-Pla, que presentó el 55% del total de especies detectadas. El estado Pre-Flo sólo reunió al 39% del total de especies, que se incrementaron al 51% en el estado de Flo alcanzando valores similares a los detectados al inicio del cultivo (Tabla 2).

La equitatividad es menor en el estado Cot-Pla, en concordancia con una marcada dominancia de las especies *Solenopsis saevissima* y *Allocosa alticeps*, y no difiere en los otros dos estados fenológicos. La diversidad α es menor en el estado Pre-Flo, mientras que no difiere en los otros estados fenológicos (Tabla 2).

Tabla 2. Composición específica, abundancia, riqueza, equitatividad y diversidad α en cada estado fenológico del cultivo de chíá en la localidad de Zavalla, SF.

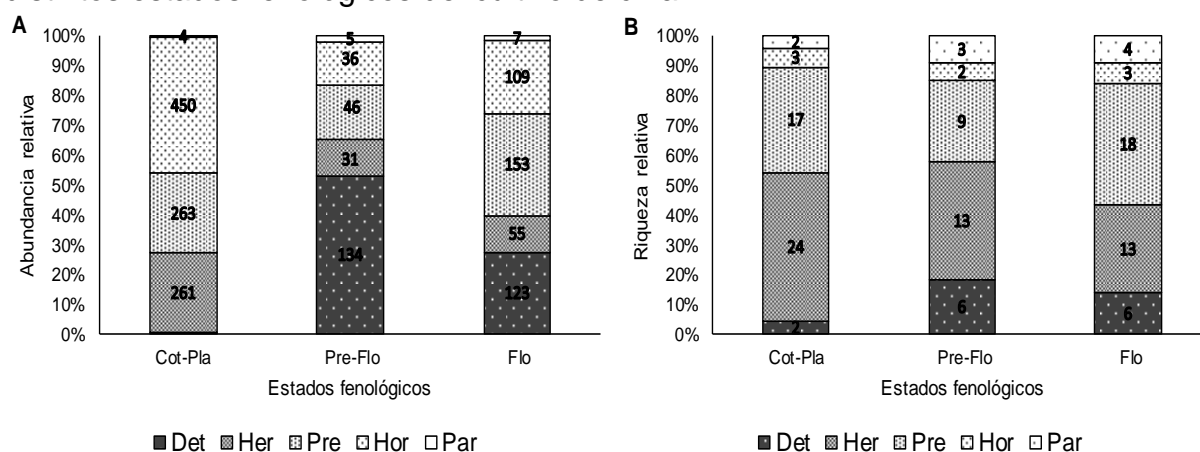
Variable ⁽¹⁾	Estado Fenológico			Estadístico	Probabilidad
	CotPla	PreFlo	Flo		
Composición Específica (MRPP)	A	B	C	20,39	<0,0010
Abundancia total ⁽²⁾	983	257	456		
Abundancia media ^{(3)¥}	61,44±7,73 a	17,13±7,99 b	28,50±7,73 b	21,92	<0,0001
Riqueza total	48	34	45		
Riqueza media ¥	13,75±0,87 a	5,67±0,90 c	10,88±0,87 b	21,15	<0,0001
Equitatividad (Pielou) ¥	0,74±0,03 b	0,88±0,03 a	0,90±0,03 a	7,91	<0,0012
Diversidad α (Shannon) ¥	1,93±0,10 a	1,41±0,11 b	2,09±0,10 a	11,30	<0,0001

Referencias. ¥ En los casos señalados, los valores indican media \pm desvío estándar. ⁽¹⁾ Valores con diferentes letras minúsculas difieren significativamente según un ANOVA. ⁽²⁾ Total de individuos capturados. ⁽³⁾ Número de individuos por trampa y por día. ⁽⁴⁾ Total de morfoespecies capturadas.

La estructura trófica de las comunidades de artrópodos epigeos difirió en los diferentes estados fenológicos del cultivo de chíá (Figura 4A y B). La proporción de predadores fue de 27% y 34% en los períodos Cot-Pla y Flo, mientras que en Pre-Flo no superó el 18%. La presencia de herbívoros fue máxima en Cot-Pla representando el 27%, mientras que en Pre-Flo y Flo alcanzó sólo el 12% de la abundancia total. En Pre-Flo y Flo la proporción de detritívoros fue de 52% y 27%, mientras que en Cot-Pla no superó el 0,5%. Las hormigas presentaron un máximo de 46% de abundancia al inicio de cultivo y su abundancia relativa fue baja en los otros estados fenológicos. La proporción de parasitoides fue mayor en Pre-Flo, representando el 2% de la abundancia total.

Los predadores alcanzaron una riqueza relativa de 35% y 40% en los períodos de Cot-Pla y Flo, mientras que en Pre-Flo representaron el 26% de la riqueza total. La proporción de especies herbívoras fue de 50% en Cot-Pla, mientras que en Pre-Flo y Flo fue de 38% y 29%. En Cot-Pla, Pre-Flo y Flo la riqueza relativa de detritívoros alcanzó el 4%, 18% y 13% respectivamente. La riqueza relativa de las hormigas no fluctuó demasiado entre los diferentes estados fenológicos, alcanzando un máximo de 7% en Flo. Los parasitoides alcanzaron una riqueza relativa de 9% en Pre-Flo y Flo, mientras que en Cot-Pla no superaron el 4%.

Figura 4. Abundancia relativa (A) y riqueza relativa (B) de grupos tróficos en distintos estados fenológicos del cultivo de chíá.



Referencias. Grupos tróficos: Det=Detritívoros; Her=Herbívoros; Pre=Predadores; Hor=Hormigas; Par=Parasitoides.

Las especies de mayor fidelidad (indicadoras) para cada estado fenológico se encuentran detalladas en la Tabla 3. El estado Cot-Pla se caracterizó por la presencia de dos especies herbívoras, *Protalebrella brasiliensis* y *Heteroderes laurentii*, esta última con menor frecuencia relativa; y un opilión de la familia Gnaphosidae, que es un predador generalista. En el período de Pre-Flo se registró con alta abundancia y frecuencia relativa al oligoqueto *Aporrectodea caliginosa*, correspondiente al grupo trófico de detritívoros. El período de Flo se caracterizó por presentar una especie de díptero detritívoro de la familia Sarcophagidae y dos especies de predadores generalistas, un Gagrellidae y con menor frecuencia relativa el chilópodo *Rhysida celeris*.

Tabla 3. Especies indicadoras de cada estado fenológico del cultivo de chíá.

Especie-Morfoespecie	Abundancia relativa			Frecuencia Relativa			Valor Indicador			Probabilidad
	CotPla	PreF	Flo	CotPla	PreF	Flo	CotPla	PreF	Flo	
<i>Protalebrella brasiliensis</i> Baker, 1899	100	0	0	81	0	0	81	0	0	0,0002
Gnaphosidae sp. 5137	100	0	0	81	0	0	81	0	0	0,0002
<i>Heteroderes laurentii</i> Guerin-Meneville, 1838	100	0	0	56	0	0	56	0	0	0,0002
<i>Aporrectodea caliginosa</i> Savigny, 1826	0	100	0	0	47	0	0	47	0	0,0002
Gagrellidae sp. 5165	0	0	100	0	0	63	0	0	63	0,0002
Sarcophagidae sp. 5109	0	0	100	0	0	63	0	0	63	0,0002
<i>Rhysida celeris</i> Humbert & Saussure, 1870	0	0	100	0	0	56	0	0	56	0,0002

Referencias. Se indican sólo las especies cuyo valor indicador es mayor o igual a 47%.

3.2 Relevamiento de herbívoros del follaje

Se registraron 230 eventos de herbivoría, que correspondieron a 21 especies de insectos, agrupados en seis órdenes de 13 familias. Se citan nueve nuevos registros efectivos (score 5) de herbivoría en *Salvia hispanica* (Anexo II; Tabla 4).

El 81% de las especies de herbívoros se determinaron al nivel específico. La gran mayoría de los herbívoros detectados son especies polífagas; en aquellos casos en que no se logró determinar con precisión la especie no fue posible asignar el hábito alimenticio (Tabla 4).

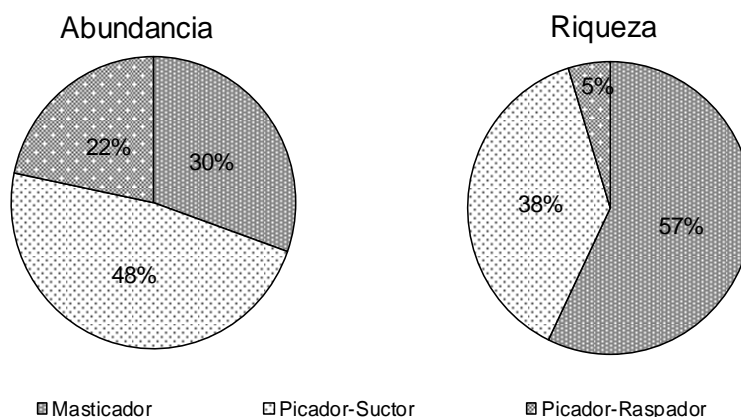
Tabla 4. Registros de herbivoría detectados en distintos estadios fenológicos del cultivo de chíca, en la localidad de Zavalla en los años 2015 y 2016.

Especie - Morfoespecie	Estado de desarrollo	Tipo de daño	Hábito alimenticio	Frecuencia	Abundancia Ocurrencia	SCORE	Órgano del vegetal	Estado Fenológico
<i>Chauliognathus scriptus</i> Germar, 1824	A	Mast	Polífago	4	R	1	H	Pre-Flo
<i>Diabrotica speciosa</i> Germar, 1824	A	Mast	Polífago	2	R	3	I	Flo
<i>Naupactus xanthographus</i> Germar, 1842	A	Mast	Polífago	3	R	2	H	Pre-Flo
<i>Astylus atomaculatus</i> Blanchard, 1843 (§)	A	Mast	Polífago	20	R	5	(H) I	Pre-Flo; Flo
<i>Lagri villosa</i> Fabricius, 1781	A	Mast	Polífago	2	R	1	(H)	Pre-Flo
Cicadellidae sp. 2057	A	Pic-Suc	?	5	E	5	H	Cot-Pla
<i>Ciminius platensis</i> Berg, 1884 (§)	A	Pic-Suc	Polífago	10	E	5	H	Cot-Pla
<i>Protalebrella brasiliensis</i> Baker, 1899 (§)	A	Pic-Suc	Polífago	50	C	5	H	Cot-Pla; Pre-Flo; Flo
Halticini sp. 2059 cf.	A	Pic-Suc	?	7	E	5	H	Cot-Pla
<i>Dichelops furcatus</i> Fabricius, 1775	NA	Pic-Suc	Polífago	14	E	2	H	Pre-Flo; Flo
<i>Edessa mediatubunda</i> Fabricius, 1794	A	Pic-Suc	Polífago	5	E	2	I	Pre-Flo
<i>Euschistus heros</i> Fabricius, 1789 (§)	A	Pic-Suc	Polífago	10	C	5	(H) I	Pre-Flo; Flo
<i>Nezara viridula</i> Linnaeus, 1758 (§)	N	Pic-Suc	Polífago	9	E	5	H I	Pre-Flo; Flo
<i>Acromyrmex lundii</i> Güerin-Meneville, 1838	A	Mast	Polífago	2	R	5	H	Pre-Flo
Geometridae sp. 2014	L P A	Mast	?	1	R	5	H	Flo
<i>Anticarsia gemmatilis</i> Hübner, 1818	A	Mast	Polífago	7	E	1	H	Pre-Flo
<i>Zoniopoda tarsata</i> Serville, 1813 (§)	N	Mast	Polífago	1	R	5	H	Pre-Flo
<i>Dichroplus bergi</i> Stål, 1878 (§)	NA	Mast	Polífago	15	C	5	H	Pre-Flo; Flo
<i>Dichroplus maculipennis</i> Blanchard, 1851	NA	Mast	Polífago	12	C	5	H	Cot-Pla; Pre-Flo; Flo
<i>Xyleus discoideus discoideus</i> Serville, 18:	A	Mast	Polífago	1	R	2	H	Flo
Thripidae sp. 1975	N	Ras-Suc	Polífago	50	E	5	H	Cot-Pla; Pre-Flo

Referencias. (§) Nuevos registros efectivos de herbivoría. Estado de desarrollo del insecto: A, adulto; L, larva; P, pupa; N, ninfa. Tipo de daño producido: Mast, masticador; Pic-Suc, picador-suctor; Ras-Suc, raspador-suctor. Hábito alimenticio: ?, desconocido. Abundancia-ocurrencia: R, rara; E, escasa; C, común. Órgano del vegetal afectado: H, hoja; I, inflorescencia; entre paréntesis cuando el registro es dudoso. Estado fenológico: Cot-Pla, cotiledón-plántula; Pre-Flo, pre-floración; Flo, plena floración.

El 48% de la abundancia y el 38% de la riqueza corresponden a tres familias de hábito picador-suctor, por el contrario, el 57% de la riqueza y el 30% de la abundancia corresponde a nueve familias de insectos masticadores. Una especie de "trips" (Thysanoptera) no determinada alcanzó el 22% de la abundancia (Figura 5).

Figura 5. Abundancia y riqueza de insectos en función del tipo de daño que producen.



Sólo el 19% de los registros corresponde a especies comunes, que están presentes con alta abundancia en casi todos los sitios de muestreo. El 81% restante son especies raras (43%) y escasas (38%).

3.3 Visitantes florales

Se obtuvieron 350 registros de visita floral, aplicando un esfuerzo de muestreo de 420 minutos en un área de 320 m². Se identificaron 31 especies de artrópodos, agrupados en 8 órdenes y 15 familias; dos fueron determinadas a nivel de familia, una a nivel de género y las 28 restantes a nivel específico (Anexo III; Tabla 5).

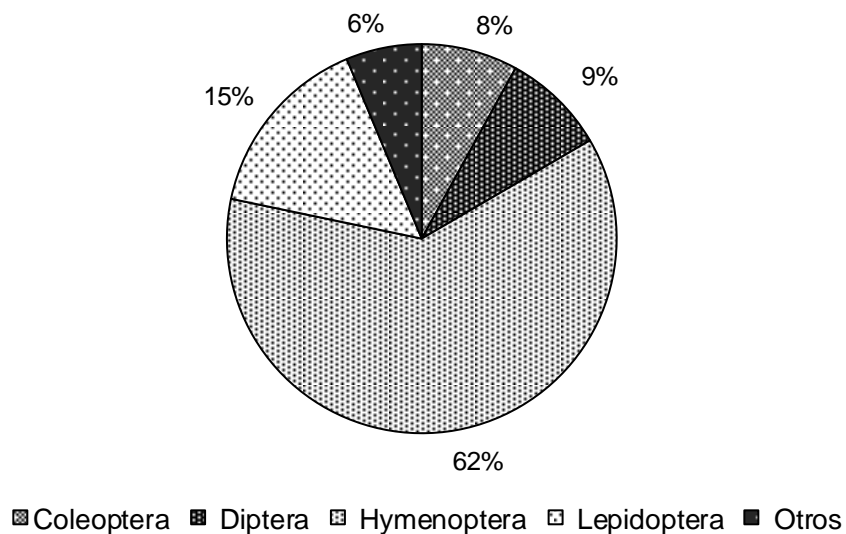
El 62% de los registros correspondió a dos especies del orden Hymenoptera, la abeja común *Apis mellifera* y el abejorro *Xylocopa ordinaria*, ambas representantes de la familia Apidae. El orden Lepidoptera alcanzó el 15% de los registros, comprendiendo un total de 16 especies; el Pieridae *Colias lesbia phyrrothea*, que comúnmente ataca cultivos de alfalfa y soja, fue el lepidóptero que presentó mayor frecuencia, seguido por el Nymphalidae *Junonia genoveva hilaris*, herbívoro neutral, que no afecta a los cultivos agrícolas regionales. El 9% de los registros corresponden al orden Diptera, cuyos representantes más frecuentes son dos Syrphidae de los géneros *Allograpta* y *Toxomerus*. Los coleópteros, que comprenden el 8% de los registros, estuvieron representados por cuatro especies distribuidas en tres familias. Los órdenes Araneae, Heteroptera y Neuroptera en conjunto, no alcanzaron el 7% de los registros observados, siendo Neuroptera el orden detectado en menor frecuencia (Figura 6).

Tabla 5. Registros de visitantes florales del cultivo de chía, en la localidad de Zavalla en los años 2015 y 2016.

Orden	Familia	Especie - Morfoespecie	Función biológica ¹	
Araneae	Thomisidae	Thomisidae sp. 1	PRE	
		Thomisidae sp. 2	PRE	
Coleoptera	Chrysomellidae	<i>Diabrotica speciosa</i> Germar, 1824	HER	
	Coccinellidae	<i>Cycloneda sanguinea</i> Linnaeus, 1763	PRE	
		<i>Coleomegilla quadrifasciata</i> Schönherr, 1808	PRE	
	Melyridae	<i>Astylus atomaculatus</i> Blanchard, 1843	HER	
Diptera	Syrphidae	<i>Allograpta exotica</i> Wiedmanii, 1830	PO; PRpn	
		<i>Toxomerus</i> sp.	PO; PRpn	
Heteroptera	Pentatomidae	<i>Euschistus heros</i> Fabricius, 1789	HER	
		<i>Nezara viridula</i> Linnaeus, 1758	VI	
		<i>Piezodorus guildinii</i> Westwood, 1837	VI	
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	PO	
		<i>Xylocopa ordinaria</i> Smith, 1874	PO; LN	
	Crambidae	<i>Spoladea recurvalis</i> Fabricius, 1775	PO	
		<i>Hylephila phyleus</i> Drury, 1770	PO	
		<i>Pyrgus americanus bellatrix</i> Plötz, 1884	PO	
	Hesperiidae	<i>Urbanus procne</i> Plötz, 1881	PO	
		<i>Urbanus proteus</i> Linnaeus, 1758	PO	
		<i>Lerodea euphala</i> Edwards, 1867	PO	
		<i>Lycaenidae</i>	<i>Leptotes cassius</i> Cramer, 1775	PO
	Lepidoptera		<i>Anartia jatrophae jatrophae</i> Linnaeus, 1763	PO
			<i>Agraulis vanillae maculosa</i> Stichel, 1908	PO
		Nymphalidae	<i>Junonia genoveva hilaris</i> C. et R. Felder, 1867	PO
			<i>Vanessa carye</i> Hübner, 1812	PO
<i>Danaus plexippus erippus</i> Cramer, 1775			PO	
Pieridae		<i>Euptoieta claudia hortensia</i> Blanchard, 1852	PO	
		<i>Colias lesbia pyrrothoea</i> Hübner, 1819	PO	
Mantodea	Vatidae	<i>Stagmatoptera hyaloptera</i> Perty, 1832	PRE	
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla externa</i> Hagen, 1861	PRE	

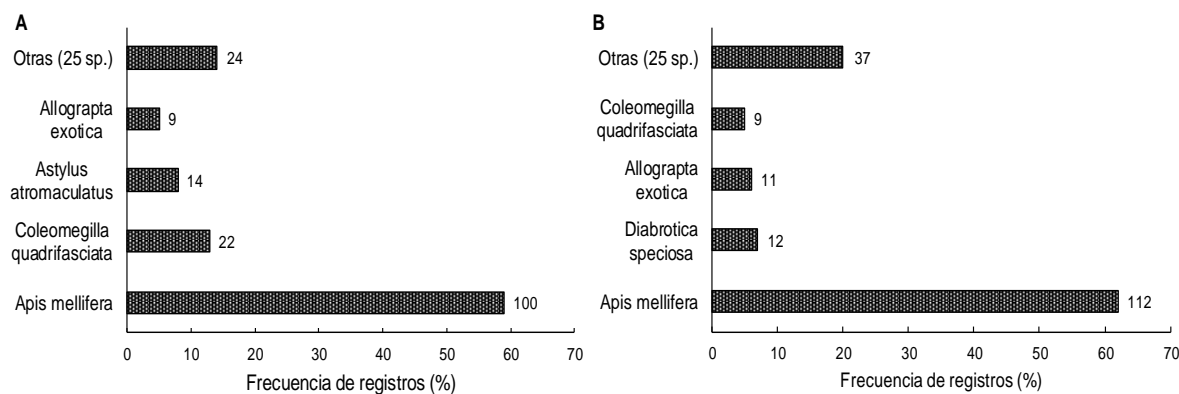
Referencias: ¹Las siglas de la función biológica de cada especie se detalla en la sección Materiales y Métodos.

Figura 6. Abundancia de visitantes florales cultivos de chía agrupados por órdenes.



De la totalidad del tiempo de muestreo, 200 min correspondieron a 20 censos realizados por la mañana (9:00 - 10:00 hs) y el tiempo restante corresponde a 22 censos realizados durante el mediodía (12:00 - 13:00 hs). El 48% de los registros totales fueron observados durante las primeras horas del día y el 52% restante cerca del mediodía. No se observaron diferencias marcadas en la frecuencia de visitantes florales correspondientes a dichos períodos de muestreo. En ambos períodos de muestreo, *A. mellifera* fue la especie detectada con mayor frecuencia; observada en más de 100 visitas y representó el 62% del total de las visitas registradas. En la mañana, en orden de frecuencia decreciente con respecto a *A. mellifera* se detectó al coccinélido *Colleomegilla quadrifasciata*, el melírido *Astylus atromaculatus* y el sírfido *Allograpta exotica* con 22, 14 y nueve visitas respectivamente. Al mediodía, *Diabrotica speciosa* y *A. exotica* fueron la segunda y tercera especie más frecuentes con 12 y 11 registros y representando el 6% y 5% de las visitas totales, seguidas por *C. quadrifasciata* con nueve registros. Las demás especies detectadas en los muestreos alcanzaron en conjunto el 14% y 20% del total de visitas, sin embargo, ninguna de ellas superó el 5% de la frecuencia de manera individual (Figura 7A y B).

Figura 7. Frecuencia de registros de visita floral (N=350) de los principales artrópodos presentes en inflorescencias de un cultivo de chíá, en la mañana (A) y en el mediodía (B).

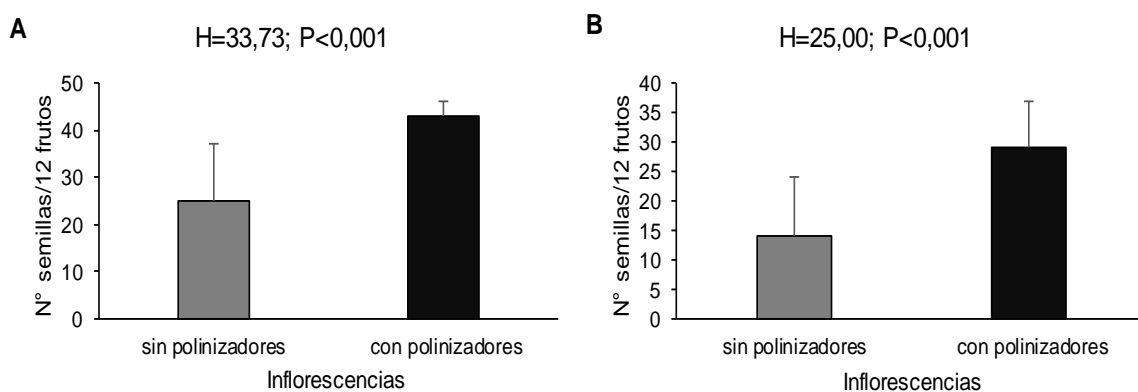


3.4 Efecto de la polinización biótica

En los dos años de muestreo se encontraron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros evaluados respecto a los tratamientos de exclusión de polinizadores aplicados. El número de semillas en 12 frutos presentó diferencias significativas ($H=33,73$; $P<0,001$ y $H=25,00$; $P<0,001$) en ambos períodos de muestreo, siendo mayor en aquellas plantas donde no se restringió la polinización entomófila. El

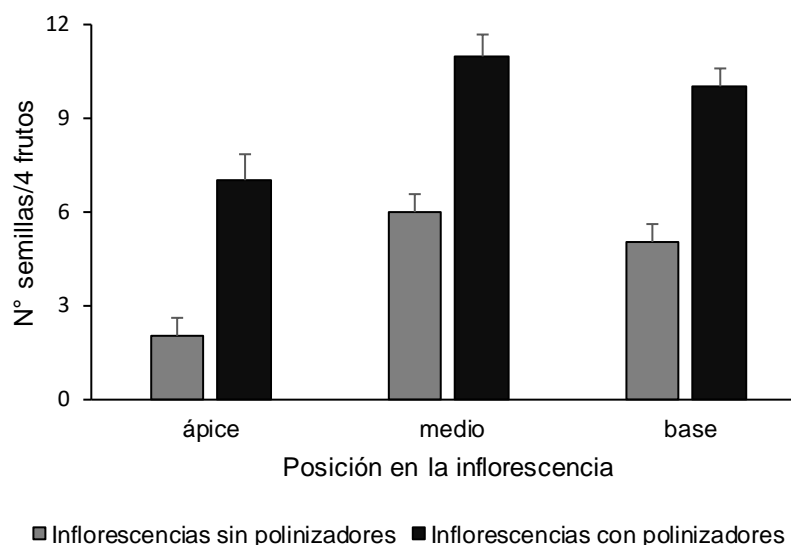
promedio del número de semillas correspondientes al tratamiento de exclusión de polinizadores fue de 28 y 14 semillas para los años 2015 y 2016 respectivamente. Mientras que en el tratamiento sin exclusión de polinizadores fue de 43 y 29 semillas. En ambos años de muestreo fue significativamente mayor la producción de semillas cuando los insectos pueden acceder a las inflorescencias (Figura 8A y B).

Figura 8. Promedio de número de semillas producidas en función de los tratamientos de exclusión de polinizadores, correspondientes a los años 2015 (A) y 2016 (B).



No hubo interacción en el número de semillas producidas entre el tratamiento aplicado y la posición de la flor en la inflorescencia (ápice, medio, base) ($H=2,01$; $P=0,939$). Para ambos tratamientos no se detectaron diferencias significativas entre el número de semillas producidas en el medio y la base de la inflorescencia ($H=2,25$; $P=0,737$), pero sí entre ellas y el ápice ($H=273,2$; $P<0,001$ y $H=325,13$; $P<0,001$). El número medio de semillas producidas en el medio y la base de las inflorescencias sin exclusión de polinizadores fue 11 y diez respectivamente, mientras que sólo se obtuvo una media de ocho semillas cuando se excluyeron los polinizadores. En el ápice de las inflorescencias el promedio del número de semillas producidas fue menor que en las otras posiciones, independientemente del tratamiento de exclusión de polinizadores (Figura 9).

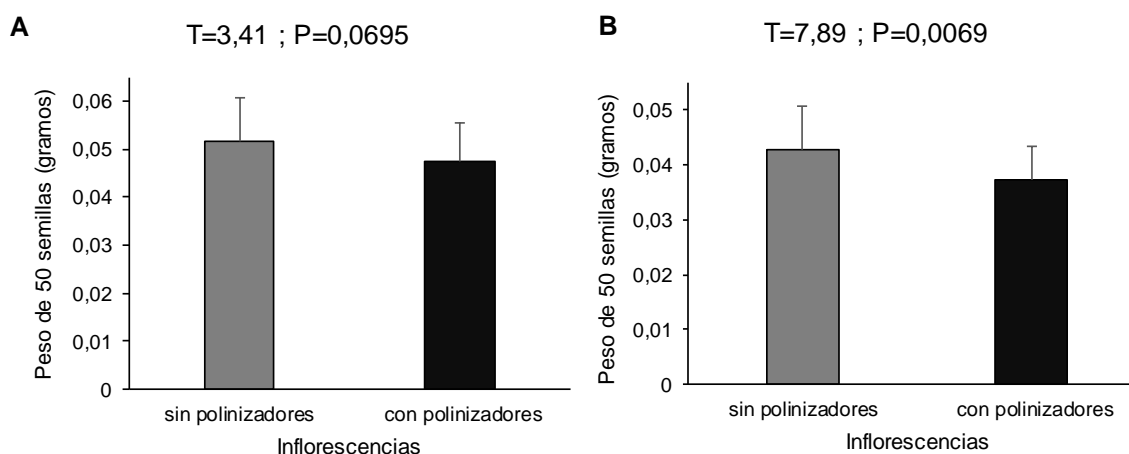
Figura 9. Promedio de número de semillas producidas en función de la posición de la flor en la inflorescencia, correspondientes al año 2016.



Referencias. Las barras de error corresponden al error estándar de la media (E.E).

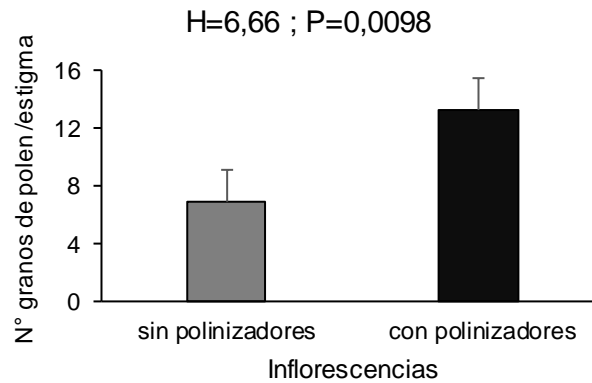
El peso medio de 50 semillas para el tratamiento de exclusión de polinizadores fue 0,0514 y 0,0426 g en los años 2015 y 2016 respectivamente; mientras que en el tratamiento abierto a la polinización fue 0,0474 y 0,3720 g. Pese a que en ambos años de muestreo se observó un mayor peso de aquellas semillas correspondientes a las plantas con restricción a la polinización, esa diferencia fue estadísticamente significativa sólo en el año 2016 (Figura 10A y B).

Figura 10. Peso de semillas de chíá en función de los tratamientos correspondientes a los años 2015 (A) y 2016 (B).



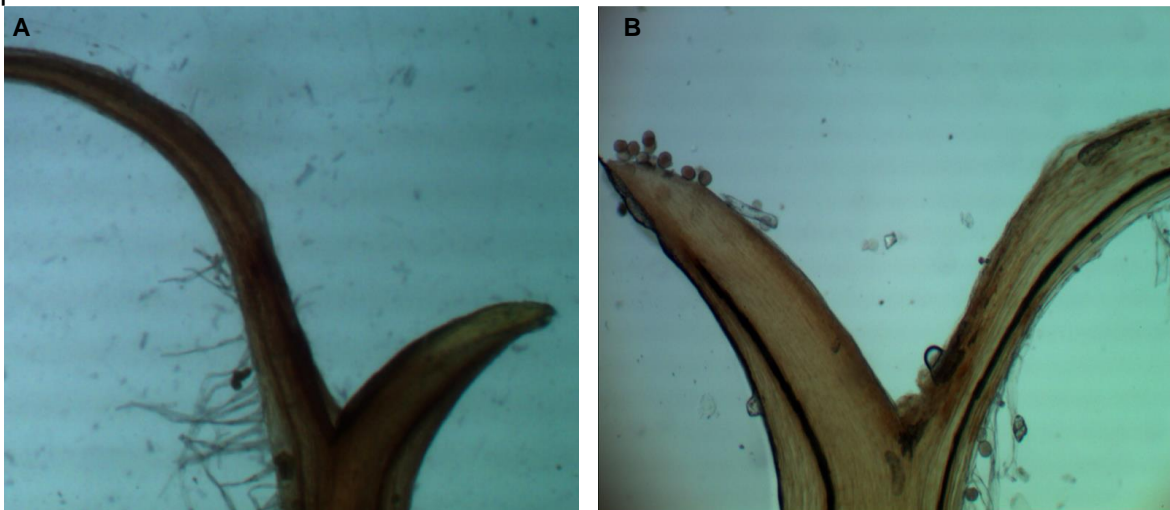
El número medio de granos de polen por estigma fue significativamente menor en el tratamiento de exclusión de polinizadores (Figura 11 y Figura 12).

Figura 11. Número de granos de polen por estigma de chía en función de los tratamientos correspondientes al año 2016.



Referencias. Las barras de error corresponden al error estándar de la media (E.E).

Figura 12. Imágenes de granos de polen sobre superficie estigmática observados con microscopio óptico en inflorescencias con exclusión (A) y sin exclusión (B) de polinizadores.



DISCUSIÓN

4.1 Relevamiento de fauna epigea

Si bien el método más común para muestrear artrópodos epigeos que se desplazan sobre la superficie del suelo es mediante la utilización de trampas “pitfall”, es importante aclarar que sus capturas son más bien indicadoras de la actividad superficial que de los niveles poblacionales de las distintas especies (Montero, 2008).

Todos los ejemplares colectados se identificaron al nivel de familia y cuando fue posible se determinaron al nivel de especies. El resto del material se identificó como “morfoespecies” diferentes a las anteriores. La determinación al nivel de especies demanda de mucho tiempo y en algunos casos resulta prácticamente imposible, por la falta de taxónomos expertos para los grupos involucrados (Montero, 2008). En muchos casos, el detalle taxonómico no mejora los resultados ecológicos obtenidos, a pesar del tiempo requerido para la adquisición de este conocimiento (De la Fuente *et al.*, 2003).

En las muestras recolectadas se registraron individuos de tres especies que no son frecuentes de capturar en las trampas pitfall. Una de ellas es el roedor *Calomys musculus* cuyo registro podría deberse a la presencia de semillas de chíca en el suelo, producto de la caída de los primeros carcérulos producidos en las infrutescencias. Por observación directa, se pudo establecer que los fuertes vientos pueden influir en la caída de frutos maduros y flores. La presencia de una especie de Siphonaptera (pulga) la asociamos a los roedores que transitan la superficie del suelo durante el período reproductivo del cultivo, puesto que esta especie hematófaga podría comportarse como un ectoparásito de los mismos (Mello y Brasil, 1979; Marshall, 1981; Nava *et al.*, 2003). Mientras que el registro del anuro *Physalaemus biligonigerus*, lo asociamos al ciclo de abundantes lluvias que se registró en el período de muestreo de Pre-Flo, durante el año 2015.

Las hormigas fueron incluidas en el análisis general de los datos, no obstante las trampas pitfall no son el método más adecuado para cuantificar su abundancia, debido a su actividad gregaria (Lagos, 1999). De esta manera, la elevada abundancia de hormigas registrada en algunas trampas podría ser explicada porque las mismas pudieron haber sido colocadas en las proximidades de los sitios de transporte de alimento hacia las colonias.

Al comenzar el ciclo del cultivo, se registró la mayor abundancia de predadores, entre los que se destacan las arañas *A. alticeps*, una morfoespecie de la familia Gnaphosidae y el carábido *Argutoridius bonariensis*. Las arañas y esta especie de carábido se caracterizan por su alta movilidad, comportamiento generalista-oportunista y su notable adaptación a los disturbios agrícolas (Cicchino *et al.*, 2003, Montero, 2008). La elevada abundancia media (37,5 ind. x trampa⁻¹) en Cot-Pla se podría deber a la presencia de una mayor cantidad de insectos herbívoros que pueden ser consumidos por estos predadores. En monocultivo de soja, Lietti *et al.* (2006) registran una abundancia media de 20,17 ind. x trampa⁻¹ durante un período de muestreo de 14 días. De esta manera, la utilización de chíá como borde permitiría aumentar el control natural de insectos herbívoros que causan daños en los cultivos lindantes.

En Pre-Flo se observó una disminución de la abundancia y riqueza, no obstante al avanzar el período de floración se produce una notable modificación en la fauna epigea del follaje y del suelo, con la presencia de diversas especies que explotan los diferentes recursos ofrecidos por las flores vivas y en descomposición, aumentando la abundancia y riqueza de predadores.

A su vez con el inicio de la floración del cultivo, se observó un elevado incremento de la abundancia y riqueza de artrópodos detritívoros respecto al estado Cot-Pla y sumado a esto, difiere la composición específica entre ambos períodos. Esto podría deberse a la especificidad del elenco de especies que integran este grupo trófico cuando aumenta la concentración de flores y hojas que forman parte del sustrato superficial del suelo, al final del ciclo del cultivo. En Pre-Flo existe una marcada dominancia de una especie de colémbolo de la familia Onychiuridae, este grupo forma parte de la mesofauna edáfica y su dieta consiste principalmente en material vegetal en descomposición (Borror *et al.*, 1989). Debido a su reducido tamaño y a su notable abundancia, es común encontrarlos en elevadas cantidades en trampas pitfall, Montero (2008) registró para la zona de estudio 47.000 individuos por trampa en siete días de muestreo en bordes de áreas de cultivo, durante el mismo período de muestreo. En Flo dos especies de Pseudonannolenidae y una especie de Sarcophagidae fueron las más abundantes. Los diplópodos se alimentan principalmente de restos vegetales en descomposición, y son importantes en la incorporación de materia orgánica al suelo (Mauries, 1998); no obstante, algunos

autores los consideran herbívoros (Ríos de Saluso *et al.*, 2001). Estos artrópodos, no fueron detectados en el cultivo de chía alimentándose de tejido vegetal vivo.

Los herbívoros capturados en las trampas pitfall registran un patrón muy marcado, con una disminución de la abundancia y la riqueza al avanzar el desarrollo del cultivo. En el período Cot-Pla se recolectaron aproximadamente cinco veces más individuos y la riqueza fue casi el doble, con respecto a los estados de Pre-Flo y Flo. Esto coincide con lo detectado por Nieves Díaz (2015), que establece que la chía en estado de plántula es susceptible a ataques de insectos herbívoros y enfermedades, pero al crecer vegetativamente sus hojas y tallos sintetizan componentes que actúan como repelentes de insectos plaga.

La mayor abundancia de insectos herbívoros al comienzo del ciclo del cultivo, sumado a la falta de componentes químicos que actúan como defensa anti-herbivoría y a su baja competitividad con malezas después de los 45 días de haber germinado (Torres Zalazar *et al.*, 2014; Nieves Díaz, 2015) convierten al estado fenológico cotiledón-plántula como limitante, y podría existir la necesidad de realizar controles para evitar pérdidas económicas en los lotes de cultivo. Los daños generados en las hojas de la plántula podrían limitar su crecimiento, causando enanismo y modificando la maquinaria fotosintética de la planta, lo cual conllevaría a un menor llenado de frutos y menor rendimiento final del cultivo. Además, Torres Zalazar *et al.* (2014) citan al Sulfentrazone como el herbicida más eficiente para el control químico de malezas en chía. No obstante, Montero Bulacio *et al.* (2015) descarta el uso de Sulfentrazone por su elevada toxicidad y bajo rendimiento en comparación del desmalezamiento manual. Por lo cual, el control de malezas debería realizarse antes de la siembra del cultivo o utilizando control mecánico si las malezas tienen mayor tamaño. Por otro lado, en ausencia de control químico de malezas, la siembra se debería realizar inmediatamente después de la preparación del suelo, con el objeto de disminuir la intensidad de competencia con las mismas (Torres Zalazar *et al.*, 2014).

Especies indicadoras. En el período cotiledón-plántula se detectaron tres especies de alta abundancia y frecuencia relativa, dos de las cuáles son herbívoras; esto resulta lógico y coincide con lo establecido por Nieves Díaz (2015), que ya fuera explicado. Una de estas especies es el gusano alambre *Heteroderes laurentii*, que si bien no es una plaga de relevancia en nuestros agroecosistemas, en países tropicales y subtropicales su estado larval causa severos daños mecánicos en el sistema radicular de los cultivos de tabaco (Martínez *et al.*, 2007). La otra especie es la chicharrita *P.*

brasiliensis. Los cicadélidos son importantes desde un punto de vista fitosanitario debido a su capacidad de transmitir patógenos, sobre todo virosis, a una amplia gama de hospedantes. En Argentina, varias especies de cultivos son afectadas por enfermedades como el “declinamiento del paraíso”, la “escoba de bruja” de la alfalfa y la “tristeza de ajo” producidas por fitoplasmas específicos, como el fitoplasma GDIII (*garlic decline*) para este último. Estas enfermedades causan diversos síntomas en la planta infectada: clorosis, enrojecimiento de las hojas, esterilidad de las flores, enanismo y proliferación de yemas adventicias (Catalano, 2011). Es por eso que, además de ocasionar elevados daños en las hojas y por ende menor productividad, tiene que considerarse la posibilidad de transmisión de enfermedades a cultivos aledaños.

La presencia de la lombriz *A. caliginosa* como especie de alta fidelidad en el estado de Pre-Flo pudo deberse a condiciones climáticas particulares, ocurridas durante el período de muestreo. Las lombrices se desplazan sobre la superficie del suelo cuando se produce un anegamiento del terreno debido a lluvias abundantes (Aguilar, 2007); justamente es lo que ocurrió cuando se inundó el cultivo durante 12 horas con la torrencial lluvia del día 20 de abril de 2015. Si bien las trampas pitfall no son el método adecuado para evaluar la fauna hipogea, atribuimos las capturas al anegamiento producido.

En el período de Flo se detectaron tres especies indicadoras, dos de las cuales son predadoras y la otra detritívora. Por un lado, ambas especies predadoras, *R. celeris* y un opilión de la familia Gagrellidae, se caracterizan por ser generalistas siendo importante su presencia en el cultivo para ejercer control sobre otros artrópodos que pueden llegar a causar daños en las plantas. Por otro lado, la elevada abundancia y frecuencia relativa de una mosca detritívora de la familia Sarcophagidae puede deberse a la concentración de ácido acético y formol en las trampas, producto de la evaporación del agua de la solución conservante, por efecto de las altas temperaturas estivales. La abundancia relativa de cada taxa capturado en trampas pitfall puede variar por diversos factores (Greenslade, 1964), entre los que se encuentra la naturaleza del líquido conservante utilizado (Lemieux y Lindgren, 1999; Pekár, 2002). Otras posibles causas podrían ser la presencia de flores en estado de descomposición encontradas en el suelo luego de las intensas lluvias producidas o el olor generado por algunos ejemplares de *P. biligonigerus* caídos en las trampas y en estado de descomposición. Si bien esta morfoespecie fue clasificada como detritívora,

los miembros de esta familia presentan mayormente una dieta carroñera, coprófaga y necrófaga (Pape *et al.*, 2004).

4.2 Relevamiento de herbívoros del follaje

Tal como esperábamos y como lo indicaban las observaciones previas es escasa la acción de los herbívoros sobre los cultivos de chía en la región pampeana, tanto en la defoliación como en daños producidos sobre las estructuras florales. En oposición a lo esperado, la mayoría de las especies detectadas alimentándose de las plantas, son de hábito polífago. Si bien en algunos casos no fueron detectadas en el área de estudio en asociación con otras especies vegetales, los datos bibliográficos confirman que se trata de especies polífagas, que se alimentan de varias familias botánicas (Montero, 2014).

No hay registros bibliográficos de herbivoría en *S. hispanica* en la recopilación de insectos fitófagos y sus plantas asociadas en la República Argentina realizada por Cordo *et al.* (2004). En esta publicación se citan 15 especies de insectos de 10 familias, que se alimentan de siete especies del género *Salvia*; sólo dos de estas especies, reconocidas como polífagas, *D. speciosa* y *Edessa meditabunda* fueron detectadas en este estudio. Tampoco hay registros en Pastrana (2004), quien realiza un amplio relevamiento de los lepidópteros argentinos y sus plantas hospedadoras. En esta revisión, se citan tres especies de lepidópteros de tres familias diferentes, que se alimentan de hojas de *Salvia* sp. y de *S. splendens* (especie cultivada como ornamental). No registramos ninguna de estas especies en este estudio.

Cinco especies de coleópteros herbívoros polífagos fueron detectadas en inflorescencias y en hojas de chía. Tres de estas especies, *Naupactus xanthographus*, *A. atromaculatus* y *Lagriia villosa* nunca fueron registrados en Lamiaceae (Cordo *et al.*, 2004; Montero *et al.*, 2002; Montero, 2008; Montero, 2014). La “vaquita de San Antonio” (*D. speciosa*) que fue detectada en baja frecuencia en este estudio, es considerada plaga de chía en México (Sosa-Baldivia y Ruiz-Ibarra, 2016). No encontramos registros bibliográficos de herbivoría de *Chauliognathus scriptus* sobre Lamiaceae en la República Argentina.

En el caso de las hormigas cortadoras (Attini), en el cultivo de chía de Zavalla se registró a *Acromyrmex lundi*, mientras que una especie de hábitos similares (*A. striatus*) fue registrada en *Salvia gilliesi* en la provincia de San Luis (Cordo *et al.*, 2004).

En el área en que se realizó este estudio se detectó herbivoría de *A. lundí* sobre “ortiga mansa” *Lamium amplexicaule* (Montero, 2014).

Las cuatro especies de tucuras detectadas defoliando en plantas de *S. hispanica*, al igual que otros Acrididae, son considerados insectos polífagos (Cordo *et al.*, 2004), no obstante se desconoce la existencia de otros registros de herbivoría específicos para *Dichroplus bergi* y *Xyleus discoideus discoideus*. La especie *D. bergi* fue detectada en Zavalla alimentándose efectivamente (score 5) de hojas de chía en los estados fenológicos de Pre-Flo y Flo; por el contrario, nuestro registro de *X. discoideus discoideus* es dudoso y le asignamos baja confiabilidad. *D. maculipennis*, detectada desde la emergencia del cultivo y *Zoniopoda tarsata* son especies reconocidas como polífagas, que no fueron registradas hasta el presente alimentándose de Lamiaceae en la República Argentina (Cordo *et al.*, 2004).

Respecto a las dos especies de lepidópteros detectadas en el cultivo de chía, el registro de la “isoca de las leguminosas” (*Anticarsia gemmatalis*) lo consideramos dudoso y su presencia en las plantas puede ser ocasional y la atribuimos a la proximidad de lotes cultivados con soja; si bien esta especie polífaga, posee un bajo rango de hospedantes y con preferencia por las Fabaceae (Cordo *et al.*, 2004, Montero, 2014). También encontramos alimentándose efectivamente de hojas de chía a larvas de un Geometridae, que aún no fue posible determinar; en nuestro país ha sido detectada una especie de esta familia (*Microsema gladiaria* Guenée, 1858) en dos especies de Lamiaceae: *Hyptis spicata* y *Melissa officinalis* (Biezanko *et al.*, 1957; Hayward, 1969; Pastrana, 2004). Desconocemos si se trata de la misma especie que nosotros detectamos en Zavalla.

Los registros de tres especies de “chicharritas” (Cicadellidae) polífagas, detectadas alimentándose de cotiledones y de hojas en los primeros estadios del cultivo de chía, constituyen nuevos registros argentinos de herbivoría para estas especies.

P. brasiliensis es una especie polífaga, de amplia distribución en el centro norte de Argentina, que ha sido registrada ocasionando daños en cultivos de maíz en la provincia de Tucumán (Luft Albarracín *et al.*, 2008; Paradell *et al.*, 2014), Chaco, Córdoba, Entre Ríos, Mendoza, Misiones y Santa Fe (Catalano, 2011); en Nicaragua ha sido detectada en plantas huéspedes del género *Hedeoma* correspondiente a Lamiaceae (Maes y Godoy, 1993). *Ciminius platensis* es otra especie que se

encuentra durante el período de implantación del cultivo, aunque está presente en baja frecuencia relativa; esta especie es polífaga y fue citada en Rutaceae, Malvaceae y Poaceae (Cordo *et al.*, 2004), aunque no ha sido registrada en Lamiaceae. Esta chicharrita produce daños directos en cultivos de sorgo (Marino de Remes Lenicov *et al.*, 2006) y en cultivos de maíz (Luft Albarracín *et al.*, 2008), en el norte de nuestro país. Por este motivo sería conveniente monitorear con detalle las poblaciones de esta chicharrita en lotes de cultivo aledaños a cultivos de maíz y sorgo, donde podría desarrollar sus primeras generaciones y alcanzar mayores niveles poblacionales en los lotes de chíá durante el período de implantación del cultivo.

Dos de las cuatro especies de chinches de la familia Pentatomidae que fueron detectadas en plantas de chíá podrían ocasionalmente alimentarse de la misma; por un lado *D. furcatus* que no ha sido registrada en Lamiaceae (Cordo *et al.*, 2004) y por otro lado *E. meditabunda* que es una especie polífaga registrada en más de 65 especies vegetales diferentes (Cordo *et al.*, 2004), entre las que se encuentran dos especies del género *Salvia* (*S. coccinea* y *S. officinalis*) (Rizzo, 1971). Las otras dos especies que fueron detectadas alimentándose efectivamente de la planta, corresponden a dos nuevos registros argentinos de herbivoría en Lamiaceae. Por un lado, la “chinche verde común” (*Nezara viridula*), que es una especie polífaga que se alimenta de más de 90 especies vegetales diferentes (Cordo *et al.*, 2004) y por otro lado, la “chinche de cuernitos” (*Euchistus heros*), que al igual que otras especies del género *Euchistus* también son polípagas aunque explotan un bajo rango de hospederos (Rizzo, 1968; Cordo *et al.*, 2004; Montero, 2014). Estas chinches están presentes en los cultivos de soja pampeanos, donde con frecuencia producen importantes pérdidas durante el período reproductivo, cuando se concentran en este cultivo y abandonan a los diversos hospedantes alternativos, tanto silvestres como cultivados (Montero, 2008). Esta preferencia alimentaria por la soja podría explicar la baja frecuencia de detección de chinches en los lotes cultivados con chíá en la localidad de Zavalla, insertos en una gran matriz sojera.

En base a la mayor frecuencia de herbívoros del follaje registrados en el campo y a la mayor abundancia relativa de herbívoros recolectados en las trampas pitfall en el estado Cot-Pla, se mantiene la hipótesis 1.

4.3 Visitantes florales

Es importante no confundir el término visitante floral con polinizador. Se entiende por visitante floral a todo individuo que se posa en una flor de manera aleatoria o bien para ejercer algún tipo de actividad (alimentación, cópula, etc.). Es decir, en un muestreo de visitantes florales, en general la totalidad de las especies registradas no se comportan como polinizadores.

En este trabajo se registraron 31 especies de visitantes florales, entre los cuales 20 especies fueron clasificadas como polinizadores. La mayoría de los registros corresponden a abejas (*A. mellifera*), que es lo que esperábamos encontrar dada la estructura floral de la planta. La riqueza registrada es elevada si se compara con la observada en el cultivo de colza, caracterizado por la producción de abundante polen y néctar de calidad, donde Mazzei (2016) observó siete especies de polinizadores. Esta diferencia podría brindar ventajas en su utilización como bordes, aumentando la eficiencia del servicio ecosistémico de la polinización.

El mecanismo de polinización del género *Salvia* es la melitofilia (Faegri y Van der Pijl, 1979); las abejas al posarse en el labio inferior de la corola y presionar el nectario producen la inclinación de las anteras y la deposición de polen en el dorso del insecto. Además, las abejas, a pesar de poder extraer néctar y polen de diversas especies florales, presentan un mecanismo de forrajeo, conocido como “*majoring*”, que les permite a través de un sistema visual ajustado al espectro de color de las flores, reconocer el color y asociar el aroma de aquellas flores que ofrecen mayor recompensa (Ollerton, 1999; Grajales-Conesa *et al.*, 2011). De esta manera, en cada expedición de recolección las abejas se limitan a unas pocas especies hasta que reconocen una nueva, cuyo beneficio es mayor y se concentran en la misma. Esto permite explicar su gran afluencia en el cultivo de chía durante el período de floración. En adición a lo anterior, la alta frecuencia de abejas también puede ser explicada por su elevada capacidad de vuelo que les permite explorar, localizar y utilizar parches favorables (Garibaldi *et al.*, 2011) insertos en una matriz agrícola, con predominio del cultivo de soja.

La morfología floral de la chía puede explicar la elevada tasa de visitas de mariposas que constituyen el segundo grupo de visitantes detectado con mayor frecuencia. Según Tobar *et al.* (2001), las mariposas diurnas tienen preferencia por flores azules, púrpuras, rosadas y amarillas, con corolas largas y con alguna fuente

de néctar, como bolsas o discos nectaríferos; estas características florales están presentes en *S. hispanica*. Sin embargo, la flora que rodea la zona del cultivo es sumamente importante para determinar que especies de mariposas van a estar presentes, ya que diversas especies vegetales constituyen la fuente de alimento en el estado larval, si estas plantas no están presentes tampoco lo están las mariposas asociadas.

Es sabido que los machos adultos de ciertas especies de mariposas no se alimentan, por lo que no podrían contribuir al transporte de polen. Sin embargo, aquellos adultos que si se alimentan consumen sustancias azucaradas, principalmente néctar, siendo frecuentes visitantes florales. Sumado a esto, existen registros de mariposas transportando granos de polen principalmente en la cabeza, probóscide y ojos (Tobar *et al.*, 2001; Montero, 2008), por lo cual en el presente trabajo fueron clasificadas como polinizadoras.

Es importante destacar que el visitante floral del orden Lepidoptera que se detectó con mayor frecuencia fue la “isoca de la alfalfa” (*C. lesbia phyrrothea*) cuya larva es considerada una plaga secundaria en cultivos de soja y una defoliadora relevante de praderas de alfalfa. No observamos perjuicios ni daños producidos por larvas de esta especie en los distintos estados fenológicos del cultivo de chíá.

Los Diptera fueron el tercer orden con mayor frecuencia de visitas; las dos especies detectadas (*A. exotica* y *Toxomerus* sp.) pertenecen a la subfamilia Syrphinae. Los adultos de la mayoría de las especies de sírfidos poseen una dieta a base de néctar y polen, que es requerido por las hembras para el desarrollo de los huevos (Schneider, 1969). Estas moscas fueron consideradas polinizadoras porque son capaces transportar granos de polen adheridos a su cabeza y tórax (Anexo IV). No obstante, la baja frecuencia de registro y escasa carga de polen que transportan indican que son poco eficientes como polinizadores. Algunas características morfológicas de la subfamilia Syrphinae como baja presencia de pilosidad, el aparato bucal corto y una elevada actividad de limpieza de los granos de polen que quedan adheridos a su cuerpo, los condicionan como polinizadores eficaces (Zamora-Carrillo *et al.*, 2011).

Por otro lado, estos sírfidos también fueron clasificados como predadores que requieren polen y néctar (PRpn) ya que en su estado larval son predadores de varios grupos de artrópodos, aunque principalmente se alimentan de pulgones (Zamora-

Carrillo *et al.*, 2011; López *et al.*, 2012). Las larvas de sírfidos pueden llegar a disminuir hasta un 70% las poblaciones de áfidos, disminuyendo su densidad hasta niveles económicamente favorables y haciendo posible el control biológico de diversos pulgones plaga (López *et al.*, 2012). En consecuencia, los cultivos de chíá pueden proporcionar los recursos alimenticios para que algunas especies de sírfidos afidófagos mantengan sus poblaciones en los agroecosistemas agrícolas regionales.

Los coleópteros presentaron una frecuencia de visitas similar al orden Diptera y estuvieron representados por cuatro especies. Dos de ellas, *D. speciosa* y *A. atromaculatus*, son conocidas como plagas agrícolas en la región ya que sus adultos ocasionan daños en las hojas y sus larvas en semillas y raíces (Montero, 2008). No obstante, el perjuicio resulta bajo si se lo compara con las principales plagas agrícolas regionales. También, se observó herbivoría floral de ambas especies y gran cantidad de individuos de *A. atromaculatus* copulando en las inflorescencias de chíá.

Es importante destacar la ausencia de adultos de especies parasitoides de plagas agrícolas que hayan visitado las flores de chíá en el área de estudio. Considerando que la dieta principal de estos parasitoides es el néctar y el polen se esperaría una mayor abundancia en el cultivo, debido a que ofrece este recurso en abundancia. Sin embargo, Bianchi y Wäckers (2008), establecen que la arquitectura floral es un parámetro que garantiza la frecuencia de visitas de parasitoides, resultando lógico que estas especies presenten un comportamiento de mayor forrajeo en plantas con flores más pequeñas como las Apiaceae, evitando así la posible competencia con otros polinizadores más agresivos como *A. mellifera*.

Con respecto a los diferentes horarios del día estudiados, no se observaron diferencias en la abundancia y la composición específica de los visitantes florales presentes, siendo siempre *A. mellifera* la especie dominante. La ausencia de diferencias probablemente se deba al escaso período de tiempo entre los horarios en que se realizaron los censos (de 9-10 hs y de 12-13 hs). Si bien este análisis nunca fue un objetivo del proyecto, en estudios futuros podrían realizarse censos en mayor cantidad de ventanas horarias (8-9 hs, 13-14 hs y 17-18 hs) para obtener mayor detalle acerca del comportamiento de los visitantes florales.

Por último, la elevada riqueza relativa de polinizadores que se registró no es un parámetro que asegure la estabilidad productiva del cultivo frente las variaciones normales que se producen en el ensamble de polinizadores. Si bien, mayor diversidad

de polinizadores brinda un respaldo frente a la disminución de la abundancia del polinizador dominante del cultivo (*A. mellifera*) (Aizen y Chacoff, 2009), es importante destacar que en el área de estudio existe una ausencia casi total de himenópteros nativos. Esto es un dato no menor, ya que según un estudio de relevamiento realizado por Garibaldi *et al.* (2013) en 41 cultivos diferentes, los polinizadores salvajes aumentan dos veces más la cantidad de frutos cuajados que *A. mellifera*, debido a que en ellos el coeficiente entre los granos de polen depositados y el cuajado de frutos es menor, traduciéndose en mayor calidad de los granos de polen transportados. Es por eso, que sería una iniciativa deseable que se utilicen diversos medios para fomentar el manejo de los bordes de cultivos, con el objeto de favorecer la presencia y dispersión de abejas silvestres.

4.4 Efecto de la polinización biótica

Para probar y demostrar el efecto de la polinización biótica sobre parámetros productivos en plantas, fue necesario aislar una o más inflorescencias de polinizadores y comparar con un control los datos obtenidos. Considerando que, desde la formación hasta la madurez del fruto, los carpelos pueden presentar la capacidad de fotosintetizar (Deaquiz-Oyola, 2014), se decidió interferir lo mínimo posible en dicho proceso para no alterar los resultados. Debido a esto, se eligió aislar únicamente una inflorescencia por planta utilizando una bolsa de tela de voile. Este material disminuye en promedio un 24% ($319,45 \text{ Umol. s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$) la radiación total que incide sobre la superficie de la misma (Anexo V). Si bien no se conoce el punto de saturación de la luz para *S. hispanica*, es decir, la intensidad de luz donde la fotosíntesis es máxima y por encima de la cual no aumenta la velocidad del proceso, se estima que esta reducción no debería afectar la actividad fotosintética de la planta.

Parámetros productivos: número y peso de semillas. En ambos años de muestreo, el número de semillas contenidas en 12 frutos fue superior en el tratamiento abierto a la polinización biótica. Esto da sustento y coincide con el supuesto enunciado por Ramamoorthy (1985) acerca que la chía es una especie de polinización cruzada y entomófila; y con Wilcock y Neiland (2002) que aseguran que la falta de polinización cruzada en plantas hermafroditas puede culminar con una menor o nula producción de semillas debido a la autofecundación.

La diferencia en producción de semillas por frutos entre tratamientos se puede deber a la mayor frecuencia de visitas de la abeja común *A. mellifera*, considerada el

polinizador más eficiente de los cultivos (McGregor, 1976; Kremen *et al.*, 2002). Por otro lado, Garibaldi *et al.* (2013) expresan que el comportamiento de forrajeo de la abeja común disminuye la calidad de polinización y aumenta la autopolinización en relación con las abejas autóctonas, debido a la vibración de sus cuerpos que ocasionan la caída de polen dentro de flores de la misma planta. Al englobar las dos posturas anteriores se coincide con diversos autores que afirman que más del 70 % de los cultivos dependen de la polinización cruzada y que en aproximadamente el 66% de los mismos, los polinizadores más eficaces y abundantes son las abejas (Kremen *et al.*, 2002; FAO, 2004; Aizen *et al.*, 2009; Aizen y Harder, 2009; Coro Arizmendi, 2009).

En el año 2016 las medias del número de semillas disminuyeron para ambos tratamientos respecto a los valores de 2015. En el 2016 las plantas estuvieron sometidas a un período de inundación, posiblemente causado por el fenómeno climático “El Niño”. Esto produjo una disminución en el cuajado de frutos, generando semillas inviables y de pequeño tamaño, que fueron descartadas en la estimación del número de semillas. En concordancia con lo anterior, debido a que las condiciones ambientales pueden afectar la actividad de los insectos polinizadores (Wilcock y Neilan, 2002; Aguilar Sierra y Smith-Pardo, 2009; Lautenbach *et al.*, 2012), las abundantes lluvias de 2016 pudieron influir en la frecuencia de visitantes florales. Además, al considerar que el mecanismo de orientación de *A. mellifera* se produce a través del ángulo formado entre el azimut del sol y la fuente de alimento, la falta de radiación solar directa (días nublados) afecta su capacidad de localizar recursos florales y de polinizar (Towne y Gould, 1987).

Es importante destacar que también hubo una notable diferencia en los desvíos estándares del número de semillas correspondientes a los tratamientos de embolsado y abierto a la polinización. Los análisis estadísticos del primero tratamiento detectan un desvío mayor (doce y diez semillas) con respecto al segundo (tres y ocho semillas) para ambos años de muestreo. Si ellos se comparan con el promedio de número de semillas por tratamiento correspondientes a cada periodo de muestreo, se observa que los coeficientes de variación alcanzan al 48% y 7% de semillas producidas para el año 2015 y al 71% y 28% para el año 2016. Estos porcentajes demuestran que, frente a las mismas condiciones ambientales, las plantas polinizadas presentan no sólo una mayor producción total de semillas, sino que también una menor variación de cantidad de semillas por fruto. Los resultados obtenidos son lógicos porque la

presencia de mayor abundancia y diferencia de gametofitos masculinos, provenientes de distintos progenitores, representan un mecanismo adaptativo que incrementa la frecuencia de genotipos que producen mayor número de semillas por fruto (Ter-Avanesian, 1978).

Resulta evidente que un factor que influye en el coeficiente de variación del número de semillas por fruto es la polinización. Cuando existe restricción de polinizadores o bien, en un hábitat natural no experimental, su abundancia es baja se produce una mayor variabilidad del número semillas por fruto. Tomando como base lo establecido por Ter-Avanesian (1978) y considerando que *A. mellifera* es el polinizador más frecuente y eficiente en el cultivo, se podría disminuir el coeficiente de variación aumentando su abundancia y explotar así los beneficios brindados. En futuras investigaciones, la incorporación de colmenas a ensayos experimentales permitiría estimar la abundancia o frecuencia necesarias para alcanzar la máxima productividad.

Como se explicó anteriormente, si bien existen diferencias significativas en el número de semillas producidas entre tratamientos, no se observó interacción entre estos y la posición de la inflorescencia. Esto significa que para ambos tratamientos las proporciones de semillas producidas en el ápice, medio y base con respecto al total son similares, por lo que se podría aludir que la polinización entomófila, relacionada principalmente con la abeja común, no necesariamente se produce en una cierta posición de la inflorescencia, sino que es más bien aleatorio. El comportamiento al azar podría asociarse con la antesis, ya que por observación directa se concluyó que la apertura de las flores no es simultánea entre aquellas que pertenecen a una misma parte de la inflorescencia, sino que es más bien aleatoria. Por otro lado, es importante destacar la diferencia entre el promedio de semillas producidas en el medio y la base (ocho semillas) con respecto al ápice (cinco semillas). Debido a que el patrón es constante entre tratamientos, algunas posibles causas pueden ser una mayor tasa de flores estériles en el ápice, en relación con el medio y la base de las inflorescencias; o también que los recursos fotosintéticos disponibles estén asignados a los frutos formados y una vez que la planta llega a un nivel de carga, las últimas flores reciban menos recursos.

Existen diferentes posturas con respecto a cómo la polinización afecta las variables productivas de peso y número de semillas por fruto. Es claro que la polinización por abejas aumenta el número de semillas producidas por fruto en aquellas plantas con bajo índice de autogamia, sin embargo, es importante entender

si las dos variables están correlacionadas positivamente o no. En mostaza, Steffan-Dewenter y Tschardtke (1999) demuestran que a medida que se produce un aumento en el número de semillas, su peso disminuye de manera no significativa. Steffan-Dewenter (2003) y Hayter (2006) llegan a la misma conclusión estudiando un cultivo de colza. Este patrón se ajusta a los resultados obtenidos en el año 2015 para el presente estudio, donde la variable peso de semilla disminuye levemente sin diferencias significativas cuando se produce un aumento en el número de semillas por fruto producto de la polinización entomófila; por el contrario, en el año 2016 se observó el mismo modelo pero con diferencias significativas. De manera opuesta, Bommarco *et al.* (2012) registró un aumento de ambas variables frente al servicio brindado por la polinización en cultivos de colza. No se encuentran datos disponibles a este respecto sobre chíá, de esta manera, en esta tesis se estarían reportando los primeros datos.

Depósito del polen. En ambos tratamientos se encontró depósito de polen sobre estigmas durante el período de antesis, demostrando que la especie tiene la capacidad de autopolinizarse. Sin embargo, en el tratamiento de embolsado el promedio de granos de polen por estigma fue casi dos veces menor (siete granos de polen/estigma) en relación a aquellas inflorescencias donde no se limitó las visitas florales (13 granos de polen/estigma). También es importante destacar que en el 30% de los estigmas embolsados que se analizaron no se encontraron granos de polen, a diferencia de los estigmas libres a la polinización donde sólo el 7% presentó ausencia total de polen. Esta diferencia se debe a la polinización entomófila producida por el traslado de polen de flor en flor a través de insectos.

Aizen y Harder (2007) establecen que la limitación de polen conlleva, en la mayoría de los casos, a una disminución en la producción de semillas al afectar la capacidad reproductiva de la planta. Esta limitante presenta dos componentes: la calidad y la cantidad de granos de polen. El primer componente no fue estudiado en el presente trabajo, mientras que el segundo es analizado en base a los granos de polen que arriban al estigma. Respecto a la cantidad de granos de polen, un estudio realizado por Ter-Avanesian (1978) en cultivo de algodón, demostró que algunos parámetros productivos como número, tamaño y peso de semillas por fruto aumentaban con un mayor depósito de granos de polen sobre el estigma. La cantidad de polen también influye en los genotipos raros o extremos, siendo menor la tasa en las generaciones cuyo progenitor no tuvo limitantes cuantitativas de polen. Por otro lado, también demostró que en cultivos de algodón y frijol chino (*Vigna unguiculata*)

se produce una disminución del peso de semillas con respecto al control, cuando los granos de polen saturan de manera excesiva el estigma.

Es importante destacar que, al momento de considerar un valor de cantidad de polen como limitante, se hace en relación con el número de óvulos que presenta la flor. Si bien no pudimos comprobar con exactitud dicho número en *S. hispanica*, existe bibliografía que cita la presencia de cuatro óvulos por flor para la familia Lamiaceae y para dos especies del género *Salvia*, *S. gesneriflora* y *S. sellowiana* (Aximoff, 2008; Cuevas-García *et al.*, 2013). Sería lógico considerar a la chía una especie tetraovular porque sumado a lo anterior, el número máximo de semillas producidas por flor que se observó en el presente trabajo fue de cuatro. Según Gómez (2002), este bajo número permite que más polinizadores sean considerados eficientes debido a que se necesitan menos granos de polen para fecundar la totalidad de los óvulos. Teniendo en cuenta que en condiciones naturales, normalmente no alcanza con un único grano de polen para fecundar un óvulo, el promedio de polen correspondiente al tratamiento embolsado difícilmente fecundaría la totalidad de los óvulos contenidos en el ovario. En cambio, el tratamiento abierto a la polinización al presentar un número mayor, pero no saturante de granos de polen (evitando la competencia de los tubos polínicos), permitiría un aumento del número de semillas por flor con respecto al tratamiento embolsado.

La mayor deposición de polen en ciertos sectores del estigma puede ser explicada en base a su morfología floral. En *S. hispanica* el androceo está compuesto por dos estambres fértiles, unidos por un conectivo, que se insertan en el ovario a través de su articulación con filamentos. Mientras que el estigma presenta dos ramificaciones: una de mayor longitud que sale del ovario y otra más corta, ubicada entre las anteras (Hernández- Gómez *et al.*, 2008). Dada esta cercanía, resultaría lógico observar mayor concentración de polen en la última ramificación descrita como se registró (Figura 12). Faegri y Van der Pijl (1979) también atribuyen que esta proximidad entre los órganos reproductivos favorece la autofecundación, sin embargo, como fue explicado al inicio del trabajo, Mann (1959) y Haque y Goshal (1981) aseguran que en el género *Salvia* existen mecanismos que evitan la autofecundación como la protandria y la presencia de plantas androestériles.

El número de semillas por infrutescencia y los granos de polen observados por estigma en presencia de polinizadores coincidieron con las predicciones formuladas;

sin embargo, el peso del número de semillas disminuyó. Por eso, se establece que la hipótesis 2 se mantuvo parcialmente.

La información sobre esta especie es aún escasa. Este trabajo tuvo como objetivo aumentar el conocimiento de la macrofauna de artrópodos asociada a cultivos de chía (*Salvia hispanica* L.) en el sudeste de Santa Fe. Sin embargo, es de suma importancia en el futuro abordar el estudio de los mecanismos de polinización para una mayor comprensión de las interacciones ecológicas entre los polinizadores y la planta.

CONCLUSIÓN

La chía es un cultivo incipiente en la región pampeana con escaso bagaje de conocimiento asociado. Se confirmó que, al inicio del desarrollo del cultivo, las plantas son más propensas al ataque de herbívoros, principalmente la chicharrita *Protalebrella brasiliensis*; no obstante, no se observó una importante disminución del stock de plántulas atribuibles a daños producidos por esta especie. En adición, la baja incidencia de otros insectos herbívoros durante la implantación del cultivo y en etapas posteriores permite un desarrollo vegetativo elevado y genera un microambiente que permite la preservación de una alta diversidad de especies en el estado de floración y fructificación.

Muchos autores citan la capacidad de autofecundación en chía, no obstante, se confirmó que la polinización entomófila aporta mayor cantidad y calidad de granos de polen y favorece la fecundación cruzada, aumentando los parámetros productivos evaluados de número de semillas y granos de polen en superficie estigmática. La abeja *A. mellifera* fue el polinizador más frecuente, aunque 31 taxas fueron observados visitando sus flores.

El uso de cultivos de chía, implantados en bordes de áreas agrícolas de la región Pampeana, favorece la presencia de especies de predadores generalistas que pueden ejercer un control biológico sobre insectos herbívoros. Además, la elevada diversidad de polinizadores poliléticos asociados a sus inflorescencias pueden brindar importantes servicios ecológicos al mismo cultivo y a los cultivos circundantes, aumentando así la productividad obtenida.

La floración de la chía se produce entre fines de verano y principios de otoño, por lo tanto, con la finalidad de prolongar el suministro de néctar a los polinizadores y parasitoides durante el período invernal y permitir mantener sus poblaciones estables hasta la próxima época de siembra del mismo, se podría combinar áreas con cultivos de chía próximos a otros cultivados con colza, en el seno de la matriz agrícola Pampeana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar DAC. 2007. "Establecimiento de un plan de manejo sostenible para la producción de lombriz en el oriente ecuatoriano (Puyo)". Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba, Ecuador. Tesis. p. 14
2. Aguilar Sierra CI, Smith-Pardo AH. 2009. Abejas visitantes de *Mimosa pigra* L. (Mimosaceae): comportamiento de pecoreo y cargas polínicas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Acta biol. Colomb. 14(1): 107-118
3. Ahmed MH, Ting PI, Scora RW. 1994. Leaf Oil Composition of *Salvia hispanica* L. from Three Geographical Areas. J. of Essential Oil Res. 6(3): 223-228
4. Aizen MA, Chacoff NP. 2009. Las interacciones planta-animal como servicio ecosistémico: el caso del mutualismo de polinización. En: Medel R, Aizen MA, Zamora R. (Eds.) Ecología y evolución de interacciones planta-animal. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. pp. 399
5. Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA, Klein AM. 2009. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. Laboratorio Ecotono, INIBIOMA-CONICET, Universidad Nacional del Comahue. Annals of Botany 103: 1579–1588
6. Aizen MA, Harder LD. 2007. Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. Ecology 88(2): 271-281
7. Aizen MA, Harder LD. 2009. The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. Laboratorio Ecotono, INIBIOMA-CONICET, Universidad Nacional del Comahue. Current Biology 19: 915-918
8. Altieri MA, Nicholls CI. 2007. El papel ecológico de la biodiversidad en la agricultura. En: Icaria (Ed.) Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas. pp. 248
9. Aximoff IA. 2008. Longevidade floral e sucesso reprodutivo de uma espécie ornitófila de *Salvia* (Lamiaceae). Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro Escola Nacional de Botânica Tropical. Tesis. pp. 25-26
10. Ayerza R, Coates W, Lauria M. 2002. Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an ω -3 Fatty Acid Source for Broilers: Influence on Fatty Acid Composition, Cholesterol and Fat Content of White and Dark Meats, Growth Performance, and Sensory Characteristics. Poultry Science 81(6): 826-837

11. Bentley BL, Johnson ND. 1990. Plants as food for herbivores: the roles of nitrogen fixation and carbon dioxide enrichment. En: Price P, Lewinsohn T, Fernandes GW y Benson WW (Eds.). Plant-Animal Interactions. John Wiley & Sons. New York, USA
12. Bianchi FJJA, Wäckers FL. 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biological Control* 46(3): 400-408
13. Biezanko CM, Ruffinelli A, Carbonell CS. 1957. Lepidoptera del Uruguay: lista anotada de especies. *Rev. Fac. Agron. Montevideo* 46: 3-149.
14. Bochicchio R, Philips TD, Lovelli S, Labella R, Galgano F, Di Marisco A, Perniola M, Amato M. 2015. Innovative Crop Productions for Healthy Food: The Case of Chia (*Salvia hispanica* L.). En: Antonella Vastola (Ed.) *The Sustainability of Agro-Food and Natural Resources Systems in the Mediterranean Basin*. pp. 397
15. Bommarco R, Marini L, Vaissère BE. 2012. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia* 169(4): 1025-1032
16. Borror DJ, Triplehorn CA, Johnson NF. 1989. An introduction to the study of insects. 6^{ta}—Ed. Sunders College Publishing. Harcourt Brace Publishers. Orlando, USA. pp. 875
17. Bueno M, Di Sapio O, Barolo M, Busilacchi H, Quiroga M, Severin C. 2010. Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 9(3): 221-227
18. Busilacchi H, Quiroga M, Bueno M, Di Sapio O, Flores V, Severin C. 2013. Evaluación de *Salvia hispanica* L. cultivada en el sur de Santa Fe (República Argentina). *Cultivos Tropicales* 34(4): 55-59
19. Camarena Gutiérrez G. 2009. Señales en la interacción planta insecto. Unidad de Morfología y Función, FES Iztacala. México. *Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 81-85
20. Catalano MI. 2011. Cicadélidos vectores de fitoplasmas a cultivos de importancia económica en la Argentina. *Sistemática y bioecología (Insecta-Auchenorrhyncha- Cicadellidae)*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo. pp. 6-9; 39-41

21. Chacoff NP, Morales CL. 2007. Impacto de las alteraciones antrópicas sobre la polinización y la interacción planta-polinizador. *Ecol. austral* 7(1): Sección especial
22. Cicchino AC, Marasas ME, Paleologos MF. 2003. Características e importancia de la carabidofauna edáfica de un cultivo experimental de trigo y sus bordes con vegetación espontánea en el partido de La Plata, Pcia. de Buenos Aires. *Revista de Ciencia y Tecnología, FA – UNSdE* 8: 41-55
23. Cloudsley-Thompson JL. 1962. Microclimates and the distribution of terrestrial arthropods. *Ann. Rev. Entomol.* 7: 199-222
24. Cloudsley-Thompson JL. 1967. *Microecology*. St. Martins Press. New York. p. 49
25. Cordo HA, Logarzo G, Braun K, Di Iorio O. 2004. Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. Sociedad Entomológica Argentina Ediciones. Buenos Aires, Argentina. pp. 734
26. Coro Arizmendi M. 2009. La crisis de los polinizadores. *CONABIO. Biodiversitas* 85:1-5
27. Cuevas-García E, Alcalá-Guerra A, Baños-Bravo YE, Flores-Palacios A. 2013. Biología reproductiva y robo de néctar en *Salvia gesneriflora* (Lamiaceae) y sus consecuencias en el éxito reproductivo. *Botanical Sciences* 91(3): 357-362
28. De la Fuente EB, Suárez SA, Ghera CM. 2003. Weed and insect communities in wheat crops with different management practices. *Agron. J.* 95: 1542-1549
29. Deaquiz-Oyola YA. 2014. Los frutos y su fotosíntesis. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigaciones en Abonos Orgánicos Fermentados (AOF). *Conexagro Jdc.* 4(1): 39-47
30. Di Sapio O, Bueno M, Busilacchi H, Quiroga M, Severin C. 2012. Caracterización Morfoanatómica de Hoja, Tallo, Fruto y Semilla de *Salvia hispanica* L. (Lamiaceae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 11(3): 249-268
31. Di Sapio O, Bueno M, Busilacchi H, Severin C. 2008. Chía: importante antioxidante vegetal. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/24/3AM24.htm>
32. Faegri K, Van der Pijl L. 1979. *The principles of pollination ecology*. Third revised edition. Pergamon Press. London. pp. 244
33. FAO. 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - The international response. En: Freitas BM. y Pereira JOP (eds.),

Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária, Fortaleza, pp. 285

34. Flowers RW, Janzen DH. 1997. Feeding records of Costa Rican leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Florida Entomologist* 80(3): 334-366
35. Garibaldi LA, Morales CL, Ashworth L, Chacoff NP, Aizen MA. 2012. Los polinizadores en la agricultura. *Revista Ciencia Hoy* 21(126): 34-43
36. Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C, Morales JM, Bommarco R, Cunningham SA, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Greenleaf SS, Holzschuh A, Isaacs R, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin LA, Potts SG, Ricketts TH, Szentgyörgyi H, Viana BF, Westphal C, Winfree R, Klein AM. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14: 1062–1072
37. Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C, Morales JM, Bommarco R, Cunningham SA, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Greenleaf SS, Holzschuh A, Isaacs R, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin LA, Potts SG, Ricketts TH, Szentgyörgyi H, Viana BF, Westphal C, Winfree R, Klein AM. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14: 1062–1072
38. Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalheiro LG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka K, Krishnan S, Mandelik Y, Mayfield MM, Motzke I, Munyuli T, Nault BA, Otieno M, Petersen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlöf M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tschardt T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N, Klein AM. 2013. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339: 1608-1611
39. Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalheiro LG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka K, Krishnan S, Mandelik Y, Mayfield MM, Motzke I, Munyuli T, Nault BA, Otieno M, Petersen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlöf M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H,

- Tscharntke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N, Klein AM. 2013. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339: 1608-1611
40. Gómez JM. 2002. Generalización en las interacciones entre plantas y polinizadores. Grupo de Ecología Terrestre, Departamento de Biología Animal y Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada. Granada, España. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 105-116
 41. Grajales-Conesa J, Meléndez-Ramírez V, Cruz-López L. 2011. Aromas florales y su interacción con los insectos polinizadores. Universidad Autónoma de Yucatán, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 82(4): 1356-1367
 42. Greenslade PJM. 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology* 33(2): 301-310
 43. Haque S, Ghoshal KK. 1981. Floral Biology and Breeding System in the Genus *Salvia* L. Department of Genetics and Plant Breeding, Bidhan Chandra Krishi Viswa Vidyalya, Mohanpur, Nadia, West Bengal. *Proc. Indian natn. Sci. Acad.* 47(5): 716-724
 44. Hayter KH, Cresswell JE. 2006. The influence of pollinator abundance on the dynamics and efficiency of pollination in agricultural *Brassica napus*: implications for landscape-scale gene dispersal. *Journal of Applied Ecology* 43(6): 1196-1202
 45. Hayward KJ. 1969. Datos para el estudio de la ontogenia de lepidópteros argentinos. Tucumán, Argentina. *Misc. Inst. M. Lillo* 31: 1-142
 46. Hernández-Gómez JA, Miranda-Colín S, Peña-Lomelí A. 2008. Cruzamiento Natural de chíá (*Salvia hispanica* L.). *Rev. Chapingo Ser.Hortic* 14(3): 331-337
 47. Kevan PG, Baker HG. 1983. Insects as Flower Visitors and Pollinators. *Ann. Rev. Entomol.* 28: 407-453
 48. Klein MA, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B* 274: 303-313
 49. Kremen C, Williams NM, Throp RW. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 99(26): 16812-16816
 50. Lagos S. 1999. Comunidades de artrópodos epígeos de áreas pastoreadas y no pastoreadas del desierto mendocino. *Bol. Soc. Ent. Arg.* 15(2): 9-10

51. Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J, Dormann CF. 2012. Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. PLoS One 7(4): 1-16
52. Lemieux JP, Lindgren BS. 1999. A pitfall trap for large-scale trapping of Carabidae: comparison against conventional design, using two different preservatives. Pedobiología 43: 245-253
53. Lietti M, Montero GA, Vignaroli L, Vitta J. 2006. Diversidad de grupos tróficos de artrópodos en cultivos de soja con distintas estrategias de producción. En: Actas. III Congreso de Soja del Mercosur. pp. 511-514. http://www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/trabajos_pdf/T134.pdf
54. López R, Araya JE, Sazo L. 2012. Colectas de Syrphidae (Diptera) en alfalfa en Colina, Región Metropolitana, Chile, y clave de identificación de seis especies de *Allograpta*. Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Bol. San. Veg. Plagas 38: 3-15
55. Luft Albarracin E, Paradell S, Virla EG. 2008. Cicadellidae (Hemiptera: Auchenorrhyncha) associated with maize crops in northwestern Argentina, influence of the sowing date and phenology of their abundance and diversity. Maydica 53: 289-296
56. Maes JM, Godoy C. 1993. Catálogo de los Cicadellidae (Homoptera) de Nicaragua. Rev. Nica. Ent. 24: 5-34
57. Mann P. 1959. Systematics of Flowering Plants. Methuen and Co. Ltd. London. pp. 254-255
58. Marino de Remes Lenicov AM, Paradell S, Catalano MI. 2006. Hemípteros auquenorrincos asociados al cultivo de sorgo en la Argentina (Insecta-Hemiptera). RIA, 35(2): 3-20
59. Marshall AG. 1981. The ecology of ectoparasitic insects. New York Academic Press, New York. p. 459
60. Martínez E, Barrios G, Rovesti L, Santos R. 2007. Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Impresión Grup Bou. Tarragona, España. pp. 564
61. Martínez M. 1959. Plantas Útiles de la Flora Mexicana. Ediciones de Botas. México. pp. 198-202
62. Mauries JP. 1998. Diplópoda. En: Morrone JJ y Coscarón S (Eds.) Biodiversidad de artrópodos argentinos. Ediciones Sur. La plata, Buenos Aires. pp. 599

63. Mazzei MP. 2016. El rol del servicio de la polinización entomófila sobre parámetros productivos de *Brassica napus* en Santa Fe. Tesina. Universidad Nacional de Rosario. pp. 36-37
64. McGavin GC. 2000. Insectos, arañas y otros artrópodos terrestres. Universidad de Cambridge. Ediciones Omega S.A. pp. 2-6
65. McGregor SE. 1976. Insect Pollination of Cultivated Crop Plants. U.S.D.A. Handbook 496. Washington: U.S Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
66. Mello DA, Brasil D. 1979. On Siphonaptera from rodents of Formosa county, Goiás State. Rev. Bras. Pesqui. Med. Biol. 12(6): 389-390
67. Miranda F. 2012. Guía técnica para el manejo del cultivo de Chía en Nicaragua. Central de cooperativas de servicios múltiples exportación e importación del norte (CECOOPSEMEIN RL.). pp. 7-10
68. Montero Bulacio N, Lescano MC, Balassone F, Francioni M, Nisensohn L. 2015. Herbicidas preemergentes en el cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.). Control de malezas y fitotoxicidad. Facultad de Ciencias Agrarias, UNR. Publicación Periódica Anual de la Sociedad de Biología de Rosario. ISSN 2314-1484
69. Montero GA, Vignaroli L, Denoia J. 2002. Otro coleóptero causa daños en cultivos de soja en sistemas de siembra directa. Sistema de información técnica. Secretaría de extensión, FCA-UNR. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Informes%20tecnicos/coleoptero.htm>
70. Montero GA. 2008. Comunidades de artrópodos en vegetación de áreas no cultivadas del sudeste de Santa Fe. Tesis Magíster. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias.
71. Montero GA. 2014. Ecología de las interacciones entre malezas y artrópodos. En: Fernandez OA, Acciaresi HA, Leguizamón ES (Eds.) Malezas e Invasoras de la Argentina: ecología y manejo. Editorial Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. pp. 964
72. Muñoz Hernández L. 2012. Mucilage from Chia seeds (*Salvia hispanica*): microestructure, physico-chemical characterization and applications in food industry. Tesis. Santiago de Chile. pp. 10, 21
73. Murcia C. 1996. Forest fragmentation and the pollination of neotropical plants. En: Schelhas J, Greenberg R (Eds.) Forest Patches in Tropical Landscapes. Island Press. Washington, D.C. pp. 498

74. Nates-Parra G. 2005. Abejas silvestres y polinización. *Revista Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 75: 7-20
75. Nava S, Lareschi M, Voglino D. 2003. Interrelationship between ectoparasites and wild rodents from northeastern Buenos Aires province, Argentina. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 98(1): 45-59
76. Neupane S. 2013. Elucidating the Potential of Biocontrol of Stem Canker in Potato by *Salvia hispanica* L. Biofumigation and Arbuscular Mycorrhizal Fungus. Thesis. Aarhus University. Dinamarca. p. 10
77. Nicholls CI. 2006. Bases agroecológicas para diseñar e implementar una estrategia de manejo de hábitat para control biológico de plagas. *Agroecología* 1: 37-48
78. Nieves Díaz L. 2015. La Chía (*Salvia hispanica* L.) Cultivo y Alimento de los Aztecas con Nuevo Potencial. Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. p. 67
79. Ollerton J. 1999. La evolución de las relaciones polinizador-planta en los artrópodos. School of Environmental Science, University College Northampton. *Bol. S.E.A.* 26: 741-758
80. Olsen KM. 1997. Pollination effectiveness and pollinator importance in a population of *Heterotheca subaxillaris* (Asteraceae). *Oecologia* 109: 114-121
81. Palomino BD. 2009. Diversidad de Artrópodos Edáficos en Tres Ecosistemas. *Rev. Bras. De Agroecologia* 4(2): 4012-4015
82. Pape T, Wolff M, Amat EC. 2004. Los califóridos, éstridos, rinofóridos y sarcófágidos (Diptera: Calliphoridae, Oestridae, Rhinophoridae, Sarcophagidae) de Colombia. *Biota Colombiana* 5(2): 201-208
83. Paradell S, Defea B, Catalano MI, Rusconi M, Marino de Remes Lenicov AM. 2014. Biodiversidad de Cicadélidos (Insecta: Hemiptera: Auchenorrhyncha) en maíz y la maleza asociada: análisis de tres zonas agrológicas diferentes en la provincia de Tucumán, Argentina. X Congreso Nacional del Maíz.
84. Pastrana JA. 2004. Los Lepidópteros argentinos: sus plantas hospederas y otros sustratos alimenticios. Sociedad Entomológica Argentina Ediciones. San Miguel de Tucumán, Argentina. pp. 334
85. Pekár S. 2002. Differential effects of formaldehyde concentration and detergent on the catching efficiency of surface active arthropods by pitfall traps. *Pedobiología* 46(6): 539-547

86. Pizarro Waisle L. 2014. Efecto de la fecha de siembra en el rendimiento en semillas de la Chía en el Valle de Azapa. Tesis. Universidad de Tarapacá. Chile. pp. 7, 11
87. Ramamoorthy TP. 1985. Salvia L. En: Calderón de Rzedowski G, Rzedowski J. (eds.) Flora fanerogámica del Valle de México. Volúmen II (Dicotiledóneas). Instituto Politécnico Nacional. México. pp. 638
88. Ríos de Saluso MLA, Saluso A, Papparotti O, Debona C. 2001. Asociación entre la macrofauna del suelo y la siembra directa en el oeste de Entre Ríos. En: Panigatti JL, Buschiazzi D y Marelli H (Eds.) Siembra directa. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires. pp. 377
89. Rizzo HF. 1968. Aspectos morfológicos y biológicos de *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). Agron. Tropical Venezuela 18(2): 249-274
90. Rizzo HF. 1971. Aspectos morfológicos y biológicos de *Edessa meditabunda* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). Rev. Per. Entom. 14(2): 272-281
91. Saiz F, Yates L, Nuñez C, Daza M, Varas ME, Vivar C. 2000. Biodiversidad del complejo de artrópodos asociados al follaje de la vegetación del norte de Chile, II Región. Rev. Chil. Hist. Nat. 73(4): 671-692
92. Schneider F. 1969. Bionomics and physiology of aphidophagous Syrphidae. Federal Research Station Wädenswil (Zurich), Switzerland. Annual Review of Entomology 14: 103-124
93. Sosa-Baldivia A, Ruiz-Ibarra G. 2016. Será *Diabrotica speciosa* Germar, 1824 (Coleoptera: Chrysomelidae) una plaga de importancia económica para la producción de chía (*Salvia hispanica* L.) en México? Entomología mexicana 3: 269-274
94. Steffan-Dewenter I, Tschardt T. 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. Oecologia 121(3): 432-440.
95. Steffan-Dewenter I. 2003. Seed set of male-sterile and male-fertile oilseed rape (*Brassica napus*) in relation to pollinator density. Agroecology, University of Göttingen, Germany. Apidologie 34 (3): 227-235
96. Taga MS, Miller EE, Pratt DE. 1984. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. Department of Foods and Nutrition, Purdue University, West Lafayette. JAOCS. 61(5): 928-931
97. Ter-Avanesian DV. 1978. The effect of varying the number of pollen grains used in fertilization. Library of USSR Academy of Sciences, Leningrad. Theoret. Appl. Genetics 52(2): 77-79

98. Thiele H. 1977. Carabid beetles in their environments. Springer-Verlag. New York, USA. p. 369
99. Tobar DL, Rangel Churio JO, Andrade Correa MG. 2001. Las cargas polínicas en las mariposas (Lepidoptera: Ropalocera) de la parte alta de la cuenca del río Roble-Quindío-Colombia. Universidad Nacional de Colombia. *Caldasia* 23(2): 549-557
100. Torres Zalazar VA, Ayala Aguilera L, Oviedo de Cristaldo R, Espínola Almirón V, Avalos Britez SR. 2014. Efectos de la aplicación de herbicidas en diferentes épocas de siembra en cultivo de chía *Salvia hispanica* L. III Congreso Nacional de Ciencias Agrarias “Producción sostenible de alimentos para el desarrollo de Paraguay”. Paraguay. pp. 45-46
101. Towne WF, Gould JL. 1987. The spatial precision of the ‘honey bees’ dance communication. *Journal of Insect Behavior* 1(2): 129-155
102. Tschardt T, Klein AM, Kruess A, Steffan- Dewenter I, Thies C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - ecosystem service management. *Agroecology*, University of Göttingen, Germany. *Ecology Letters* 8(8): 857-874
103. Vazquez DP. 2002. Interactions among Introduced Ungulates, Plants, and Pollinators: A Field Study in the Temperate Forest of the Southern Andes. Tesis doctoral. University of Tennessee – Knoxville
104. Vivanco JM, Cosio E, Loyola-Vargas VM, Flores HE. 2005. Mecanismos químicos de defensa en las plantas. *Investigación y Ciencia* 341: 68-75
105. Weyland F, Poggio SL, Ghersa CM. 2008. Agricultura y Biodiversidad. Facultad de Agronomía, UBA. *Ciencia Hoy* 106: 27-38
106. Wilcock C, Neiland R. 2002. Pollination failure in plants: why it happens and when it matters. *Trends Plant Sci.* 7(6): 270-277
107. Wotton JT. 1994. The Nature and Consequences of Indirect Effects in Ecological Communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 25: 443-466
108. Yeboah S, Owusu Danquah E, Lamptey JNL, Mochiah MB, Lamptey S, Oteng-Darko P, Adama I, Appiah-Kubi Z, Agyeman K. 2014. Influence of Planting Methods and Density on Performance of Chia (*Salvia hispanica*) and its Suitability as an Oilseed Plant. *Agricultural Science* 2(4): 14-26
109. Zamora-Carrillo MM, Amat-García GD, Fernández-Alonso JL. 2011. Estudio de las visitas de las moscas de las flores (Diptera: Syrphidae) en *Salvia bogotensis*

(Lamiaceae) en el jardín botánico “José Celestino Mutis” (Bogotá, D.C., Colombia). *Caldasia* 33(2): 453-470

ANEXO I

Registros de artrópodos epigeos de la superficie del suelo del cultivo de chíá, en la localidad de Zavalla en los años 2015 y 2016.

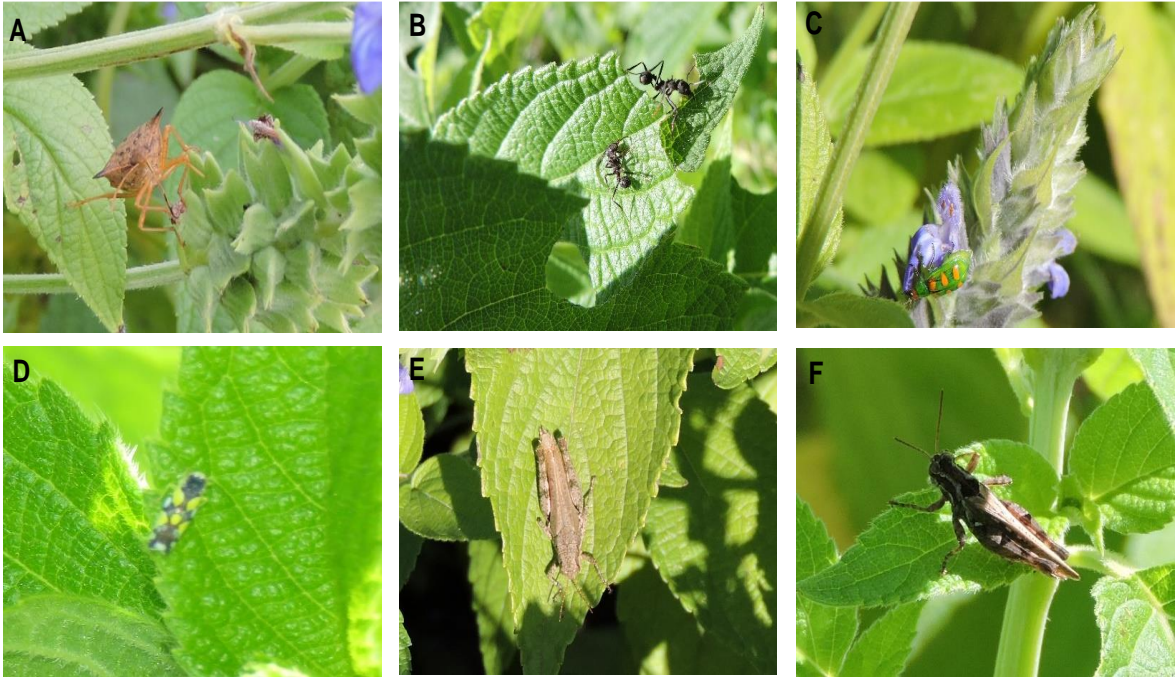
Clase	Orden	Familia	Especie-Morfoespecie	Grupo trófico ¹
Amphibia	Anura	Leptodactylidae	<i>Physalaemus biligonigerus</i> Cope, 1861	PRE
		Clubionidae	Clubionidae sp. 0394	PRE
		Dyctinidae	Dyctinidae sp. 0548 cf.	PRE
		Filistatidae	Filistatidae sp. 0341	PRE
		Gnaphosidae	Gnaphosidae sp. 5137	PRE
Arachnida	Araneae		<i>Allocosa alticeps</i> Mello-Leitao, 1944	PRE
		Lycosidae	<i>Lycosa thorelli</i> Keyserling, 1877	PRE
			Lycosidae sp. 5445	PRE
			Araneae sp. 5998	PRE
			Gagrellidae sp. 5165	PRE
			<i>Apogeophilus</i> sp. 0064 cf.	PRE
Chylopoda	Opiliona	Gonyleptidae	Lamyctes sp. 0089	PRE
	Geophilomorpha	Geophilidae	<i>Rhysida celeris</i> Humbert & Saussure, 1870	PRE
	Lithobiomorpha	Henicopidae	<i>Pseudonannolene</i> sp. 0422	DET
Diplopoda	Scolopendromorpha	Scolopendridae	<i>Pseudonannolene meridionalis</i> Silvestri, 1902	DET
	Julida	Pseudonannolenidae		
Insecta	Blattaria	Blattellidae	Blatellidae sp. 0408	DET
			<i>Argutoridius bonariensis</i> Dejean, 1831	PRE
			<i>Notiobia cupripennis</i> Germar, 1824	PRE
			<i>Selenophorus alternans</i> Dejean, 1829	PRE
			Harpalini 5mm cf..	PRE
			<i>Calleida suturalis</i> Dejean, 1831	PRE
			<i>Diabrotica speciosa</i> Germar, 1824	HER
			Coccinellidae sp. 5132	PRE
			<i>Cycloneda sanguinea</i> Linnaeus, 1763	PRE
			<i>Eriopsis connexa</i> Germar, 1824	PRE
	Coleoptera	Curculionidae	Curculionidae sp. 5157	HER
			<i>Listroderes costirostris</i> Schöenherr, 1826	HER
			<i>Naupactus leucoloma</i> Boheman, 1840	HER
			<i>Pantomorus viridisquamosus</i> Boheman, 1859	HER
			Elateridae sp. 0140	HER
			<i>Conoderus bellus</i> Say, 1824	HER
			<i>Conoderus sumac</i> Guzman de Tome, 1998	HER
			<i>Heteroderes laurentii</i> Guerin-Meneville, 1838	HER
			<i>Astylus atromaculatus</i> Blanchard, 1843	HER
			Phanaeini sp. 0161	DET
Collembola	Scarabaeidae	Aphodini sp. 5235	HER	
		Aphodini sp. 0636	HER	
		Staphylinidae sp. 0036	PRE	
		Onychiuridae sp. 0402	DET	
		Entomobryidae sp. 5141	DET	
		Ceratopogonidae sp. 0150	DET	
		Sarcophagidae sp. 5109 cf.	DET	
		Sciariidae sp. 0386	DET	
Diptera	Xylophagidae	Xylophagidae sp. 5159	PRE	

Clase	Orden	Familia	Especie-Morfoespecie	Grupo trófico ¹	
Insecta	Hemiptera	Anthocoridae	Anthocoridae sp. 7072 <i>Orius insidiosus</i> Say, 1832	PRE	
		Cydnidae	<i>Prolobodes giganteus</i> Burmeister, 1853 <i>Nysius simulans</i> Stål, 1860	HER	
		Lygaeidae	<i>Nysius</i> sp. 5139 <i>Geocoris</i> sp. 0648	HER	
		Miridae	Halticini sp. 2059 cf.	HER	
		Nabidae	<i>Nabis capsiformis</i> Germar, 1838	PRE	
		Pentatomidae	<i>Dichelops furcatus</i> Fabricius, 1775 <i>Nezara viridula</i> Linneo, 1758	HER	
		Piesmatidae	Piesmatidae sp. 5160	HER	
		Reduviidae	<i>Rasahus hamatus</i> Fabricius, 1871	PRE	
		Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> Glover, 1877	HER	
		Homoptera	Cicadidae	Cicadidae sp. 5082	HER
				<i>Protalebrella brasiliensis</i> Baker, 1899	HER
				<i>Ciminius platensis</i> Berg, 1844	HER
				Cicadidae sp. 2057	HER
				Cicadidae sp. 5138	HER
	Apidae			<i>Apis mellifera</i> Linneo, 1758 <i>CreMATogaster</i> sp. 0373	HER
	Formicidae			<i>Acromyrmex lundii</i> Guérin-Méneville, 1838	HOR
				<i>Solenopsis saevissima</i> Smith, 1885	HOR
				<i>Camponotus mus</i> Roger, 1863	HOR
				Ichneumonidae	Ichneumonidae sp. 5163 Ichneumonidae sp. 5155
		Hymenoptera	Pompilidae	Pompilidae sp. 0963	PRE
			Sphecidae	<i>Campsomeris</i> sp. 3482	PAR
	Tenthredinidae		Tenthredinidae	HER	
	Vespidae		Vespidae sp. 7074	PRE	
			Vespidae sp. 7073	PRE	
			Hymenoptera sp. 0337	PAR	
			Hymenoptera sp. 5143	PAR	
	Lepidoptera	Noctuidae	Hymenoptera sp. 5341	PAR	
			<i>Spodoptera cosmioides</i> Walker, 1856	HER	
			<i>Rachiplusia nu</i> Guenée, 1852	HER	
			<i>Spodoptera frugiperda</i> J.F. Smith, 1797	HER	
Pyralidae			<i>Achyra bifidalis</i> Fabricius, 1794	HER	
Orthoptera			Acrididae	<i>Dichroplus punctulatus</i> Thunberg, 1824	HER
	<i>Dichroplus maculipennis</i> Blanchard, 1851	HER			
	<i>Scapteriscus borelli</i> Giglio-Tos, 1894	HER			
	Tettigonidae	Tettigonidae sp. 0047		HER	
Siphonaptera	Siphonaptera sp. 5162	HEM			
Mammalia	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys musculinus</i> Thomas, 1913	HER	
Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	<i>Aporrectodea caliginosa</i> Savigny, 1826	DET	

Referencias. ¹Las siglas del grupo trófico de cada especie se detalla en Materiales y Métodos.

ANEXO II

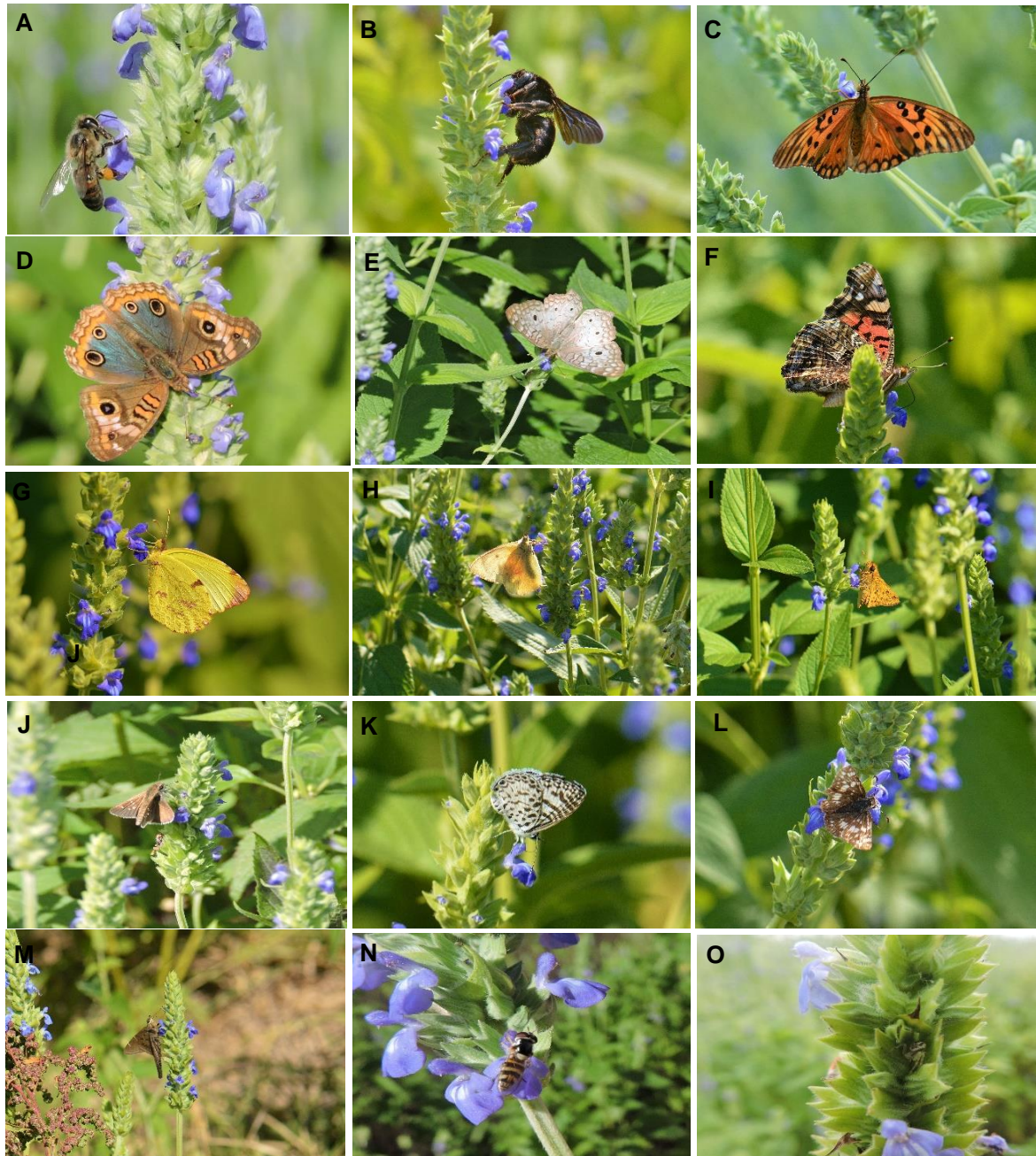
Registros fotográficos de herbívoros de chíá.



Referencias. A, *Euschistus heros* Fabricius; B, *Acromyrmex lundii* Güerin-Meneville; C, *Diabrotica speciosa* Germar; D, *Protalebrella brasiliensis* Baker; E, *Dichroplus bergi* Stål; F, *Dichroplus maculipennis* Blanchard.

ANEXO III

Registros fotográficos de visitantes florales de chíá.



Referencias. A, *Apis mellifera* Linnaeus; B, *Xylocopa ordinaria* Smith; C, *Agraulis vanillae* Stichel; D, *Junonia genoveva hilaris* C. et R. Felder; E, *Anartia jatrophae jatrophae* Linnaeus; F, *Vanessa carye* Hübner; G, *Eurema deva* Doubleday; H, *Colias lesbia pyrrothea* Hübner; I, *Hylephila phyleus* Drury; J, *Lerodea euphala* Edwards; K, *Leptotes cassius* Cramer; L, *Pyrgus americanus bellatrix* Plötz; M, *Urbanus procne* Plötz; N, *Allograpta exotica* Wiedmanii y O, Thomisidae sp.

ANEXO IV

Registro fotográfico de *Toxomerus* sp. con carga polínica en inflorescencia de chía.



ANEXO V

Radiación interceptada por la tela de voile

Se utilizó un fotómetro puntual para medir la intensidad de radiación al mediodía solar. Para ello se realizaron 64 mediciones en cuatro días. En cada día se llevaron a cabo 16 observaciones, en ocho de ellas se midió la intensidad de la radiación sin ningún obstáculo y en las restantes cubriendo el fotómetro puntual con la tela de voile utilizada en el tratamiento de embolsado. Posteriormente, se calculó el porcentaje de intensidad de radiación que fue interceptada por la bolsa.

Las intensidades de radiación registradas en ausencia de la bolsa y con ella presentaron una media de 1293,36 y 973,91 $\text{Umol. s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ respectivamente (Figura 13). En promedio de la radiación interceptada por la tela voile fue de 24%.

Figura 13. Promedio de las intensidades de radiación medidas correspondientes a cada tratamiento.

