

Importancia de las flores en bordes de vegetación espontánea para la comunidad de insectos en huertas agroecológicas de Córdoba, Argentina

Importance of flowers in field margins for insect communities in agroecological farms from Cordoba, Argentina

Josefina Rojas Rodriguez ¹, Maria Rosa Rossetti ^{1,2*}, Martín Videla ^{1,2}

Originales: *Recepción:* 30/06/2018 - *Aceptación:* 07/03/2019

RESUMEN

Los bordes de vegetación espontánea son considerados claves para sostener la biodiversidad en sistemas agroecológicos. Los insectos, involucrados en servicios ecosistémicos esenciales para la agricultura (polinización, control de plagas), frecuentemente utilizan recursos florales presentes en estos bordes. En este trabajo se evaluó la variación espacial y temporal de las comunidades de plantas con flores en bordes de huertas agroecológicas de Córdoba y la abundancia de insectos en función de la identidad taxonómica, la variación temporal, abundancia y origen (nativo vs exótico) de los recursos florales. Se realizaron muestreos quincenales en bordes de huertas agroecológicas, identificando las especies florales y sus insectos asociados. Se encontraron 57 especies de plantas en flor (41 nativas, 16 exóticas). Las variaciones temporales en abundancia y diversidad de flores no fueron significativas, mientras que la composición varió según los sitios. Se encontraron 9 órdenes de insectos y su abundancia fue mayor en especies florales que estuvieron en más muestreos siendo este incremento más pronunciado en especies exóticas. Estos resultados indican que los bordes de vegetación espontánea representan hábitats con alto valor de conservación siendo clave estudiar aspectos como fenología y diversidad funcional de flores e insectos para incrementar la provisión de servicios ecosistémicos en huertas agroecológicas.

Palabras clave

recursos florales • comunidades de insectos • diversidad vegetal • plantas nativas • prácticas agroecológicas

1 Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Centro de Investigaciones Entomológicas de Córdoba. Argentina. Av. Vélez Sársfield 1611. X5016GCA. Córdoba. Argentina. rossettimariarosa@gmail.com
2 Consejo Nacional de investigaciones Científicas y Técnicas. Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV). Av. Vélez Sársfield 1611. X5016GCA. Córdoba. Argentina.

ABSTRACT

Field margins are key factors for biodiversity conservation in agroecological farms. Insect communities are involved in crucial services such as pollination and biological control of pests and they can use floral resources in the margins. In this study we examine spatial and temporal variation of floral communities in margins of agroecological farms from Cordoba and insect abundance in function of taxonomic identity, temporal availability, local abundance and origin (native vs. exotic) of floral resources. We carried out two samplings per month during summer season in the field margins in which we identified floral species and insects on flowers. We registered 57 floral species (41 native and 16 exotic). Temporal variations in abundance and richness of flowers were not significant, while the composition varied according to the sites. Insects included 9 orders and their abundance increased with floral period of species and this increment was stronger for exotic plants. These results indicate that the borders of spontaneous vegetation represent habitats with a high conservation value, being key to study aspects such as phenology and functional diversity of flowers and insects to increase the provision of ecosystem services in agroecological farms.

Keywords

floral resources • insect communities • plant diversity • native plants • agroecological practices

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna se caracteriza por la simplificación de los agroecosistemas y el reemplazo de funciones biológicas que naturalmente realizan diversas comunidades de organismos por insumos externos de agroquímicos (fertilizantes y pesticidas) y energía (6). Si bien esto ha permitido satisfacer la creciente demanda de alimentos de la población humana, los impactos negativos de la agricultura convencional sobre el ambiente han llevado a considerarla como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a escala global (3). Actualmente existe considerable consenso en la urgente necesidad de buscar y aplicar nuevas alternativas a los métodos agrícolas tradicionales que tengan mayor capacidad de cubrir las demandas alimenticias y protejan la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los cuales depende la agricultura (10, 31). Ante esta situación se ha planteado que mediante modelos de intensificación ecológica, como la agroecología, es posible alcanzar o superar los niveles de producción de la agricultura convencional, reduciendo o anulando los impactos negativos sobre el ambiente (6, 10).

La agroecología puede ser definida como un conjunto de conceptos y principios ecológicos aplicables para el manejo de agroecosistemas sostenibles, donde los insumos externos se sustituyen por procesos naturales como la fertilidad natural del suelo y el control biológico (2). Los sistemas con manejo agroecológico se describen como sistemas complejos en los cuales las interacciones y los sinergismos entre sus componentes biológicos promueven los mecanismos para que los propios sistemas subsidien la fertilidad del suelo, su productividad, así también como la sanidad de los cultivos (3). Un principio clave de la agroecología para potenciar los procesos naturales es la diversificación de los sistemas agrícolas a través, por ejemplo, del aumento de la diversidad de cultivos, siembra de especies vegetales como recursos florales, manejo de la vegetación espontánea, etc. En este sentido, conservar las comunidades de plantas que crecen espontáneamente en los bordes de cultivos puede cumplir un importante rol en preservar una alta diversidad vegetal local y permitir la conservación de comunidades de organismos, como los insectos, que viven asociados a las plantas (13).

Los insectos son organismos de crucial importancia en sistemas agroecológicos ya que participan en la provisión de servicios ecosistémicos tales como el control de plagas, polinización y ciclado de nutrientes interviniendo de esta manera en la regulación del funcionamiento del ecosistema (3). Se ha observado que el aumento de la diversidad de plantas a escala de campo incrementa la cantidad y diversidad de recursos disponibles para los insectos, lo que consecuentemente se ve reflejado en mayores niveles de abundancia y diversidad de sus comunidades y de los servicios ecosistémicos que prestan (17, 24, 32).

Una de las razones que explican estas evidencias es que numerosas especies de insectos dependen en distinto grado de recursos azucarados (néctar) y polen para satisfacer sus requerimientos fisiológicos y reproductivos, los cuales son generalmente escasos en agroecosistemas (27). Es por esto que algunas de las estrategias de diversificación consisten en sembrar especies determinadas o una mezcla de plantas o conservar y manejar la vegetación espontánea de los bordes para aumentar la disponibilidad de recursos florales (4, 14, 22).

Sin embargo, el éxito en la aplicación de estas medidas de manejo puede depender de ciertas características de las plantas (20, 30). El incremento de especies florales en los bordes podría no necesariamente determinar un beneficio en las comunidades de insectos si las especies de plantas ofrecen flores durante un periodo temporal muy corto o se encuentran restringidas espacialmente. Plantas con cortos periodos de floración o con una distribución espacial limitada a pequeñas áreas como pueden ser especies más raras tendrán menor probabilidad de que sus flores sean encontradas y utilizadas por insectos. Por otra parte, los agroecosistemas son ambientes con alto porcentaje de especies exóticas y la abundancia de plantas nativas muchas veces es escasa (14). Las especies nativas, respecto de las exóticas, pueden ofrecer recursos alimenticios florales de mejor calidad y durante un periodo de tiempo más largo dado que se encuentran adaptadas a las condiciones climáticas locales (9, 14, 21). Sin embargo, varios trabajos sobre polinizadores sostienen que las especies exóticas pueden representar recursos más atractivos ya sea por las características morfológicas de sus flores, o por ofrecer mayor abundancia y disponibilidad de los recursos florales incidiendo de manera positiva sobre las poblaciones de insectos (5, 35).

Numerosos trabajos, a nivel mundial, han abordado el estudio de los bordes de vegetación espontánea como fuente de recursos florales para las comunidades de insectos, principalmente para polinizadores y enemigos naturales (ej. 19, 28, 32), sin embargo son escasos los estudios que consideran algunas de las características de las plantas como periodo de floración, distribución espacial, abundancia local y origen nativo vs. exótico de las plantas (19). En Argentina, a pesar de la creciente cantidad de productores, principalmente fruti-hortícolas, que desde hace varios años han abandonado la agricultura convencional para adoptar medidas de manejo más sustentables (15), no existen trabajos que estudien las comunidades de plantas con flor que crecen espontáneamente en los bordes y los insectos asociados en huertas agroecológicas. En el cinturón verde de Córdoba, donde se producen parte de los alimentos que se consumen en la ciudad, el número de huertas agroecológicas también se ha incrementado en los últimos años (11) destacando la urgente necesidad de desarrollar estudios que generen conocimientos acabados sobre las interacciones entre plantas e insectos con potencial aplicación en el manejo de estos sistemas.

Objetivo general

Analizar la disponibilidad de recursos florales y su importancia para la comunidad de insectos en los bordes de vegetación espontánea de huertas agroecológicas considerando distintas características de las plantas.

Objetivos específicos

Evaluar la abundancia, riqueza y composición de las comunidades de plantas con flores que crecen espontáneamente en los bordes y sus variaciones temporales y espaciales.

Analizar las variaciones en abundancia de los insectos en función de la identidad taxonómica de las flores, la variación temporal, la abundancia local y el origen (nativo vs exótico) de las especies vegetales.

Hipótesis

Se registrará una mayor abundancia de insectos a medida que aumenta la abundancia local de las flores y en especies con periodos de floración más largos, ya que serán recursos más disponibles en el espacio y en el tiempo y por lo tanto con mayor probabilidad de ser encontrados por los insectos. A su vez, las especies nativas, adaptadas a las condiciones climáticas locales, podrán ofrecer recursos de mejor calidad y por lo tanto registrarán mayor abundancia de insectos en sus flores (14, 21).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un área destinada a la producción frutihortícola, denominada cinturón verde, de la ciudad de Córdoba, Argentina, caracterizada por poseer un clima templado subtropical húmedo con precipitaciones predominando en la estación estival (1).

Se seleccionaron 5 huertas agroecológicas (31°18' a 31°32' S, 64°05' a 64°10' W) con dimensiones que variaron entre 2,5 y 8 hectáreas, separadas entre sí por un mínimo de 1,3 km y un máximo de 22,67 km. La selección de los sitios se llevó a cabo considerando como criterios que las huertas produjeran vegetales para la comercialización y que utilizaran prácticas de manejo amigables con el medio ambiente. Dichas prácticas comprenden: reducida o nula utilización de insumos sintéticos como insecticidas, herbicidas y fertilizantes, uso de compuestos botánicos para el control de plagas (por ej. extractos de *Melia azedarach*), alta diversidad de cultivos (papa, espinaca, rúcula, zapallo, lechuga, etc.), rotación anual de los mismos y mantenimiento de la vegetación espontánea en los bordes de las huertas conservando así alta diversidad vegetal.

Muestreo de flores e insectos

Se realizaron 6 muestreos quincenales en cada huerta entre el 29/12/2015 al 21/03/2016. En cada huerta agroecológica y fecha de muestreo se dispusieron, de manera sistemática, 20 cuadratas de 1m² (5 cuadratas/lado del campo) separadas entre sí por al menos 20 m, donde se realizó la colecta y observación de insectos. En cada cuadrata se cuantificó el número de flores por especie de planta y se registraron todos los insectos que visitaron las flores durante 5 minutos de observación. Las observaciones fueron llevadas a cabo por un observador que permaneció inmóvil frente a cada cuadrata a 1 m de distancia para minimizar cualquier alteración y se efectuaron en días soleados, con vientos leves o moderados y en el horario de mayor actividad de los insectos (entre las 9:00 h y las 18:00h). Siempre que fue posible se capturaron los insectos registrados durante las observaciones mediante vasos plásticos evitando el contacto con las flores y minimizando la posible alteración de las mismas. Esta metodología es una de las usualmente utilizadas en trabajos ecológicos para estudiar las comunidades de visitantes florales (ej. 20, 22). Al finalizar el tiempo de observación de visitas se colectaron flores (máx.10 flores por especie vegetal por cuadrata) en vasos plásticos para capturar los insectos pequeños u ocultos. Para las especies con inflorescencias fuertemente agrupadas (ej: familia Asteraceae) se consideraron a las inflorescencias como flores únicas teniendo en cuenta la dificultad de contar de manera eficiente el número total de flores (35). Todos los artrópodos fueron identificados y clasificados hasta el nivel de orden utilizando claves de identificación (7). La identificación de las especies de plantas se realizó bajo la supervisión del Dr. Lucas Carbone, especialista en taxonomía de plantas.

Análisis de datos

Para analizar la variación de la abundancia y riqueza de recursos florales a lo largo de la temporada de muestreo se realizaron modelos lineales mixtos (37) en los cuales la abundancia y riqueza de flores (totales por sitio) fueron las variables respuesta y se incorporó el número de muestreo como variable explicativa. Además, se consideró sitio como factor aleatorio para contemplar la dependencia espacial entre los muestreos de un mismo sitio. Para evaluar la variación temporal y espacial de la composición de las comunidades de plantas se llevó a cabo un Análisis de Componentes Principales (ACP) (16) basado en una matriz de distancia Euclidiana de la riqueza y abundancia de las especies de flores por campo y fecha de muestro.

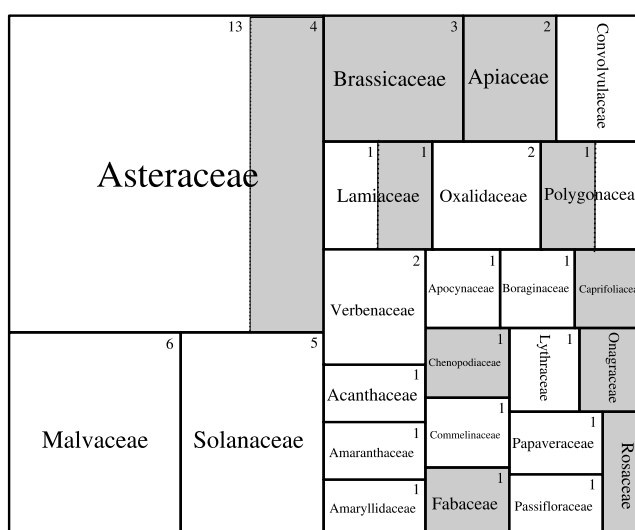
Se realizaron modelos lineales generales para examinar si la duración del periodo floral, la abundancia de flores y el origen (nativo vs. exótico) de las especies vegetales en flor influyen sobre la abundancia de insectos que las visitan (variable respuesta). La duración del periodo floral fue calculada como el número de muestreos en los cuales la especie se encontró en floración en al menos un sitio, los valores más bajos en el número de muestreos indican periodos de floración más cortos (mínimo 1, máximo 6). La abundancia de flores fue calculada como la suma total de flores de cada especie vegetal promediada por sitio y

muestreo. Las plantas se clasificaron en especies nativas y exóticas según bibliografía (28) y registros de flora (<http://www.floraargentina.edu.ar/>). Para examinar y evitar potencial colinealidad entre las variables explicativas se efectuaron correlaciones simples entre todas las variables explicativas continuas para las que no se detectó colinealidad (coeficientes de correlación de Pearson < 0,1 en todos los casos). El modelo entonces incorporó todas las variables explicativas: núm. de muestreos, abundancia de flores, origen nativo vs. exótico y las interacciones origen*núm. de muestreos y origen*abundancia de flores. La abundancia de insectos fue calculada como el número de insectos por sitio y muestreo para cada especie vegetal en floración. La simplificación del modelo se realizó mediante remoción de términos no significativos que fueron obtenidos a través de la comparación con ANOVA entre modelos. Todos los análisis y gráficos se llevaron a cabo en R, versión 3.5.0 (26).

RESULTADOS

Riqueza y abundancia de flores en los bordes de vegetación espontánea

Un total de 57 especies de plantas con flores se registraron en los bordes de vegetación espontánea que pertenecieron a 24 familias taxonómicas (figura 1). La familia Asteraceae fue la más representativa con 17 especies a la cual le siguió Malvaceae con 6 especies en flor. La mayor parte de la comunidad vegetal con flores estuvo representada por plantas nativas, con 41 especies, y en menor proporción por plantas exóticas, con 16 especies. Solo 11 especies de plantas presentaron flores a lo largo de toda la temporada estival, es decir, se registraron en flor en los 6 muestreos, mientras que 23 especies vegetales mostraron un periodo de floración restringido a un único muestreo.



El tamaño del cuadro es proporcional al número de especies florales de cada familia (valor ubicado en el margen superior derecho). El color representa el origen nativo (blanco) y exótico (gris) de las especies en cada familia.

Size of frame represents the proportional number of species included in each family (indicated in the upper right corner). Colour represents native (white) and exotic (grey) origin of floral species included in each family.

Figura 1. Familias taxonómicas (24) que agruparon a las 57 especies con flor de los bordes de vegetación espontánea en huertas agroecológicas.

Figure 1. Taxonomic families (24) including 57 floral species in field margins of agroecological farms.

El número total de flores por sitio varió entre 84 y 441 flores sumando todas las especies vegetales. Los muestreos 4 (11 al 22 de febrero) y 5 (1 al 3 de marzo) registraron el mayor número de flores (figura 2A) aunque las diferencias entre muestreos no fueron estadísticamente significativas ($F=1,18$; $gl=5,20$; $P=0,353$). El número de especies florales por sitio varió entre 6 y 19 alcanzando la mayor riqueza de flores en el primer (29/12 al 08/01) y cuarto muestreo (figura 2B) aunque tampoco estas diferencias fueron significativas ($F=0,49$; $gl=5,20$; $P=0,773$). El análisis de componentes principales mostró que el primer y segundo componentes extraídos del análisis explicaron el 45,26% y el 31,27% de la variación en la comunidad de plantas con flor respectivamente. Esta variación fue explicada principalmente por la variabilidad entre sitios, mientras que no se observaron claros agrupamientos de acuerdo con las fechas de muestreos (figura 3, pág. 255).

Comunidades de insectos en las flores y su respuesta a las características de las especies florales

Se registraron en total 5805 insectos sobre las flores, agrupados en 9 órdenes diferentes, de los cuales Hemiptera y Thysanoptera fueron los órdenes más abundantes (figura 4, pág. 255). La mayoría de los insectos (75%) fueron colectados en solo 10 especies de plantas, siendo *Foeniculum vulgare* (Apiaceae) la especie en la cual se observó un mayor número de visitantes florales, alcanzando el 26% de los insectos registrados.

La abundancia de insectos en las distintas plantas (relativizadas por el número de sitios y muestreos) aumentó significativamente con el número de muestreos donde las especies florales estuvieron presentes ($F=24,29$; $gl=1,53$; $P<0,001$) dependiendo del origen nativo vs. exótico de las plantas (interacción significativa núm. muestreos x origen; $F= 5,5$; $gl=1,53$; $P=0,022$) (figura 5, pág. 256). El incremento en la abundancia total de insectos con el número de muestreos en los que se registró cada especie en flor fue más pronunciado para las especies exóticas que para las nativas (figura 5, pág. 256). En la simplificación de los términos del modelo la abundancia local de las flores y su interacción con el origen fueron removidas como variables explicativas (ANOVA comparación de modelos $P> 0,05$).

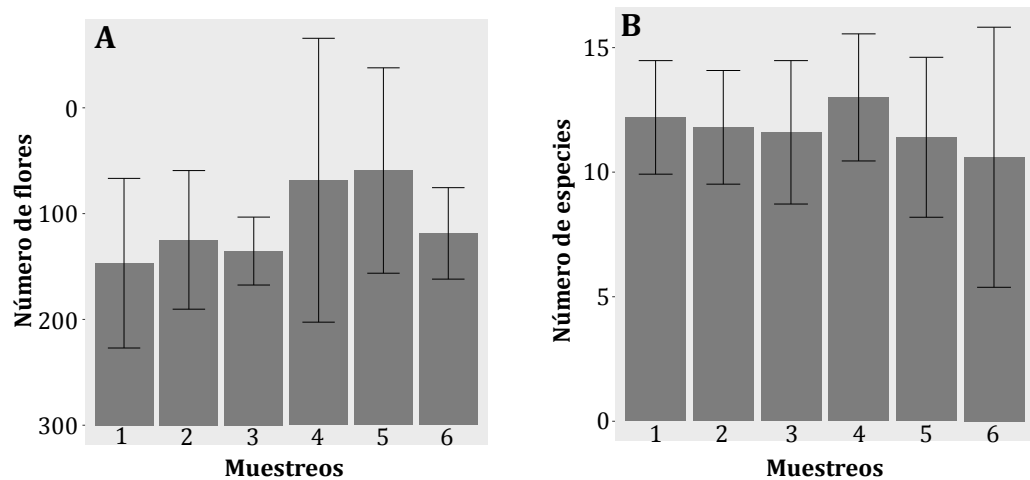
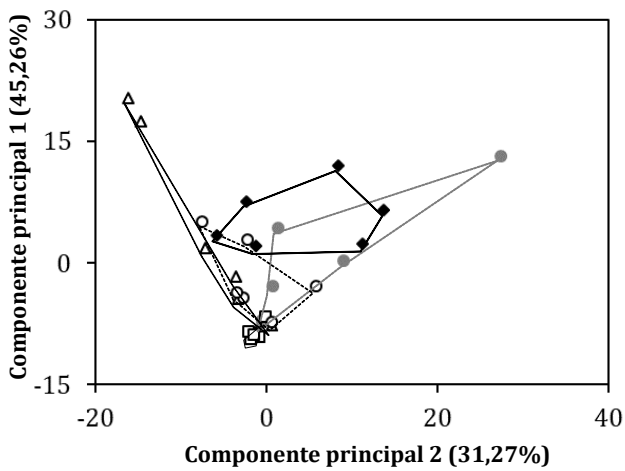


Figura 2. Número total de flores (A) y de especies florales (B) en seis muestreos a lo largo de la temporada estival (desde el 29/12/15 al 21/03/16). Cada valor representa el promedio de los cinco sitios (\pm desvío estándar).

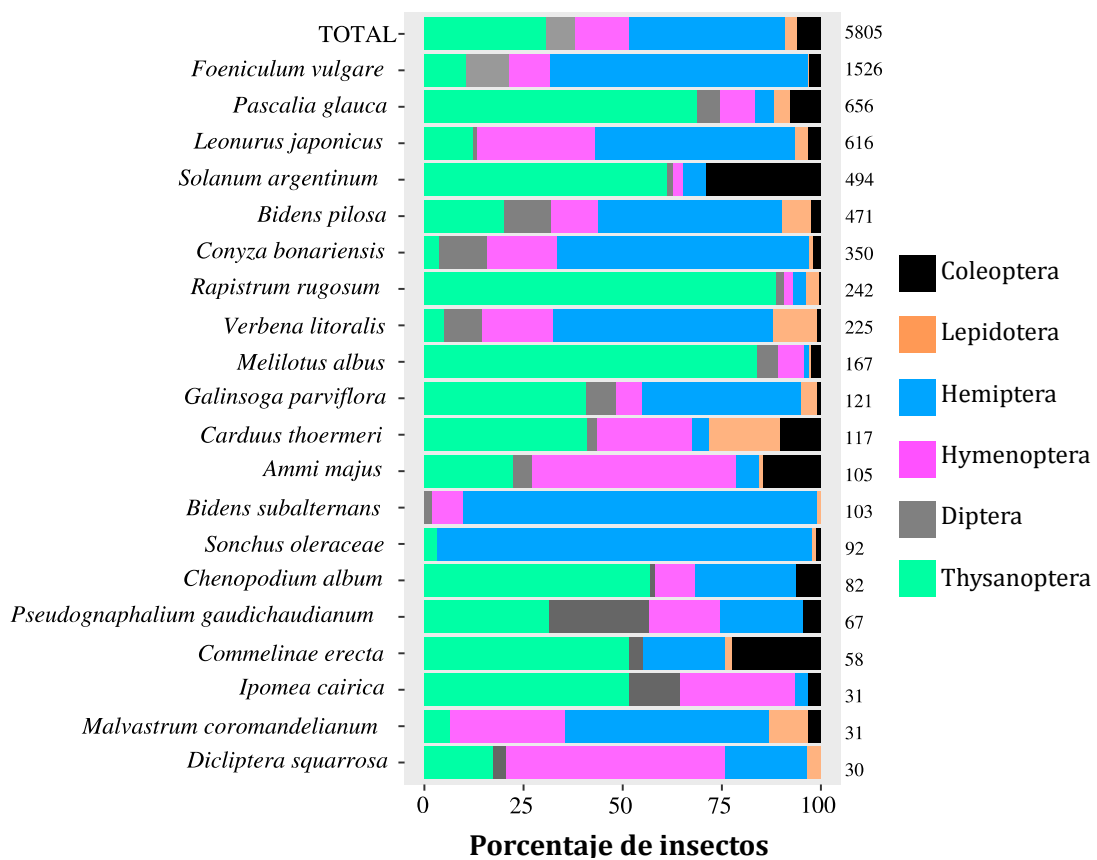
Figure 2. Total number of flowers (A) and floral species richness (B) in the six samplings during the summer season (from 29/12/15 to 21/03/16). Each value represents the average of five sites (\pm standard deviation).



Los cinco polígonos corresponden a las cinco huertas agroecológicas uniendo los seis muestreos realizados en cada huerta. Entre paréntesis se indica el porcentaje de la variabilidad explicada por los dos primeros componentes principales.
Five polygons correspond to the five farms connecting the six samplings per farm. Explained variance (%) by the two first components is indicated in parentheses.

Figura 3. Biplot del Análisis de Componentes Principales de la comunidad de especies vegetales con flor.

Figure 3. Biplot of Principal Components Analysis of floral species communities.

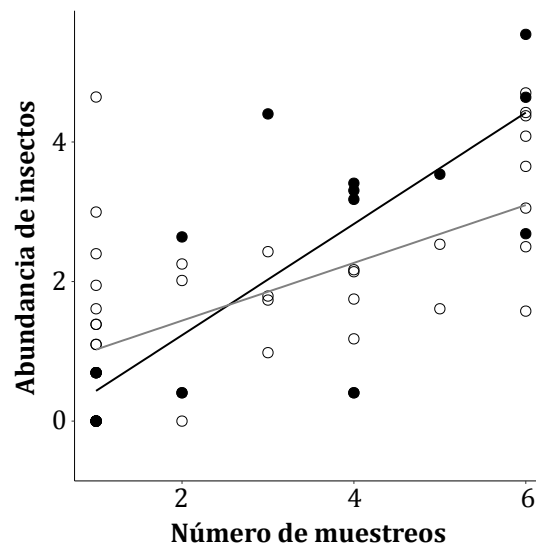


A la derecha de cada barra se detalla el número total de insectos colectados en cada especie vegetal. Los colores de las barras corresponden a los seis órdenes de insectos más abundantes y su tamaño indica la contribución relativa de cada orden en términos de abundancia de insectos. Los tres órdenes excluidos del gráfico fueron Neuroptera (1 individuo), Blattodea (3 individuos) y Orthoptera (6 individuos).

Values to the right of bars indicate the total number of insects in each floral species. The colours correspond to the six orders most abundant and their size represents the relative contribution of each order to the total abundance. This figure excluded the following orders: Neuroptera (1 individual), Blattodea (3 individuals) and Orthoptera (6 individuals).

Figura 4. Distribución de insectos en las 20 especies de plantas con mayor abundancia de insectos sobre sus flores en huertas agroecológicas de Córdoba.

Figure 4. Insect distribution in the 20 floral species with the highest insect abundance in the agroecological farms from Córdoba.



Cada punto representa cada una de las 57 especies de plantas con flor registradas en los bordes de huertas agroecológicas.

Each point corresponds to each one of the 57 floral species registered in the agroecological farms.

Figura 5. Abundancia de insectos por sitio y muestreo en función del número de muestreos en los cuales las especies florales estuvieron presente según el origen nativo (círculos vacíos) y exótico (círculos llenos).

Figure 5. Insect abundance per site and sampling in function of sampling number in which floral species occurred and according to native (open symbols) vs. exotic origin (filled symbols).

DISCUSIÓN

Los bordes de vegetación espontánea de huertas agroecológicas presentaron comunidades ricas y abundantes de plantas con flores a lo largo de toda la temporada estival ofreciendo recursos a una variada y numerosa fauna de insectos. La visita de los insectos a las flores varió de acuerdo con la identidad taxonómica de las especies vegetales y dependió de la disponibilidad de los recursos florales a lo largo del tiempo y el origen nativo o exótico de las plantas. Estos aspectos serían esenciales al momento de manejar la vegetación espontánea para favorecer la ocurrencia y abundancia de insectos benéficos (polinizadores y enemigos naturales) involucrados en la provisión de servicios ecosistémicos cruciales para la agricultura.

La riqueza, abundancia y composición de flores no mostraron grandes variaciones a lo largo de los diferentes muestreos, es decir que el mantenimiento de la vegetación espontánea ofrecería recursos florales a lo largo de toda la temporada de verano, la cual es la de mayor producción hortícola y demanda de servicios ecosistémicos. Es importante destacar que las especies que florecen tempranamente, es decir durante invierno y primavera, pueden también influir críticamente en el sostenimiento de las comunidades de visitantes florales ya que a menudo representan el único recurso disponible para dichos insectos (12). En este sentido, futuros estudios deberían incluir un lapso de muestreo mayor para incorporar la fenología de todas las especies en flor y detectar cuáles son las que proporcionan recursos florales en los periodos donde estos resultan escasos. También es importante resaltar que la composición de las comunidades vegetales mostró diferencias únicamente entre los sitios, aunque la proporción de especies nativas fue siempre mayor que la de exóticas. En este sentido, las huertas agroecológicas pueden representar áreas de conservación a nivel local de flora nativa y sus insectos asociados.

Las flores de los bordes se asociaron a un alto número de insectos incluyendo además un amplio rango taxonómico indicado por los 9 órdenes encontrados. Si bien, no es posible

asegurar que todos los insectos estén efectivamente alimentándose de recursos florales, se puede afirmar que la comunidad de flores beneficia a una gran cantidad y diversidad de estos organismos. Dentro de los 9 órdenes de insectos registrados, se encuentran grupos con gran importancia para los agroecosistemas de acuerdo con los servicios ecosistémicos que prestan. Este es el caso del orden Hymenoptera que fue el tercero más importante en número de individuos registrados, lo que confiere a las flores un significativo potencial en sostener comunidades de polinizadores, parasitoides y predadores en huertas agroecológicas. Numerosos trabajos revelan el rol fundamental que cumple la vegetación espontánea en bordes como también hábitats seminaturales en la provisión de recursos para polinizadores (ej. 22, 32). A su vez, existen evidencias que plantean que conservar estos hábitats incrementa el control de las plagas (4, 17), e incluso el rendimiento de los cultivos (25). Sin embargo, los bordes de vegetación espontánea también pueden albergar organismos que perjudican a la producción de cultivos (ej. insectos herbívoros), es decir que prestan di-servicios ecosistémicos, y entonces el beneficio provisto por los enemigos naturales y polinizadores podría verse reducido o anulado (36). En este sentido, hay que destacar que los dos órdenes de insectos más abundantes (Thysanoptera y Hemiptera) incluyen principalmente herbívoros lo que podría tener consecuencias negativas para los cultivos como se ha registrado previamente (9, 24).

Si bien los sistemas hortícolas aquí estudiados sostienen comunidades de flores con gran diversidad y abundancia en los bordes de vegetación espontánea, las especies de plantas difirieron en su asociación con las comunidades de insectos. En particular se destacó la especie *Foeniculum vulgare*, una apiácea naturalizada en nuestro país (29), que concentró alrededor de un cuarto del total de insectos muestreados, posiblemente debido a las características de sus flores. Estudios previos indican que las flores de esta especie constituyen una fuente de alimento para varios insectos benéficos, entre ellos coccinélidos que consumen su polen (8). A su vez, en la región central de Argentina, *F. vulgare* hospeda a varias especies de pulgones, los cuales son atacados en esta planta por coccinélidos, sírfidos, crisópidos y parasitoides por lo que constituye una especie de sumo interés para el desarrollo de estrategias de control biológico conservativo (18).

Al analizar el resto de las características de las comunidades vegetales que pueden influir en el uso que los insectos hacen de los recursos florales, los resultados indican que la característica más importante fue la duración de las flores a lo largo de la temporada estival. En concordancia con la hipótesis planteada, las especies que presentaron flores durante un periodo más largo de la temporada fueron las que tuvieron mayor abundancia de insectos. Trabajos recientes con polinizadores han reportado también una relación positiva entre la duración del periodo floral y el número de visitas (23). Sin embargo, en otro caso, tanto especies florales con largo como con corto periodo de floración tuvieron alta abundancia de insectos polinizadores (33). En el presente estudio, este aspecto de las especies florales fue más importante incluso que el número de flores disponible en un momento puntual en contraste a evidencias previas que muestran una influencia positiva de la abundancia o densidad floral sobre comunidades de insectos (20, 34). Es importante destacar que en nuestro trabajo se estudiaron las comunidades de plantas e insectos asociados a sus flores solo durante la temporada estival, pudiendo ser el periodo floral más extenso para la mayoría de las especies. De todas maneras, dado que la abundancia de insectos fue calculada como número de individuos por sitio y muestreo y no acumulada a lo largo del tiempo, es posible interpretar que las especies de plantas que ofrecieron flores en más muestreos serían un recurso más estable a lo largo del tiempo y por esto quizás más fácil de encontrar para los insectos (23).

El origen nativo o exótico de las especies florales es una característica escasamente abordada en estudios con insectos a nivel comunitario en agroecosistemas. En este trabajo, encontramos evidencias que apoyan la idea que las plantas exóticas también pueden contribuir a sostener la abundancia y diversidad de insectos nativos (35) ya que tanto las especies nativas como exóticas sostuvieron abundantes comunidades de insectos. A su vez, el incremento en la abundancia de insectos con la duración del periodo de floración fue más pronunciado para las especies exóticas. Este último aspecto podría tener importantes implicancias a la hora del manejo de aquellas especies exóticas naturalizadas que podrían ser mantenidas como vegetación espontánea si ofrecen flores durante un largo período de tiempo. Más allá de esto, restan evaluar

aspectos funcionales de las comunidades de flores e insectos, como también si los insectos que visitan las flores exóticas proveen servicios o di-servicios ecosistémicos en la misma proporción que lo hacen los que visitan las flores nativas.

En síntesis, la conservación de los bordes de vegetación espontánea representa un aspecto fundamental para sostener las comunidades de plantas e insectos y promover los mecanismos que naturalmente regulan el funcionamiento de los sistemas agroecológicos como el manejo de plagas y la polinización de los cultivos (3). Los resultados del presente trabajo muestran que la duración del periodo floral, evaluado aquí durante una estación, es una característica clave de las especies vegetales a ser considerada en el manejo de la vegetación espontánea. En este sentido, si bien las especies exóticas contribuyeron a sostener las comunidades de visitantes florales, sería necesario desarrollar estudios para seleccionar especies nativas que puedan ser sembradas en los bordes de los campos y que beneficien a las comunidades de visitantes florales aumentando su abundancia y diversidad. Particularmente se podrían elegir especies que provean recursos de manera abundante en periodos de escasa disponibilidad de flores. Estos estudios contribuirán al conocimiento sobre el funcionamiento de sistemas productivos de gran importancia ya que producen alimentos de manera sustentable y representan al mismo tiempo hábitats de interés para la conservación en el contexto de paisajes profundamente modificados por el hombre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarez, C.; Severina, I. 2012. INTA. Disponible en: <https://inta.gov.ar/documentos/temperaturas-promedio-informacion-meteorologica-mensual-de-la-e.e.a.-manfredi>
2. Altieri, M. A. 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Boulder CO: Westview Press.
3. Altieri, M. A. 2012. *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentável*. Tercera edición, Expressao Popular. Sao Pulo. Brasil.
4. Balzan, M. V.; Bocci, G.; Moonen, A. C. 2014. Augmenting flower trait diversity in wildflower strips to optimise the conservation of arthropod functional groups for multiple agroecosystem services. *Journal of Insect Conservation*. 18(4): 713-728.
5. Bezemer, T. M.; Harvey, J. A.; Cronin, J. T. 2014. Response of native insect communities to invasive plants. *Annual Review of Entomology*. 59: 119-141.
6. Bommarco, R.; Kleijn, D.; Potts, S. G. 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution*. 28(4): 230-238.
7. Borror, D. J.; Triplehorn, C. A.; Johnson, N. F. 1989. *An introduction to the study of insects*. Sexta edición. Saunders College Publishing.
8. D'Ávila, V. A.; Aguiar-Menezes, E. L.; Gonçalves-Esteves, V.; Mendonça, C. B. F.; Pereira, R. N.; Santos, T. M. 2016. Morphological characterization of pollens from three Apiaceae species and their ingestion by twelve-spotted lady beetle Coleoptera: Coccinellidae. *Brazilian Journal of Biology*. 76: 796-803.
9. Fiedler, A. K.; Landis, D. A. 2007. Plant characteristics associated with natural enemy abundance at Michigan native plants. *Environmental entomology*. 36: 878-886.
10. Garibaldi, L. A.; Gemmill-Herren, B.; D'Annolfo, R.; Graeub, B. E.; Cunningham, S. A.; Breeze, T. D. 2017. Farming approaches for greater biodiversity, livelihoods, and food security. *Trends in Ecology & Evolution*. 32(1): 68-80.
11. Giobellina, B. 2014. El cinturón verde de Córdoba, un recurso estratégico para la sustentabilidad territorial. Xª Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales "Desequilibrios regionales y políticas públicas. Una agenda pendiente". Asociación de Universidades del Grupo Montevideo. Córdoba.
12. Havens, K.; Vitt, P. 2016. The importance of phenological diversity in seed mixes for pollinator restoration. *Natural Areas Journal*. 36(4): 531-537.
13. Holland, J. M.; Bianchi, F. J. J. A.; Entling, M. H.; Moonen, A. C.; Smith, B. M.; Jeanneret, P. 2016. Structure, function and management of semi-natural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest Management Science*. 72(9): 1638-1651.
14. Isaacs, R.; Tuell, J.; Fiedler, A.; Gardiner, M.; Landis, D. 2009. Maximizing arthropod-mediated ecosystem services in agricultural landscapes: The role of native plants. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 7: 196-203.
15. Javier, S. S.; Marasas, M. E. 2015. Breve historia de la agroecología en la Argentina: orígenes, evolución y perspectivas futuras. *Agroecología*. 10: 93-102.
16. Legendre, P.; Legendre, N. 1998. *Numerical Ecology*. 2da edición. Elsevier, Amsterdam.
17. Letourneau, D. K.; Armbrecht, I.; Rivera, B. S.; Lerma, J. M.; Carmona, E. J.; Daza, M. C.; Escobar, S.; Galindo, V.; Gutierrez, C.; Duque Lopez, S.; López Mejía, J.; Maritza Acosta Rangel, A.; Herrera Rangel, J.; Rivera, L.; Arturo Saavedra, C.; Marina Torres, A.; Reyes Trujillo, A. 2011. Does plant diversity benefit agroecosystems? A synthetic review. *Ecological Applications: a publication of the Ecological Society of America*. 21: 9-21.

18. López, O.; Salto, C.; Luiselli, S. 2003. *Foeniculum vulgare* Miller como hospedera de pulgones y sus enemigos naturales en otoño. FAVE Sección Ciencias Agrarias. 2(1/2): 55-65.
19. Miñarro, M.; Prida, E. 2013. Hedgerows surrounding organic apple orchards in north-west Spain: Potential to conserve beneficial insects. Agricultural and Forest Entomology. 15: 382-390.
20. Morandin, L. A.; Kremen, C. 2013. Bee preference for native *versus* exotic plants in restored agricultural hedgerows. Restoration Ecology. 21: 26-32.
21. Moquet, L.; Bacchetta, R.; Laurent, E.; Jacquemart, A. L. 2017. Spatial and temporal variations in floral resource availability affect bumblebee communities in heathlands. Biodiversity and Conservation. 26(3): 687-702.
22. Morrison, J.; Izquierdo, J.; Plaza, E. H.; González-Andújar, J. L. 2017. The role of field margins in supporting wild bees in Mediterranean cereal agroecosystems: Which biotic and abiotic factors are important? Agriculture, Ecosystems & Environment. 247: 216-224.
23. Pardee, G. L. 2018. Effects of climate change on plants, pollinators, and their interactions. Tesis doctoral. Universidad del Estado de Carolina. Estados Unidos.
24. Pellissier, M. E.; Jabbour, R. 2018. Herbivore and parasitoid insects respond differently to annual and perennial floral strips in an alfalfa ecosystem. Biological Control. 123: 28-35.
25. Pywell, R. F.; Heard, M. S.; Woodcock, B. A.; Hinsley, S.; Ridding, L.; Nowakowski, M.; Bullock, J. M. 2015. Wildlife-friendly farming increases crop yield: Evidence for ecological intensification. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 282(1816): 20151740.
26. R Development Core Team. 2015. R: A Language and Environment for Statistical Computing.
27. Segoli, M.; Rosenheim, J. A. 2013. Spatial and temporal variation in sugar availability for insect parasitoids in agricultural fields and consequences for reproductive success. Biological Control. 67: 163-169.
28. Sércic, A.; Coccuci, A.; Díaz, L.; Glinos, N.; Lazarte, C.; Medina, M.; Moré, M.; Baranzelli, M.; Córdoba, S.; Cosacov, A.; Ferreira, G.; Ibañez, A.C.; Marino, S.; Maubecin, C. C.; Paiaro, V.; Renny, M.; Sasartonil, F.; Sosa Pivato, M.; Soteras, F.; Strelin, M.; Trujillo, C.; Wiemer, A. P. 2006. Flores del Centro de Argentina II. Una guía ilustrada para conocer 229 especies. Academia Nacional de Ciencias. Córdoba 28.
29. Steibel, P. E.; Troiani, H. O. 2000. Las umbelíferas Umbelliferae. nativas, naturalizadas y adventicias de la provincia de La Pampa, República Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de La Pampa. 47-74.
30. Storkey, J.; Brooks, D.; Houghton, A.; Hawes, C.; Smith, B. M.; Holland, J. M. 2013. Using functional traits to quantify the value of plant communities to invertebrate ecosystem service providers in arable landscapes. Journal of Ecology. 101(1): 38-46.
31. Tiftonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. Current Opinion in Environmental Sustainability. 8: 53-61.
32. Torretta, J. P.; Poggio, S. L. 2013. Species diversity of entomophilous plants and flower-visiting insects is sustained in the field margins of sunflower crops. Journal of Natural History. 47: 139-165.
33. Tucker, E. M.; Rehan, S. M. 2016. Wild bee pollination networks in northern New England. Journal of Insect Conservation. 20: 325-337.
34. Vrdoljak, S. M.; Samways, M. J.; Simaika, J. P. 2016. Pollinator conservation at the local scale: flower density, diversity and community structure increase flower visiting insect activity to mixed floral stands. Journal of Insect Conservation. 20: 711-721.
35. Williams, N. M.; Cariveau, D.; Winfree, R.; Kremen, C. 2011. Bees in disturbed habitats use, but do not prefer, alien plants. Basic and Applied Ecology. 12: 332-341.
36. Winkler, K.; Wäckers, F. L.; Termorshuizen, A. J.; van Lenteren, J. C. 2010. Assessing risks and benefits of floral supplements in conservation biological control. BioControl. 55(6): 719-727.
37. Zuur, A. F.; Ieno, E. N.; Walker, N.; Saveliev, A. A.; Smith, G. M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, London.