

ARVENSES Y SU IMPORTANCIA EN EL SOSTENIMIENTO DE LA DIVERSIDAD DE INSECTOS VISITANTES FLORALES DEL CAFÉ

Juan Diego Maldonado Cepeda *, Jesús Hernando Gómez Llano *, Pablo Benavides Machado **, Luis Eduardo Escobar *, Zulma Nancy Gil Palacio ***

Maldonado-Cepeda, J., Gómez-Llano, J., Benavides Machado, P., Escobar, L. E., & Gil-Palacio, Z. (2023). Arvenses y su importancia en el sostenimiento de la diversidad de insectos visitantes florales del café. *Revista Cenicafé*, 74(1), e74102. <https://doi.org/10.38141/10778/74102>



En esta investigación se evaluó la importancia que tienen las arvenses en el sostenimiento de la diversidad de insectos que visitan las flores de café. Se seleccionaron dos parcelas con manejo integrado de arvenses (MIA) y dos con manejo excesivo (MEA). En cada parcela se recolectaron y registraron los insectos visitantes de las flores de café en 30 árboles, en intervalos de ocho minutos por árbol, en tres horarios durante un día. Los muestreos se realizaron en dos eventos de floración por año, durante dos años, para un total de 192 horas de observaciones. Por parcela se identificaron los insectos y se estimaron abundancia, riqueza y diversidad del orden $q=1$ y $q=2$. Estos valores fueron comparados mediante una prueba de diferencia mínima significativa al 5%. En las parcelas MIA se trazaron tres transectos y se recolectaron los insectos visitantes de las arvenses, con igual frecuencia y forma que en el muestreo anterior, durante los periodos sin floración del café. En las flores del café de las parcelas MIA se registraron 2.347 individuos y 163 especies, en las parcelas MEA se recolectaron 2.543 individuos y 162 especies; en las arvenses se registraron 735 individuos y 171 especies. La riqueza, abundancia y valores de diversidad del orden $q=1$ y $q=2$ fueron estadísticamente iguales entre las parcelas. Las arvenses *Bidens pilosa*, *Commelina difusa*, *Emilia sonchifolia*, *Hyptis atrorubens* y *Galinsoga parviflora*, fueron las más visitadas por los insectos. Los resultados muestran una alta diversidad de especies de insectos visitantes florales, tanto en el cultivo del café como en las arvenses.

Palabras clave: Abejas, *Bidens pilosa*, biodiversidad, *Coffea arabica*, café de Colombia, flores, Cenicafé.

WEEDS AND THEIR IMPORTANCE IN SUSTAINING THE DIVERSITY OF FLORAL VISITING INSECTS IN COFFEE CROPS

The objective of this research was to evaluate the importance of weeds in sustaining the diversity of insects that visit coffee flowers. For this purpose, two plots under integrated weed management (IWM) and two plots under excessive weed management (EWM) were selected. In each plot, insects visiting coffee flowers were collected and recorded on 30 trees at eight-minute intervals per tree, at three different times during one day. All samplings were conducted during two flowering events per year, over the course of two years, resulting in a total of 192 hours of observations. Subsequently, the insects were identified for each plot, and abundance, richness, and diversity were estimated for the orders $q=1$ and $q=2$. These values were compared using a least significant difference test at 5% significance level. Additionally, in the IWM plots, three transects were established, and insects visiting the weeds were collected using the same frequency and method as in the previous sampling, during periods when the coffee was not flowering. A total of 2,347 individuals and 163 species were recorded in the coffee flowers of the IWM plots, while 2,543 individuals and 162 species were collected in the EWM plots. In the weeds, 735 individuals and 171 species were recorded. The richness, abundance, and diversity values for the orders $q=1$ and $q=2$ were statistically similar between the plots. The weeds *Bidens pilosa*, *Commelina difusa*, *Emilia sonchifolia*, *Hyptis atrorubens*, and *Galinsoga parviflora* were the most visited by insects. The results of this study demonstrate a high diversity of floral visiting insect species in both the coffee crop and the weeds.

Keywords: Bees, *Bidens pilosa*, biodiversity, *Coffea arabica*, Colombian Coffee, flowers, Cenicafé.

* Asistente de Investigación. Disciplina de Entomología, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas. <https://orcid.org/0000-0003-1641-8391>, <https://orcid.org/0000-0003-4335-9518>, <https://orcid.org/0000-0003-3793-5486>

** Investigador Científico III. Disciplina de Entomología, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0003-2227-4232>

*** Investigador Científico II. Disciplina de Entomología, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0001-7013-1231>



Se ha encontrado que las flores del cultivo de café son aprovechadas por numerosas especies de abejas y otros insectos (Ngo et al., 2011); sin embargo, los cortos y escasos periodos de floración anual de este cultivo pueden no ser suficientes para satisfacer las necesidades alimenticias de estos insectos (Cepeda et al., 2014). Por lo tanto, la estructura agroecológica no solo del cultivo del café sino de otros cultivos cobra importancia, dado que los corredores y parches de plantas silvestres dentro de un sistema productivo, en ausencia de flores del café, ayudan a mantener las poblaciones de abejas y otros insectos benéficos y se convierten en un recurso alimenticio alternativo (Girón, 1995; Cepeda et al., 2014). Dada la importancia de los insectos, particularmente los polinizadores, depredadores y parasitoides en el cultivo del café *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) es necesario tomar en cuenta los factores que influyen sobre estos (Ngo et al., 2011).

Dentro la estructura agroecológica, las arvenses son importantes porque ayudan a la prevención de la erosión del suelo y el reciclaje de nutrientes, así mismo contribuyen a conservar la diversidad de especies que las utilizan como fuente alterna de alimentación, refugio y nidificación, y por consiguiente, son reservorio de diversos grupos de insectos, entre ellos, organismos benéficos para el control general de plagas (Arévalo et al., 2021); sin embargo, el manejo inadecuado puede interferir con la producción de los cultivos (Salazar & Hincapié, 2020). Para reducir los efectos negativos de las arvenses sobre los sistemas de cultivo se desarrolló la estrategia de manejo integrado, la cual consiste en la combinación oportuna y adecuada de diferentes prácticas como el manejo mecánico, químico, manual y cultural, a niveles que no afecten el rendimiento del cultivo (Torres & Salazar, 2020).

Diferentes estudios han documentado la importancia que tienen las arvenses en la abundancia y riqueza de especies de insectos dentro de un cultivo. Por ejemplo, en Costa Rica, Flórez et al. (2002) estudiaron la riqueza y abundancia de abejas en fincas cafeteras, las cuales tenían otras especies de plantas y estaban rodeadas por bosque, encontrando que, tanto la abundancia de bosque en el paisaje circundantes a los cafetales como la vegetación interna de las fincas, favorecieron la riqueza de abejas. Posteriormente, Silva et al. (2003) estudiaron en México los cambios en la riqueza y abundancia relativa de distintos grupos de insectos asociados al cultivo de maíz, con tres manejos diferentes de arvenses y encontraron que la presencia de estas, contribuyó a conservar la diversidad de insectos, especialmente depredadores presentes en el cultivo de maíz. Por otra parte, en Colombia, en el municipio de Salgar (Antioquia), Girón (1995) analizó los tipos polínicos presentes en muestras de miel y carga de polen recolectada por *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae). Este autor identificó 91 tipos polínicos distribuidos en la carga de polen y de miel, de los cuales el café *C. arabica* fue el tipo más frecuente, con 34,8%, mientras que especies de las familias Asteraceae, Leguminosae, Poaceae, Euphorbiaceae y Rubiaceae se comportaron como un recurso alimenticio alternativo y son importantes para el sostenimiento de la comunidad de las abejas en épocas donde no existe floración de fuentes de alimento primario. Más tarde, Arévalo et al. (2021) estudiaron el potencial de las arvenses como alimento y refugio de enemigos naturales en el café de sombra, los resultados de este estudio mostraron que las arvenses albergan una diversidad de enemigos naturales importante en los agroecosistemas cafeteros colombianos. Los estudios anteriores demuestran que la

diversidad de arvenses en los agroecosistemas puede influir positivamente en la diversidad de insectos, particularmente de las abejas.

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario realizar estudios que permitan conocer si las arvenses ayudan al sostenimiento de la entomofauna en los ecosistemas cafeteros. Así, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la importancia que tienen las arvenses en el sostenimiento de la diversidad de insectos que visitan las flores de café, bajo la hipótesis, que las parcelas con manejo integrado de arvenses presentan mayor diversidad de insectos visitantes florales del cultivo del café.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Este estudio se realizó en la Estación Experimental Naranjal de Cenicafé, ubicada en el municipio de Chinchiná (Caldas), a 1.381 m de altitud, temperatura media anual de 21,6°C, ecotopo cafetero 206A, con coordenadas de 4°58'02"N y 75°39'56"W, y en la Estación Experimental La Catalina ubicada en el municipio de Pereira (Risaralda), a 1.321 m de altitud, temperatura media anual de 22°C, ecotopo cafetero 218A, con coordenadas 4°44'58"N y 75°44'20"W. En ambos sitios, las floraciones entre enero y marzo originan el 75% de la cosecha principal y las de agosto y septiembre el 25% de la cosecha de mitaca; predomina el cultivo del café intercalado con plátano y cítricos.

Metodología

Para conocer la participación que tienen las arvenses en el sostenimiento de la diversidad de insectos que visitan las flores del café, se realizaron dos actividades: a. Registro de los insectos visitantes florales del café en parcelas con manejo integrado de arvenses (MIA) y

manejo excesivo de arvenses (MEA) y b. Registro de los insectos visitantes florales de las arvenses en las parcelas con MIA.

Registro de los insectos visitantes florales del café en parcelas con manejo integrado de arvenses (MIA) y en parcelas con manejo excesivo de arvenses (MEA)

Las evaluaciones se realizaron entre los años 2019 y 2021 en las floraciones de cosecha principal y mitaca. En cada sitio de estudio se seleccionaron dos parcelas de *Coffea arabica* variedad Castillo[®], a libre exposición, con edades entre dos y tres años, separadas entre sí por una distancia de cuatro metros. Aleatoriamente, en una de ellas, se asignó el manejo integrado de arvenses (MIA) siguiendo la metodología desarrollada en Cenicafé por Hincapié & Salazar (2007), el cual consiste en: a) control cultural, cubrimiento del suelo con cobertura muerta; b) plateo del cultivo; c) control manual de las arvenses agresivas y de difícil manejo con métodos mecánicos y químicos; d) control mecánico con guadaña, con corte a una altura de 5 cm del suelo; e) parcheo con selector sobre las arvenses agresivas después del control mecánico. En la otra parcela, dos semanas antes de cada floración del café para cosecha principal y mitaca, se realizó el manejo excesivo (MEA), el cual consistió en la eliminación de la totalidad de las arvenses mediante control químico, de ser necesario en ese intervalo de tiempo se repetía la aplicación para asegurar que el suelo estuviera libre de arvenses antes de la floración del café.

Posteriormente, en cada parcela se seleccionaron aleatoriamente 30 plantas de café y durante un día de floración, dos observadores recolectaron con aspirador bucal y jama entomológica todos los insectos que llegaron a las flores del café en los horarios de 7:00-9:30, 10:30-13:00 y 14:00-16:30, en

intervalos de ocho minutos por cada planta; en cada horario se evaluaron las 30 plantas seleccionadas. El criterio para seleccionar los horarios de muestreo, fue el de tratar de abarcar el mayor tiempo de exposición de los insectos a la luz solar, momento en el cual hay mayor actividad. Por cada parcela se realizaron cuatro evaluaciones, con un esfuerzo de muestreo de 12 horas por evaluación, para un total de 192 horas de observaciones. En el caso de la especie *A. mellifera*, no se realizaron capturas dada su abundancia; la identificación y cuantificación se realizó en el campo. En cada sitio y en cada parcela se registró el número de especies e insectos totales como indicadores de la diversidad.

Registro de los insectos visitantes florales de las arvenses en las parcelas con MIA

Adicionalmente, en las parcelas con manejo integrado de arvenses se trazaron tres transectos a lo largo, ancho y centro de la parcela, de 2 m de ancho x 2,30 m de largo. En estos transectos, en los períodos donde no se presentó floración del café, durante un día, en los horarios de 7:00-9:30, 10:30-13:00 y 14:00-16:30 horas, dos observadores recolectaron con jama los insectos visitantes de las arvenses, conjuntamente se identificó la arvense, con base en el libro ilustrado “Arvenses frecuentes en el cultivo del café en Colombia” (Salazar-Gutiérrez, 2021). Se evaluaron dos parcelas, en cada una se realizaron cuatro evaluaciones con un esfuerzo de muestreo de 15 horas por parcela y evaluación, para un total de 120 horas de observaciones. En cada parcela se registró el número de insectos totales y especies, así como la especie de arvense visitada. Con los datos se construyó una matriz de abundancias entre especies de arvenses y especies de visitantes florales del café.

Los insectos capturados en las parcelas MIA, MEA y arvenses, se depositaron y

rotularon en viales de vidrio, con etanol al 76%, se trasladaron al laboratorio de la disciplina de Entomología del Centro Nacional de Investigaciones de Café- Cenicafé, y se identificaron bajo un estereomicroscopio marca Nikon SMZ 1500, siguiendo las claves taxonómicas presentadas en Engel (2000), Borrór et al. (1989), Fernández & Sharkey (2006), Michener (2007).

Análisis de datos

La diversidad de los insectos visitantes florales del cultivo del café fue analizada a nivel de toda la comunidad de insectos y entre las dos condiciones de manejo de arvenses. Se consideraron indicadores de diversidad verdadera (números Hills) e indicadores de diversidad beta como Sorensen cuantitativo y Morisita-Horn.

1. Por cada parcela se realizó un análisis descriptivo en cuanto a la riqueza (número de especies) y abundancia (número de individuos).
2. Se estimaron los valores de la diversidad verdadera del orden $q = 1$, donde todas las especies fueron incluidas con un peso exactamente proporcional a su abundancia en la comunidad (Hill, 1973; Jost, 2006, 2007) y la de orden $q = 2$, donde se tomaron en cuenta las especies comunes (Jost 2006, 2007). Los índices fueron estimados utilizando los paquetes estadísticos iNEXT (Hsieh et al., 2016) y SpadeR (Chao et al., 2016) para R (R Core Team, 2021).
3. Con las variables riqueza, abundancia y los valores de diversidad del orden $q=1$ y $q=2$, se estimó el promedio y el error estándar por parcela y evaluación, independientemente del sitio; se realizó un análisis de varianza de una sola vía y se compararon los promedios de cada parcela, con la prueba de diferencia

mínima significativa al 5%. Los análisis fueron realizados usando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4 (SAS Institute, 2020).

4. Se comparó la comunidad de insectos visitantes florales del cultivo del café entre las dos condiciones de manejo de las arvenses, esto se hizo con el índice de similitud de Sorensen cuantitativo, el cual relaciona la abundancia de las especies compartidas con la abundancia total en las dos muestras y el índice de Morisita-Horn, que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar, cada uno de un sitio o grupo diferente sean de la misma especie.
5. Con la matriz de abundancias de los insectos visitantes florales de las arvenses y las especies de arvenses visitadas en las parcelas MIA, se construyó una red de interacciones y se obtuvieron las métricas: La **conectancia (C)**, es la proporción de interacciones registradas del total de interacciones posibles, los valores cercanos a uno indican una óptima conectancia; el **índice H2'**, el cual mide la especialización a nivel de red, tiene un rango que va de 0 (sin especialización) a 1 (completamente especializada); **anidamiento ponderado**, este índice se interpreta como la asimetría en la especialización de la red, es decir, la relación de los especialistas (especies con pocos enlaces) con los generalistas (especies con muchos enlaces) en la red. Los valores oscilan entre 0 y 100, valores altos se traducen en alto anidamiento y valores bajos en poco anidamiento; el grado de **robustez de la red (R)**, el cual mide la capacidad de resiliencia frente a eventos de extinción de especies, esta medida tiene un rango entre 0 y 1, donde valores más cercanos a 1 corresponden a un decrecimiento más lento tras la eliminación de especies, mientras

valores más cercanos a 0 representan una red que colapsa más rápido con las especies removidas; **simetría o asimetría en la especialización**, el valor de esta medida oscila entre -1 y 1, valores negativos indican que las especies más especialistas se relacionan con las más generalistas y valores positivos indican que las especies con similares grados de generalidad se conectan entre sí.

6. A nivel de especie se estimó el descriptor **fuerza de la especie**, se define como la suma de las dependencias de los insectos a una planta específica, o la suma de las dependencias de las plantas a un insecto específico. La fuerza de la especie representa una medida de la importancia cuantitativa de una especie para el otro conjunto. Por criterio de los autores, se consideraron las especies que presenten un valor del índice superior a 4,0.

Las métricas y las gráficas de la red de interacciones se construyeron con el paquete bipartite de R (Dormann et al., 2008).

RESULTADOS

Registro de los insectos visitantes florales del café en parcelas con manejo integrado de arvenses (MIA) y en parcelas con manejo excesivo de arvenses (MEA)

En total se registraron 4.890 individuos, distribuidos en 247 especies, 54 familias y seis órdenes (Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Neuroptera) (Tablas 1 y 2).

En las parcelas con manejo integrado de arvenses se registraron 2.347 individuos de 163 especies de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera. Hymenoptera presentó el mayor número de

especies (69) y de individuos (2.095), siendo *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1825) y *Ectatomma ruidum* (Roger, 1860), las más abundantes, seguidos del orden Diptera que presentó una riqueza muy similar con 62 especies, pero menor abundancia con 159 individuos; en este orden, *Ornidia obesa* (Fabricius, 1775) fue la más abundante (Tabla 1).

En las parcelas con manejo excesivo de arvenses se registraron 2.543 individuos y

162 especies de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Neuroptera. Al igual que en las parcelas MIA, Hymenoptera presentó el mayor número de individuos con 2.309 y de especies con 55, entre las más abundantes fueron *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula* y *Solenopsis* sp.1, seguido del orden Diptera, donde las especies más abundantes fueron *Ornidia obesa* y *Milichiidae* sp.3. Las abundancias de los demás órdenes fueron inferiores a 70 individuos (Tabla 2).

Tabla 1. Riqueza y abundancia de la comunidad de insectos en las parcelas con manejo integrado de arvenses. Se muestra el número de especies e individuos totales, así como la cantidad de individuos de las especies más abundantes.

Tipo de manejo	Orden	Riqueza	Abundancia	Especies abundantes	Nº individuos	
Manejo integrado de arvenses (MIA)	Hymenoptera	69	2.095	<i>Apis mellifera</i>	1.250	
				<i>Tetragonisca angustula</i>	210	
				<i>Ectatomma ruidum</i>	65	
	Diptera	62	159	<i>Ornidia obesa</i>	17	
				<i>Milichiidae</i> sp.3	13	
				Coleoptera	23	78
				Hemiptera	6	12
Lepidoptera	3	3				

Tabla 2. Riqueza y abundancia de la comunidad de insectos en las parcelas con manejo excesivo de arvenses. Se muestra el número de especies e individuos totales, así como la cantidad de individuos de las especies más abundantes.

Tipo de manejo	Orden	Riqueza	Abundancia	Especies abundantes	Nº individuos
Manejo excesivo de arvenses (MEA)	Hymenoptera	55	2.309	<i>Apis mellifera</i>	1.502
				<i>Tetragonisca angustula</i>	175
				<i>Solenopsis</i> sp.1	181
	Diptera	77	161	<i>Milichiidae</i> sp.3	11
				<i>Ornidia obesa</i>	9
	Coleoptera	25	68		
	Hemiptera	3	3		
Lepidoptera	1	1			
Neuroptera	1	1			

El análisis de diferencias mínimas significativas mostró que, estadísticamente la riqueza, la abundancia y los valores de diversidad del orden $q=1$ y $q=2$ entre las parcelas con MIA y MEA son iguales (Tabla 3), por lo tanto, se rechaza la hipótesis propuesta en este estudio.

El índice de Similitud de Sorensen cuantitativo mostró que las parcelas MIA y MEA comparten el 48% de las especies registradas, es decir, son comunes entre los dos tipos de parcelas (Tabla 4). Mientras que el índice de similitud de Morisita-Horn, indicó que existe un 98% de probabilidad que al tomar en el mismo momento un individuo

en MEA y otro en MIA, estos pertenezcan a la misma especie (Tabla 4).

Registro de los insectos visitantes florales de las arvenses en las parcelas con MIA

En las arvenses se recolectaron 735 individuos distribuidos en 171 especies, 42 familias y cinco órdenes (Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera y Lepidoptera). Diptera presentó el mayor número de individuos (380) y especies (63), de las cuales, 20 pertenecen a Syrphidae con 264 individuos, dentro de esta familia las especies del género *Toxomerus* fueron las más abundantes, le sigue en abundancia y riqueza, Hymenoptera con 235 individuos y

Tabla 3. Promedio (\pm error estándar) de la riqueza, la abundancia y la diversidad del orden $q=1$ y $q=2$, para las parcelas con manejo integrado y manejo excesivo de arvenses.

Parcela	Abundancia		Riqueza (S)		¹ D (q=1)		² D (q=2)	
	Media \pm E.E.*	Grupo	Media \pm E.E.*	Grupo	Media \pm E.E.*	Grupo	Media \pm E.E.*	Grupo
MIA	234,3 \pm 20,4	A	29,9 \pm 2,6	A	8,37 \pm 1,75	A	4,56 \pm 0,96	A
MEA	254,3 \pm 32,7	A	29,6 \pm 3,7	A	6,95 \pm 1,47	A	3,66 \pm 0,81	A

*E.E.= Error Estándar; letras comunes indica que son estadísticamente iguales, según prueba de diferencia mínima significativa al 5%.

Tabla 4. Valores para los índices de similitud de Sorensen (IS) y Morisita-Horn (IM-H) para las parcelas, manejo integrado y manejo excesivo de arvenses.

Parcela	Abundancia	S	Nº de especies exclusivas	Nº de especies comunes	I_s	I_{M-H}
					Valor \pm E.E.*	Valor \pm E.E.*
MIA	2.347	163	85	78	0,48 \pm 0,02	0,98 \pm 0,01
MEA	2.543	162	84			

*E.E.= Error estándar.

65 especies, donde Halictidae presentó mayor número de especies (22) e individuos (126), y la especie *Pereirapis* sp.1 (Hymenoptera: Halictidae) fue la más abundante; también se encontraron familias de insectos parasitoides como Chalcididae, Crabronidae, Figitidae, Ichneumonidae y Tiphiidae. Por otro lado, el orden Hemiptera presentó 71 individuos y 20 especies, Lepidoptera 27 individuos y 11 especies y, por último, Coleoptera con 22 individuos y 12 especies.

En la comunidad de arvenses se registraron 39 especies pertenecientes a 13 familias (Asteraceae, Caryophyllaceae, Commelinaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Lythraceae, Malvaceae, Poaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Solanaceae y Verbenaceae); las familias más representativas fueron Poaceae con 12 especies y Asteraceae con nueve.

Las métricas de la red de interacciones, se estimaron con 68 especies de insectos y 39 especies de arvenses; sin embargo, la red se construyó solo con las especies de insectos que presentaron más de dos interacciones con las especies de arvenses (Figura 1). De acuerdo con las métricas evaluadas, la proporción de interacciones observadas respecto al total posible fue de 0,05 (conectancia); es decir, que existe un porcentaje bajo de interacciones entre especies especialistas de ambas comunidades; del mismo modo, el índice $H2'$ fue bajo (0,29), lo que indica que la red es poco especializada (Tabla 5).

El anidamiento ponderado fue de 0,75, significa que el sistema presenta interacciones; sin embargo, están desbalanceadas entre especialistas y generalistas. Se encontró que la comunidad de plantas sería más robusta ($R= 0,70$) a la pérdida de visitantes florales y que los visitantes florales son levemente más sensibles a la pérdida de plantas ($R= 0,57$). También se determinó que las especies

más especialistas se relacionan con las más generalistas dado que la red es asimétrica con valores negativos (-0,31) (Tabla 5).

En cuanto al descriptor fuerza de la especie, para la comunidad de arvenses se encontró que *Commelina difusa* Burm f. (Comelinaceae) fue la más importante para la comunidad de insectos visitantes florales del café; es decir que, al sumar la dependencia de los visitantes a esta planta, fue donde se obtuvo el mayor valor, esto indica que fue la más visitada por diferentes especies de insectos, seguido de *Emilia sonchifolia* (L.) DC. (Asteraceae), *Hyptis atrorubens* Poit. (Lamiaceae), *Galinsoga parviflora* Cav. (Asteraceae), *Panicum laxum* Sw. (Poaceae) y *Borreria alata* Aubl. (Rubiaceae) (Tabla 6).

En cuanto a las interacciones de los insectos con las arvenses (Figura 1), se encontró que *Pereirapis* sp.1, *Toxomerus* sp.1 y *A. mellifera* (Hymenoptera), fueron las especies con el mayor número de interacciones con las diversas especies de arvenses, seguidas de especies del género *Lasioglossum*, *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1825) y *Nannotrigona tristella* Cockerell, 1922 (Hymenoptera).

DISCUSIÓN

En este trabajo no se encontraron diferencias estadísticas significativas, entre las parcelas con manejo integrado (MIA) y manejo excesivo de arvenses (MEA) en la riqueza, la abundancia y la diversidad del orden $q=1$ y $q=2$, de los insectos visitantes florales en el cultivo del café; sin embargo, sí se observó que cada tipo de manejo presenta especies exclusivas, en su mayoría representadas por un solo individuo. En consecuencia, es recomendable utilizar índices sensibles a la abundancia (Chao et al., 2006), tales como el de Morisita-Horn que en el presente estudio fue de 0,98, lo cual indica que las especies abundantes en los dos tipos

Tabla 5. Métricas obtenidas de la red de interacciones para las especies de visitantes florales comunes entre las arvenses y el café.

Métrica	Valor
Conectancia	0,05
Anidamiento ponderado	0,75
H2'	0,29
Robustez de la comunidad de plantas	0,70
Robustez de la comunidad de visitantes florales	0,57
Asimetría de la especialización	-0,31

de manejo son las mismas, corroborando que no hay diferencias en cuanto a la diversidad entre las dos parcelas estudiadas.

El no encontrar diferencias en la diversidad de insectos entre los dos tipos de manejo de las parcelas, pudo deberse a que el manejo excesivo de las arvenses se realizó 15 días antes de la floración del cultivo del café y no fue un proceso continuo por un largo período de tiempo; sin embargo, entre los recursos que las arvenses le brindan a los insectos se encuentran el polen y el néctar, y en ausencia de las arvenses, los insectos migran en búsqueda de otras fuentes de alimento. En ese orden de ideas, se esperaría que la eliminación temporal de las arvenses afecte la diversidad de visitantes florales en el cultivo del café.

Basu et al. (2016) analizaron los efectos de la intensificación agrícola en la diversidad de abejas a escala de parche (<100 m de radio) y de paisaje (~500 m de radio). Estos autores encontraron que las abejas que anidan en la madera se vieron afectadas negativamente por la cantidad de pesticidas utilizados, especialmente a nivel de parche, influyendo en la riqueza y la abundancia, pero las que habitan en árboles

Tabla 6. Fuerza de la especie para las arvenses mas abundantes.

Especie de arvense	Fuerza de la especie
<i>Bidens pilosa</i>	80,8
<i>Commelina diffusa</i>	17,2
<i>Emilia sonchifolia</i>	17,2
<i>Hyptis atrorubens</i>	16,1
<i>Galinsoga parviflora</i>	11,1
<i>Panicum laxum</i>	6,2
<i>Borreria alata</i>	4,6

y ramas no fueron sensibles a los pesticidas. Adicionalmente reportaron que las áreas de cultivo que tenían un manejo menos intensivo albergan especies más raras y son vulnerables a las perturbaciones, y que la cobertura de plantas nativas y por ende herbáceas, es una variable importante únicamente a escala de paisaje, no evaluada en este trabajo. Tomando en cuenta estos hallazgos, es posible que el MIA utilizado en este trabajo, al ser selectivo no afecte a nivel de parche la riqueza, abundancia y dominancia de abejas, las cuales fueron el grupo más representativo de visitantes florales del café. Sin embargo, Basu et al. (2016), Bretagnolle & Gaba (2015) y Rollin et al. (2016), encontraron que a nivel de paisaje, el tipo de manejo de arvenses puede tener efectos negativos sobre la abundancia y la riqueza de visitantes florales, particularmente abejas, ya que se ha observado que, a menor diversidad de especies vegetales, particularmente herbáceas, y menor cobertura de vegetación nativa, hay una reducción en la diversidad de visitantes florales. Aunque en el presente trabajo no se evaluó el efecto de la composición del paisaje sobre los insectos visitantes florales, se resalta que los cafetales de los sitios de estudio están rodeados de rastrojos altos y

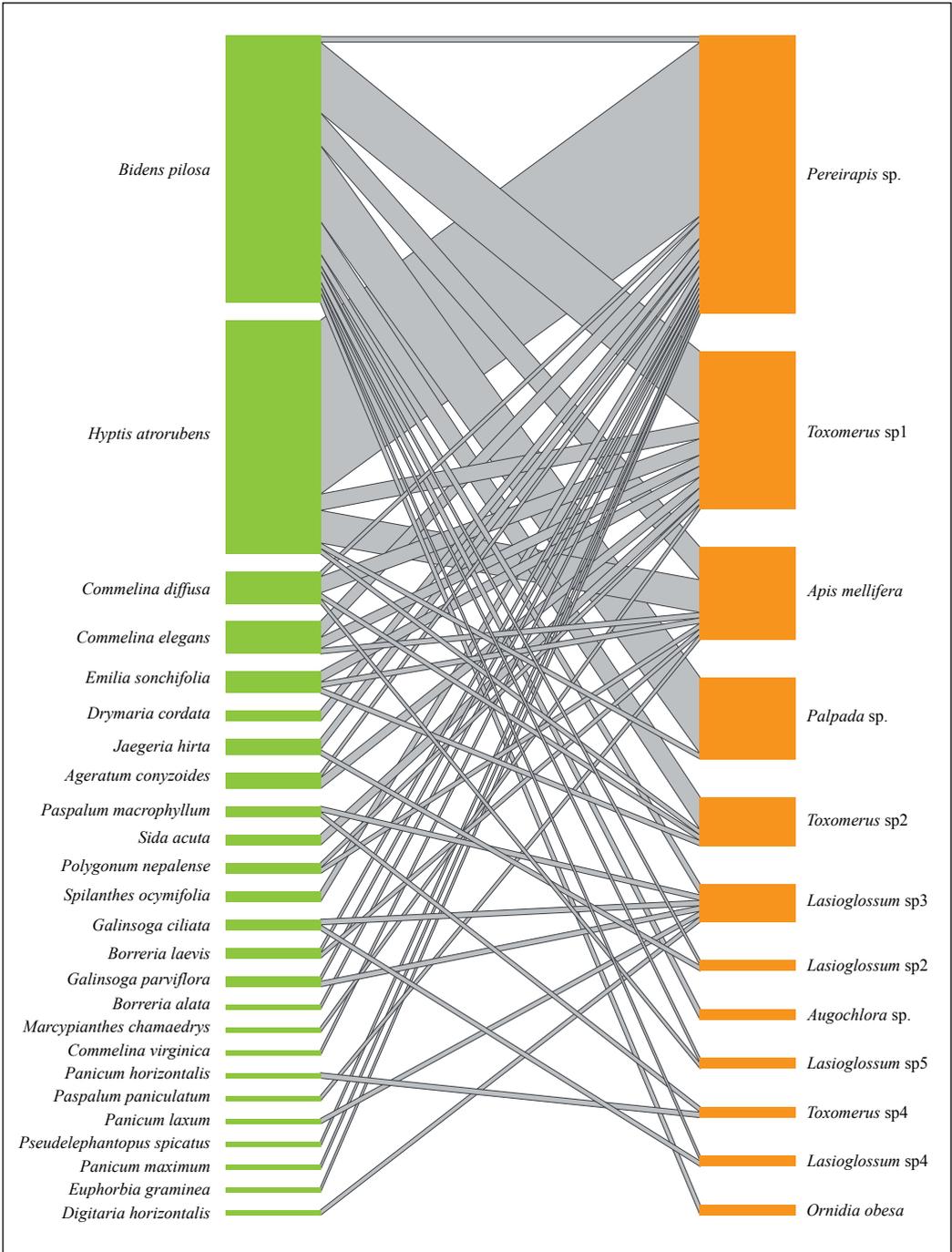


Figura 1. Red de interacciones para las especies comunes entre los visitantes florales de las arvenses y del cultivo del café. Izquierda, comunidad de arvenses. Derecha, comunidad de visitantes florales.

cañadas arborizadas, lo que puede favorecer la riqueza y abundancia dentro de los cafetales.

De las especies encontradas se destacan las pertenecientes a Chalcididae, Crabronidae, Figitidae, Ichneumonidae y Tiphiidae, las cuales pueden ser controladores biológicos de plagas del café (Sermeño et al., 2019). De acuerdo con Arévalo et al. (2021) y Blanco (2016) las arvenses contribuyen a conservar la diversidad de especies de enemigos naturales, dado que son fuente de alimentación, refugio y nidificación.

En cuanto a la red de interacciones, los resultados de este estudio muestran que las relaciones entre la comunidad de arvenses y los visitantes florales del café son generalistas; este comportamiento es común en comunidades mutualistas como las estudiadas en este trabajo. Bascompte et al. (2003) mostraron que las redes mutualistas son altamente heterogéneas, es decir, la mayoría de las especies tienen pocas interacciones, pero algunas especies tienen muchas más interacciones de las esperadas. También se encontró que la red de interacciones presentó una baja conectancia (0,05), esto podría indicar que el estado de conservación de las parcelas con MIA evaluadas es deficiente, si lo comparamos con los valores reportados entre 0,1 y 0,5 en los estudios de Delmas et al. (2019) y con 0,19-0,30 reportados por Flórez et al. (2002). Sin embargo, Heleno et al. (2012) indicaron que la conectancia no está asociada de forma directa a un estado de conservación en los diferentes tipos de interacciones evaluados; sin embargo, en su investigación, para las redes de interacciones planta-polinizador la conectancia presentó una relación positiva con el valor de conservación.

El valor de anidamiento (0,75) indica que, las interacciones entre especialistas y generalistas están desbalanceadas, mientras que el H_2' con un valor de 0,29, indica que

las especies especialistas están interactuando en mayor medida con especies generalistas, dominando las interacciones. Esto tiene implicaciones importantes en cuanto a la resiliencia de la comunidad de insectos visitantes florales, ya que al ser generalistas presentan menor susceptibilidad a fragmentación de hábitat y disturbios ecológicos que cambien las abundancias o presencia de especies vegetales (Águilar et al., 2009). El anterior resultado es complementado por el valor de la asimetría de la interacción (-0,31), el cual indica que la comunidad de arvenses es más especializada que la comunidad de insectos visitantes, este fenómeno es común y está asociado a una tendencia evolutiva en este tipo de interacciones, sin que esto necesariamente afecte la sostenibilidad de la biodiversidad (Bascompte et al., 2006).

También se encontró que la comunidad de visitantes florales es más susceptible a la extinción de especies en caso de la remoción de las arvenses; esto se presentó porque unas pocas especies de plantas abarcaron las interacciones con la mayor cantidad de especies de la comunidad de visitantes florales registradas en esta investigación. Esto puede corroborarse con el valor obtenido en la fuerza de la interacción de la especie, donde unas pocas plantas presentan los mayores valores de fuerza de la interacción, principalmente *Bidens pilosa*, seguida por *Commelina difusa*, *Emilia sonchifolia*, *Hyptis atrorubens*, *Galinsoga parviflora*, *Panicum laxum* y *Borreria alata* (Tabla 6). Es importante apreciar que la mayor parte de las arvenses más importantes para la comunidad de insectos visitantes florales son plantas de interferencia media a muy baja con el cultivo del café, excepto *Emilia sonchifolia* y *Panicum laxum*, que son arvenses de alta interferencia (Salazar-Gutiérrez, 2021).

La importancia de algunas de estas especies vegetales ya había sido reportada por Flórez et

al. (2002), quienes en Costa Rica encontraron que plantas como *Bidens pilosa*, *Emilia fosbergii* y *Commelina diffusa*, fueron especies relevantes visitadas por abejas en épocas donde no se daba floración en café. Mientras que Silva et al. (2003) encontraron que plantas como *Bidens odorata* y *Galinsoga parviflora* están asociadas a la abundancia de diferentes grupos de entomofauna, incluyendo visitantes florales.

Puede concluirse que:

La riqueza y abundancia de insectos dentro de los cafetales no depende exclusivamente de la presencia de las arvenses, considerando la heterogeneidad del paisaje circundante. Se resalta la importancia de conservar los relictos de bosque, las cañadas arborizadas, los rastrojos altos, los guaduales y demás elementos del paisaje, para atraer y maximizar la diversidad de polinizadores que visitan las flores del café.

Aunque no se encontraron diferencias en la riqueza y abundancia de los insectos visitantes florales del cultivo del café, en parcelas con manejo integrado y manejo excesivo de arvenses, algunas especies de

arvenses fueron atractivas para especies de insectos visitantes florales del cultivo del café y esto es de gran importancia funcional, ya que su desaparición de la red podría tener efectos negativos para la comunidad de visitantes florales. En caso de ambientes poco heterogéneos estas especies podrían sostener la diversidad necesaria.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Esther Cecilia Montoya por el análisis estadístico de los datos; a los coordinadores de la Estación Experimental La Catalina, Diego Fabián Montoya y de La Estación Experimental Naranjal Jhon Félix Trejos y Melsar Danilo Santamaría, por su apoyo en el trabajo de campo; y a los revisores anónimos por sus comentarios y aportes que ayudaron a mejorar el escrito. Esta investigación hizo parte del proyecto ENT106003 “Evaluación de los insectos visitantes florales en café en Colombia, con énfasis en abejas, y su efecto en la producción y calidad”, bajo el acuerdo de cooperación en investigación CN-2017-1336 entre Bayer AG y Cenicafé (Crossref Funder ID 100019597).

LITERATURA CITADA

- Aguilar, R., Ashworth, L., Cagnolo, L., Jausoro, M., Quesada, M., & Galetto, L. (2009). Dinámica de interacciones mutualistas y antagonistas en ambientes fragmentados. En R. Medel, M. A. Aizen, & R. Zamora (Eds.), *Ecología y evolución de interacciones planta-animal* (pp. 199–232). Editorial Universitaria.
- Arévalo, L. F., Vasco, G. F., Albino-Bohórquez, A., Morales, J., & Bacca, T. (2021). Coffee crop weeds: Refuge and food source for pests' natural enemies. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(2), 36–49. <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.157>
- Bascompte, J., Jordano, P., & Olesen, J. M. (2006). Asymmetric Coevolutionary Networks Facilitate Biodiversity Maintenance. *Science*, 312(5772), 431–433. <https://doi.org/10.1126/science.1123412>
- Bascompte, J., Jordano, P., Melián, C. J., & Olesen, J. M. (2003). The nested assembly of plant–animal mutualistic networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(16), 9383–9387. <https://doi.org/10.1073/pnas.1633576100>
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (1989). *An introduction to the study of insects* (6a ed.). Saunders College Publishing.
- Basu, P., Parui, A. K., Chatterjee, S., Dutta, A., Chakraborty, P., Roberts, S., & Smith, B. (2016). Scale dependent drivers of wild bee diversity in tropical heterogeneous

- agricultural landscapes. *Ecology and Evolution*, 6(19), 6983–6992. <https://doi.org/10.1002/ece3.2360>
- Blanco, Y. (2016). El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 37(4), 34–56. <https://doi.org/10.1234/ct.v37i4.1292>
- Bretagnolle, V., & Gaba, S. (2015). Weeds for bees? A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 891–909. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0302-5>
- Cepeda-Valencia, J., Gómez, D., & Nicholls, C. (2014). La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 241–250. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v40n2/v40n2a18.pdf>
- Chao, K. H., Ma, T. C. H., & Chiu, C. H. (2016). *SpadeR: Species-Richness Prediction and Diversity Estimation with R (0.1.1)* [SpadeR]. <https://cran.r-project.org/web/packages/SpadeR/index.html>
- Delmas, E., Besson, M., Brice, M.-H., Burkle, L. A., Dalla Riva, G. V., Fortin, M.-J., Gravel, D., Guimarães Jr., P. R., Hembry, D. H., Newman, E. A., Olesen, J. M., Pires, M. M., Yeakel, J. D., & Poisot, T. (2019). Analysing ecological networks of species interactions. *Biological Reviews*, 94(1), 16–36. <https://doi.org/10.1111/bvr.12433>
- Dormann, C. F., Gruber, B., & Fründ, J. (2008). Introducing the bipartite package: analysing ecological networks. *R News*, 8(2), 8–11.
- Engel, M. S. (2000). Classification of the bee tribe Augochlorini (Hymenoptera, Halictidae). *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 250, 1–89.
- Fernández, F., & Sharkey, M. J. (Eds.). (2006). *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Universidad Nacional de Colombia; Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34432>
- Flórez, J. A., Muschlet, R., Harvey, C., Finegan, B., & Roubik, D. W. (2002). Biodiversidad funcional en cafetales: el rol de la diversidad vegetal en la conservación de abejas. *Agroforestería en las Américas*, 9, 35–36. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5826>
- Girón, M. (1995). Análisis palinológico de la miel y la carga de polen colectada por *Apis mellifera* en el suroeste de Antioquia, Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 3(2), 35–54. <http://hdl.handle.net/10893/4697>
- Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K., & Shen, T. J. (2006). Abundance-based similarity indices and their estimation when there are unseen species in samples. *Biometrics*, 62(2), 361–371. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0420.2005.00489.x>
- Heleno, R., Devoto, M., & Pocock, M. (2012). Connectance of species interaction networks and conservation value: Is it any good to be well connected? *Ecological Indicators*, 14(1), 7–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.032>
- Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hincapié, E., & Salazar, L. F. (2007). Manejo integrado de arvenses en la zona cafetera central de Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 359, 1–12. <http://hdl.handle.net/10778/379>
- Hsieh, T. C., Ma, K. H., & Chao, A. (2016). iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost, L. (2007). Partitioning Diversity into Independent Alpha and Beta Components. *Ecology*, 88(10), 2427–2439. <https://doi.org/10.1890/06-1736.1>
- Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (2a ed.). Johns Hopkins University Press.
- Ngo, H. T., Mojica, A. C., & Packer, L. (2011). Coffee plant – pollinator interactions: A review. *Canadian Journal of Zoology*, 89(8), 647–660. <https://doi.org/10.1139/z11-028>
- R Software Team. (2021). *R: A language and environment for statistical computing*. *R Foundation for Statistical Computing* (4.3.0) [Computer software]. <https://www.r-project.org>
- Rollin, O., Benelli, G., Benvenuti, S., Decourtye, A., Wratten, S. D., Canale, A., & Desneux, N. (2016). Weed-insect pollinator networks as bio-indicators of ecological sustainability in agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0342-x>
- Salazar-Gutiérrez, L. F., & Hincapié, E. (2007). Las arvenses y su manejo en los cafetales. En J. Arcila, F.F. Farfán, A.

- M. Moreno, L.F. Salazar, & E. Hincapié (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 101-130). Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/720>
- Salazar-Gutiérrez, L., & Hincapié, E. (2020). Las arvenses y su interferencia en los sistemas de producción de café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café* (pp. 124–148). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0002_4
- Salazar-Gutiérrez, L. (2021). *Arvenses frecuentes en el cultivo del café en Colombia*. Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0015>
- SAS Institute. (2020). SAS® OnDemand for Academics: User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sermeño-Chicas, J. M., Pérez, D., Joyce, A. L., Maldonado Santos, E. J., Alvanés Leiva, Y. C., Rodríguez Sibrián, F. M., Girón Segovia, C. D., García Sánchez, D. A., Hernández León, C. E., Rivas Nieto, F., Rivera Mejía, F. A., Parada Berrios, F. Á., Rodríguez Urrutia, E. A., Vásquez Osegueda, E. A., & Lovo Lara, L. M. (2019). *Diversidad de artrópodos y sus enemigos naturales asociados al café (Coffea arabica L.) en El Salvador*. Universidad de El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19728/>
- Silva Aparicio, M., Castro Ramírez, A. E., León Cortés, J. L., & Ishiki Ishihara, M. (2003). Entomofauna asociada a maíz de temporal con diferentes manejos de malezas en Chiapas, México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 70, 65–73. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6213>
- Torres-Angarita, F. A., & Salazar-Gutiérrez, L. F. (2020). Manejo de arvenses en el cultivo del café: Alternativas de control químico en la zona del plato. *Avances Técnicos Cenicafé*, 520, 1–4. <https://doi.org/10.38141/10779/0520>